

MSAS 2020

11^e SYMPOSIUM MALIEN SUR LES SCIENCES APPLIQUÉES



Thème :

**Sciences et technologies au service de la paix et
du développement**

**Science and Technologies for Peace and
Development**

Actes de la conférence

Volume 1

21 - 23 décembre 2020

<http://www.msas.ml>



Civisme & Bénévolat
mAliWatch

COMITE LOCAL D'ORGANISATION

Adama TRAORE

Président d'honneur MSAS, Bamako

Oumar BALLO

Bamako

Ali BONKANO

Sikasso

Fatoumata CAMARA

Bamako

Hawa CAMARA

Bamako

Massaman CAMARA

Bamako

Adama DEMBELE

Bamako

Sabaké Tianégué DIARRA

IPR/IFRA, Katibougou

Seydou HOUSSOUBA

Bamako

Jean Noel KEITA

Université de Ségou

Amadou KONE

USTTB, Bamako

Assoumane MAIGA

Bamako

Bakary SAKHO

Sakho BECI, Bamako

Aboubacar SAMAKÉ

Bamako

Aboubacar SANGARE

Bamako

Mohamed SANGARE

Bamako

Youssef SANOGO

Bamako

Fad SEYDOU

MSAS, Bamako

Abdoulaye SIDIBE

IPR/IFRA, Katibougou

Mody SOW

Bamako

Mohamed TRAORE

ENI-ABT, Bamako

COMITE INTERNATIONAL D'ORGANISATION

Diola BAGAYOKO

Southern University, Baton Rouge LA, USA

Jim BARRY

Caltech, Los Angeles CA, USA

Doulaye DEMBELE

CNRS-IGBMC, Strasbourg, France

Djouroukoro DIALLO

Université de Bernes, Suisse

Abdoulaye DOUCOURE

Hollingsworth & Vose – Floyd, Virginia, USA

Mamadou Lamine DOUMBIA

Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

Aliou HAIDARA

HCR, Rwanda

Mohomodou HOUSSOUBA

Université de Bâle, Suisse

Fatoumata Bintou KEITA

Toronto, Canada

Harouna A. MAIGA

Université de Minnesota, Crookston MN, USA

Sengthavy PHOMMIXAY

Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

Mahamadou SEYDOU

Université Paris Diderot, France

Aissata SOW THIAM

Washington DC, USA



COMITES D'ORGANISATION DES MINI-SYMPOSIA ET ATELIERS

Mini-symposium : Agriculture

Sabaké Tianégué DIARRA

IPR/IFRA de Katibougou, Mali

Harouna MAIGA

University of Minnesota, Crookston MN, USA

Abdoulaye SIDIBE

IPR/IFRA de Katibougou, Mali

Mini Symposium : Eau, environnement et technologies de filtration

Sidy BA

ENI-ABT, Mali

Abdoulaye DOUCOURE

Hollingsworth & Vose, Floyd, Virginia, USA

Adama TOLOFOUDYE

USTTB, Mali

Arona COULIBALY

ENI-ABT, Mali

Atelier : Sciences de l'éducation

Bahaba COULIBALY

ULSHB, Mali

Moriké DEMBÉLÉ

ULSHB, Mali

Mamadou DIA

ULSHB, Mali

Alhassane GAOUKOYE

ULSHB, Mali

Idrissa Soïba TRAORE

ULSHB, Mali

Workshop : Sciences sociales et langues

Baba COULIBALY

Institut des Sciences Humaines, Bamako, Mali

Mohomodou HOUSSOUBA

Université de Bâle, Bâle, Suisse

Mamadou Lamine SANOGO

*Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Ouagadougou, Burkina Faso*

Boubacar Sidiki TRAORE

Institut des Sciences Humaines, Bamako, Mali

NGna TRAORE

Institut des Sciences Humaines, Bamako, Mali

Atelier : Femmes, sciences, paix et développement

Rokia SANOGO

INRSP, Mali

Rokiatou FANÉ

USTTB, Mali

Atelier : Évaluation de politiques publiques

Bertin DAKOUO

APEM, Mali

Chiaka DEMBÉLÉ

Programme TOKTEN, Mali

Mini-symposium : Mathématiques et applications

Abdoulaye SAMAKE

USTTB, Mali

Amadou MAHAMANE

USTTB, Mali

Mahamadou SEYDOU

Université Paris Diderot, France

Atelier : Energies renouvelables

Mamadou Lamine DOUMBIA

UQTR, Canada

Bakary SAKHO

Sakho BECI, Mali

Ibrahim TOGOLA

Mali-Folkecenter Nyetaa, Mali

Atelier : Jeunesse et sport

Youssef KAREMBE

INJS, Mali

Atelier : Paix et développement

Mohamed AMARA

ULSHB, Mali



COMITE TECHNIQUE INTERNATIONAL

Sidy BA, Mali

Diola BAGAYOKO, USA

Jim BARRY, USA

Doulaye DEMBELE, France

Youssouf DIABATÉ, USA

Sabaké Tianégué DIARRA, Mali

Hamadou DICKO, France

Abdoulaye DJIDO, Mali

Abdoulaye DOUCOURÉ, USA

Mamadou Lamine DOUMBIA, Canada

Fad SEYDOU, Mali

Aliou Ousmane HAIDARA, Rwanda

Nouhou HAIDARA, France

Harouna A. MAIGA, USA

Brad K HOUNKPATI, USA

Mohomodou HOUSSOUBA, Suisse

Fatoumata Bintou KEITA, Canada

Amadou KONÉ, Mali

Assoumane MAIGA, Mali

Frédéric OUEDRAOGO, USA

Bakary SAKHO, Mali

Mahamadou SEYDOU, France

Abdoulaye SIDIBÉ, Mali

Boubacar SIDIBÉ, Canada

Moussa TAMBOURA, Mali

Fatoumata Korika TOUNKARA, Canada

Bocar Ahamadou TOURE, Mali



PARTENAIRES ET SPONSORS

Présidence de la République

Primature

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Ministère des Maliens de
l'Extérieur et l'Intégration
Africaine

Ministère de l'Energie et de
l'Eau

Initiative MaliWatch

Ecole Nationale d'Ingénieurs
Abderhamane Baba Touré
(ENI-ABT)

Institut Polytechnique Rural
de Formation et de Recherche
Appliquée (IPR/IFRA)

Université des Sciences, des
Techniques et des
Technologies de Bamako
(USTTB)

Université des Lettres et
Sciences Humaines de
Bamako (ULSHB)

Université de Ségou

Faculté des Sciences et
Techniques de l'USTTB

Direction Nationale des
Examens et Concours
(DNEC)

Centre de Formation pour le
Développement (CFD)

Programme TOKTEN Mali

Agence Malienne de la
Régulation des
Télécommunications et de
Postes (AMRTP)

Agence Malienne de
Radioprotection (AMARAP)
Société Malienne de la Gestion
de l'Eau Potable
(SOMAGEP)

Agence Universitaire de la
Francophonie (AUF)

Journal Scientifique et
Technologique du Mali
(JSTM)

Entreprise SAKHO-BECI
SOTELMA-Malitel

Industrie des Eaux et Jus
d'Afrique

Achcar Mali Industrie

Nouvelle Brasserie Bamakoise

Association KHEPERA

California Institute of
Technology (Caltech)

Université du Québec à Trois-
Rivières (UQTR)

EssayChair, EasySignup



TABLE DES MATIÈRES

.....	1
COMITE LOCAL D'ORGANISATION	i
COMITE INTERNATIONAL D'ORGANISATION	i
COMITES D'ORGANISATION DES MINI-SYMPOSIA ET ATELIERS	ii
COMITE TECHNIQUE INTERNATIONAL	iii
PARTENAIRES ET SPONSORS	iv
AGRICULTURE, POLITIQUE AGRICOLE ET PLANTES / AGRICULTURE AND FARMING	4
Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales	5
Dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle en zone Mali-Sud : Cas du terroir villageois de M'Pèrèso (Cercle de Koutiala)	11
Aptitude des graines de karité (<i>VITELLARIA PARADOXA</i> C.F GAERTN) à la germination dans les conditions agro-climatiques de Katibougou (Koulikoro)	17
Régénération <i>in vitro</i> d'explants de karité (<i>VITELLARIA PARADOXA</i> C.F GAERTN) à Katibougou (Koulikoro)	24
Evaluation des états d'élevage de la race N'dama dans son berceau au Mali	32
Les espèces de mammifères rencontrées en zone d'orpaillage traditionnel à Sinti dans la région de Sikasso au Mali	37
Effets de la fertilisation phosphatée sur la croissance et le rendement du haricot vert en zone soudano-sahélienne du Mali	45
Effet de substrats sur la production des rejets de bananiers par la méthode de Plants Issus de Fragmentation (PIF) en République Centrafricaine	50
Identification et caractérisation agro morphologique de cinq variétés de blé dur (<i>Triticum durum</i> . Desf) adaptées aux conditions agro climatiques de la zone Office du Niger-Mali	57
Le manioc au Mali: évaluation préliminaire de la résistance variétale à la bactériose vasculaire (CBB) causée par <i>Xanthomonas phaseoli pv manihotis</i>	63
Rainfall Variability Across Koda Catchment, Southern Part of Mali, West Africa	75
Amélioration de la production et la productivité de la riziculture de bas-fond à M'Pegnèso pour satisfaire le marché de Sikasso	80
Arbre et pisciculture contre l'insécurité alimentaire au Mali	86
Vulnérabilité des petits producteurs du riz dans la zone Office Périmètre Irrigué de Baguinéda au Mali	93
Analyse comparée de la rentabilité économique du système coton biologique et du système coton conventionnel au Mali	99
Comparaison des différentes formules de fumures sur deux variétés de blé (<i>triticum eastivum</i>) dans les conditions agro-climatiques de Katibougou (Koulikoro, Mali)	107

<u>Etude socio-économique de la filière gomme arabique au Mali : cas de la zone de Niore du Sahel</u>	<u>114</u>
<u>Analyse du comportement agronomique et technologique des variétés de cotonnier (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) BRS 293, NTA B149, NTA E154 et NTA L65, dans différentes situations agro- de la zone cotonnière du Mali</u>	<u>122</u>
<u>Dynamique des unités de paysage en zone sahélienne - Cas du cercle de Yélimané à l'ouest du Mali</u>	<u>128</u>
<u>Intégration Élevage-Agriculture au Sahel: évaluation de l'effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur la productivité des sols et des cultures de mil dans la région de Mopti ..</u>	<u>135</u>
<u>Intégration Élevage-Agriculture au Sahel: évaluation de l'effet de l'apport de fumier de bovins et rizicoles de bas-fonds dans la région de Sikasso, Mali</u>	<u>145</u>
<u>Impact du buttage avec cloison sur le rendement de trois variétés de sorgho en zone soudanienne</u>	
<u>Influence de la densité de semis sur le comportement de la carotte (<i>Daucus carota</i> L.) variétés Shakira et New Kurada dans les conditions agro climatiques de Katibougou</u>	<u>160</u>
<u>Relation taille-poids chez <i>hemichromis fasciatus</i> peters, 1852 dans le lac de barrage hydroélectrique de Sélingué</u>	<u>163</u>
<u>Effects of Diets Fortified with Onion (<i>Allium cepa</i> L.) Powder on Growth, of Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)</u>	<u>169</u>
<u>Caractérisation phénotypique de la chèvre Djallonké dans les régions de Sikasso et Koulikoro au Mali</u>	<u>177</u>
BIOCHIMIE, MICROBIOLOGIE, MALADIE TROPICALE / BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND TROPICAL DISEASE	198
<u>Etude de la phytochimie et de l'activité appétissante du décocté de feuilles de <i>opilia celtidifolia</i> guill. et perr. (Opiliaceae) chez les rats</u>	<u>199</u>
<u>Qualité microbiologique du lait cru local produit à Bamako</u>	<u>207</u>
<u>Comparaison de deux techniques moléculaires qualitatives sur DBS pour le diagnostic précoces de l'infection à VIH au Mali : COBAS®ampliprep/ COBAS® taqman HIV-1 V2.0 ET m2000 REAL TIME HIV-1</u>	<u>213</u>
<u>Composition et variations saisonnières des protozoaires ciliés du fleuve Niger à Bamako</u>	<u>217</u>
<u>L'écoute de l'enfant malade et la prise en compte de son point de vue dans les soins qui lui sont prodigués. Un défi posé aux services de pédiatrie en Afrique</u>	<u>222</u>
<u>Identification moléculaire du virus de la panachure jaune du riz dans les zones (ON, ODRS)</u>	<u>229</u>
<u>Flore fongique dans différents aliments du bétail de la zone périurbaine de Bamako, conditions de production des aflatoxines et essais de détoxification</u>	<u>235</u>
<u>Détection des Aflatoxines dans les poissons fumés (<i>Clarias anguillaris</i>) vendus dans le district de Bamako</u>	<u>245</u>
<u>Composition chimique et valeur azotée des sources de protéines utilisées dans la région de Ségou pour la production laitière des vaches</u>	<u>251</u>



Evaluation de la qualité bacteriologique des eaux de forage analysées au laboratoire national de la santé durant le 1 ^{er} semestre 2019	261
BIOLOGIE ANIMALE OU VEGETALE, NUTRITION / AMINAL BIOLOGY AND NUTRITION	265
Caractérisation des espèces de <i>Meloidogyne</i> des cultures maraîchères de la zone péri urbaine de Bamako (Mali)	266
Connaissances et attitudes pratiques des femmes sur le sevrage au Centre de Santé de Référence de la Commune V	269
Bioécologie des fourmis (<i>Pheidole</i> sp) au Mali à Katibougou	273
Peuplement et régime alimentaire de l'avifaune dans la zone des lacs Débo et Walado Débo du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger	279
Effets de la terre de fourmilière sur la croissance et la production de la laitue (<i>Lactuca sativa</i>) en zone soudano sahélienne	282
Caractérisation des pratiques d'alimentation et de gestion économique des troupeaux bovins des exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali	286
Lutte intégrée contre les pathologies des pintadeaux dans les communes rurales de Nossombougou et de Nonkon dans la région de Koulikoro au Mali.....	294
Détermination de la valeur alimentaire de fourrages ligneux à partir de leur composition chimique: <i>Pterocarpus erinaceus</i> , <i>Pterocarpus lucens</i> et de <i>Ficus gnaphalocarpa</i>	300
Détermination de la valeur alimentaire de la paille de sorgho à double usage à partir de sa composition chimique.....	309
Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires associés au sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) dans les sols de la région de Sikasso (Mali).....	316
La régénération du parc à <i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn dans le Moyen-Bani-Niger au Mali : savoirs et savoir-faire des paysans	321
Effets de la substitution du poisson par la farine de sang sur les performances de croissance des poulettes Wassaché au secteur d'élevage de l'IPR/IFRA de Katibougou, Mali.....	328
Effet de l'association chou - niébé dans la gestion des arthropodes dans les conditions agro bio-écologiques de Katibougou au Mali	335
Peuplement et régime alimentaire de l'avifaune dans la zone des lacs Débo et Walado Débo du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger	342
Production de légumes irrigués avec des eaux usées : connaissance et perception des acteurs de la chaîne de valeur à Bamako, Kati et Baguineda	345
Evaluation de la biomasse et de la valeur bromatologique du tapis herbacé le long des pistes de transhumance en zone guinéenne nord du Mali: cas des terroirs de Dialafara et de Faraba dans le cercle de Kéniéba	356
PARTENAIRES ET SPONSORS	370



AGRICULTURE, POLITIQUE AGRICOLE ET PLANTES / AGRICULTURE AND FARMING



Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales

Emmanuel A¹, Dora N², Myat K³, Soumaré M*

¹Conseil alimentaire, Ghana Accra

²Agence Nationale pour l'administration et le contrôle des aliments et drogues, Abuja Nigeria,

³Département Médecine Traditionnel

Email : soumare_makan@yahoo.fr

RESUME : Cet article présente les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Le contrôle de la qualité a des conséquences directes sur l'innocuité et l'efficacité des médicaments à base de plantes. Les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte relatives aux plantes médicinales n constituent la première étape de l'assurance de la qualité, dont dépendront directement l'innocuité et l'efficacité des médicaments à base de plantes et joueront un rôle important dans la protection des ressources naturelles en plantes médicinales en vue d'en assurer une utilisation durable.

Mots clés : Sécurité, Plantes médicinales, Plantes sauvages, Culture

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, on assiste à un intérêt croissant, tant dans les pays développés que dans les pays en développement, pour les systèmes traditionnels de médecine et en particulier pour les médicaments à base de plantes.

Quelques réactions indésirables rapportées à la suite de l'utilisation de certains médicaments à base de plantes peuvent s'expliquer de diverses façons : utilisation par inadvertance d'une autre espèce végétale, adulation au moyen d'autres médicaments et/ou principes actifs non déclarés, contamination par des substances toxiques et/ou dangereuses non déclarées, surdosage, utilisation inappropriée par des agents de santé ou des consommateurs, et interaction avec d'autres médicaments entraînant des réactions indésirables. Parmi les réactions pouvant être attribuées à une mauvaise qualité des produits finis, certaines sont manifestement dues à l'utilisation de matières premières végétales de qualité insuffisante.

La qualité et l'innocuité des matières végétales médicinales brutes et des produits finis dépendent de facteurs qui peuvent être classés en facteurs intrinsèques (génétiques) ou extrinsèques (environnement, méthodes de récolte des plantes sauvages, culture, récolte des plantes cultivées, traitement après récolte, transport, stockage). La contamination accidentelle par des agents microbiens ou chimiques au cours de l'une quelconque des étapes de production peut également conduire à une détérioration de l'innocuité et de la qualité. Les plantes médicinales récoltées à l'état sauvage peuvent être contaminées par d'autres espèces ou parties de plantes du fait d'une erreur d'identification, d'une contamination accidentelle ou d'une adulation délibérée, tous facteurs

pouvant avoir des conséquences néfastes sur la santé.

La récolte de plantes médicinales sauvages peut poser des problèmes supplémentaires du point de vue de la surexploitation à l'échelle mondiale, régionale et/ou locale et de la protection des espèces menacées. Il faut aussi tenir compte de l'impact de la culture et de la récolte des plantes sur l'environnement et les processus écologiques, et des intérêts des communautés locales. Tous les droits de propriété intellectuelle concernant les matières premières doivent être respectés.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) coopère déjà avec d'autres agences spécialisées des Nations Unies et organisations internationales sur ces questions. Cette coopération devra être encore renforcée par la préparation et la mise à jour de directives techniques dans ces domaines.

Des mesures d'assurance de l'innocuité et de la qualité sont nécessaires pour surmonter ces difficultés et garantir un approvisionnement régulier, durable et à un prix abordable de matières végétales médicinales de bonne qualité. Ces dernières années, il a été reconnu que les bonnes pratiques agricoles constituaient un outil majeur pour l'assurance de la qualité et de l'innocuité de diverses denrées alimentaires, et de nombreux Etats Membres ont établi des directives à cet effet. Toutefois, en ce qui concerne la culture et la récolte des plantes médicinales en tant que matières premières pour les médicaments à base de plantes, le contrôle de la qualité peut être plus contraignant que pour la production de denrées alimentaires ; c'est peut-être la raison pour laquelle seuls la Chine, le Japon et l'Union européenne ont récemment élaboré des directives sur les bonnes pratiques agricoles relatives aux plantes médicinales. Comme ces directives ont



été établies pour répondre aux besoins de régions ou pays particuliers, elles peuvent ne pas être universellement applicables ou acceptables.

La totalité du processus de production des médicaments à base de plantes, des matières premières aux produits finis, a été examinée. Il a été recommandé que l'OMS accorde une priorité élevée à la préparation de directives, applicables dans le monde entier, destinées à promouvoir l'innocuité et la qualité des matières végétales médicinales grâce à l'établissement de codes de bonnes pratiques agricoles et de bonnes pratiques de récolte des plantes médicinales. Il a été estimé que de telles directives aideraient à assurer l'innocuité et la qualité dès le premier stade, le plus important, de la production des médicaments à base de plantes.

Objectif :

Les présentes directives ont pour principaux objectifs :

- de contribuer à l'assurance de la qualité des matières végétales médicinales utilisées comme matières premières pour les médicaments à base de plantes, en vue d'améliorer la qualité, l'innocuité et l'efficacité des produits finis d'origine végétale ;
- de servir de guide pour la préparation de directives nationales et/ou régionales sur les BPAR relatives aux plantes médicinales, et de monographies sur les BPAR relatives à différentes plantes médicinales et modes opératoires normalisés en conformité avec ces bonnes pratiques ;
- d'encourager et de soutenir la culture et la récolte durables de plantes médicinales de bonne qualité selon des modalités qui respectent et favorisent la conservation des plantes médicinales et de l'environnement en général.

I. BONNES PRATIQUES AGRICOLES RELATIVES AUX PLANTES MEDICINALES

1.1 Identification et authentification des plantes médicinales cultivées

1.1.1 Choix des plantes médicinales

Le cas échéant, l'espèce ou la variété botanique choisie pour la culture devra être la même que celle qui est spécifiée dans la pharmacopée nationale ou recommandée par d'autres documents nationaux faisant autorité dans le pays de l'utilisateur.

1.1.2 Identité botanique

L'identité botanique, c'est-à-dire le nom scientifique (genre, espèce, sous espèce/ variété, auteur et famille) de chaque plante médicinale cultivée doit être vérifiée et enregistrée. Le nom local et le nom commun français, s'ils existent, seront également enregistrés.

1.1.3 Spécimens

Dans le cas d'un premier enregistrement d'une plante médicinale dans le pays d'un producteur ou lorsqu'il existe un doute quant à l'identité d'une

espèce botanique, on soumettra un spécimen de référence de la plante à un conservatoire botanique régional ou national aux fins d'identification.

La documentation sur l'identité botanique de la plante sera jointe au dossier d'enregistrement.

1.2 Graines et autres matériels de multiplication

Les graines et autres matériels de multiplication devront être spécifiés et les fournisseurs devront communiquer toutes les informations nécessaires sur l'identité, la qualité et les performances de leurs produits ainsi que, si possible, l'historique de leur obtention. Les matériels destinés à la multiplication ou à la plantation devront être de qualité appropriée et exempts dans toute la mesure du possible de contamination et de maladies afin de favoriser une croissance saine de la plante. Les plants devront de préférence être résistants ou tolérants aux facteurs biotiques et abiotiques.

Les graines et autres matériels de multiplication utilisés pour la production biologique devront être certifiés issus de l'agriculture biologique. La qualité du matériel de multiplication, y compris tout germoplasme génétiquement modifié, devra satisfaire à la réglementation régionale et/ou nationale et être le cas échéant dûment mentionnée sur l'étiquette et documentée.

1.3 Culture

La culture des plantes médicinales requiert des soins attentifs et une gestion adéquate.

1.3.1 Choix du site de culture

Les matières végétales médicinales dérivées de la même espèce peuvent présenter d'importantes différences de qualité d'un site de culture à un autre du fait de l'influence du sol, du climat et d'autres facteurs. Ces différences peuvent porter sur l'aspect physique des plantes ou sur leurs constituants, dont la biosynthèse peut être affectée par des conditions environnementales extrinsèques, notamment par des variables écologiques et géographiques, et doivent être prises en compte.

1.3.2 Environnement naturel et impact social

La culture de plantes médicinales peut affecter l'équilibre écologique et en particulier la diversité génétique de la flore et de la faune des habitats environnants. La qualité et le développement des plantes médicinales peuvent à leur tour être affectés par les autres plantes, les autres êtres vivants et les activités humaines. L'introduction d'espèces non indigènes de plantes médicinales sous forme de cultures peut avoir un impact défavorable sur l'équilibre biologique et écologique de la région. Là où cela est réalisable, l'impact écologique des activités culturelles devra être surveillé dans le temps.

1.3.3 Climat



Les conditions climatiques, par exemple la durée du jour, les précipitations et la température extérieure ont une influence sensible sur les qualités physiques, chimiques et biologiques des plantes médicinales. La durée d'ensoleillement, la hauteur moyenne des précipitations, la température moyenne et l'amplitude thermique entre le jour et la nuit influencent également l'activité physiologique et biochimique des plantes. On prévoira de s'informer au préalable sur tous ces facteurs.

1.3.4 Sol

Le sol doit contenir des quantités appropriées d'éléments nutritifs, de matières organiques et d'autres éléments de façon à assurer à la plante un développement et une qualité optimaux. Les conditions pédologiques optimales - type de sol, drainage, rétention de l'humidité, fertilité, pH - seront dictées par l'espèce de plante médicinale choisie et/ou par la partie de la plante que l'on souhaite récolter.

1.3.5 Irrigation et drainage

L'irrigation et le drainage devront être contrôlés et répondre aux besoins de la plante médicinale aux divers stades de son développement. L'eau d'irrigation doit satisfaire aux normes de qualité locales, régionales et/ou nationales. On veillera à assurer que les plantes cultivées ne reçoivent ni trop ni trop peu d'eau.

1.3.6 Entretien et protection des plantes

Les pratiques de gestion culturale seront guidées par les caractéristiques du développement de la plante considérée ainsi que par la partie de la plante qui sera utilisée à des fins médicinales. L'application en temps opportun de mesures comme l'écimage, l'ébourgeonnage, la taille et la protection contre le soleil permettra de contrôler le développement et la croissance de la plante et d'améliorer la qualité et la quantité de la matière végétale médicinale produite.

1.4 Récolte

Les plantes médicinales devront être récoltées à la saison ou à l'époque optimales pour assurer la production de matières végétales médicinales et de produits finis de la meilleure qualité possible. Le moment de la récolte dépend de la partie de la plante qui sera utilisée. On peut souvent trouver des détails sur la période de récolte optimale dans les pharmacopées nationales, les normes publiées, les monographies officielles et les ouvrages de référence. Il est cependant bien connu que la teneur en constituants biologiquement actifs varie selon le stade de développement de la plante. Cela vaut également pour les constituants indésirables, toxiques ou vénéneux, de la plante indigène. Le meilleur moment pour la récolte (saison et moment de la journée où la plante est à son maximum de qualité) sera déterminé en fonction de la qualité et de la quantité de constituants biologiquement actifs

plutôt que du volume total de la partie de la plante à récolter. Pendant la récolte, on veillera à assurer qu'aucune matière étrangère, mauvaise herbe ou plante toxique n'est mélangée avec les matières végétales médicinales récoltées.

1.5 Personnel

Les cultivateurs et les producteurs devront avoir des connaissances suffisantes sur la plante médicinale concernée, à savoir son identification botanique, ses caractéristiques de culture et ses exigences environnementales (type de sol, pH du sol, fertilité, espacement des plantes et besoins en lumière) et ses modalités de récolte et de stockage.

Toutes les personnes (y compris celles qui travaillent sur le terrain) impliquées dans les différentes étapes de la production de plantes médicinales - multiplication, culture, récolte et traitement après récolte - devront observer une hygiène personnelle appropriée et avoir reçu une formation concernant leurs responsabilités en matière d'hygiène.

Seules des personnes qualifiées portant un équipement protecteur approprié (combinaison, gants, casque, lunettes de protection, masque) pourront appliquer des produits agrochimiques.

II. BONNES PRATIQUES DE RECOLTE DES PLANTES MEDICINALES SAUVAGES

La récolte des plantes médicinales sauvages soulève un certain nombre de questions d'ordre environnemental et social, qui doivent être examinées au cas par cas dans le contexte local.

2.1 Autorisation de récolte

Dans certains pays, des permis de cueillette et autres documents délivrés par les services officiels ou par les propriétaires fonciers doivent être obtenus avant toute récolte de plantes sauvages.

2.2 Planification technique

Avant de lancer une campagne de récolte de plantes sauvages, on déterminera la répartition géographique et la densité de population de l'espèce de plante médicinale recherchée.

2.3 Choix des plantes médicinales à récolter

Le cas échéant, l'espèce ou la variété botanique choisie en vue de la récolte devra être la même que celle qui est spécifiée dans la pharmacopée nationale ou recommandée par d'autres documents nationaux faisant autorité dans le pays de l'utilisateur en tant que source des médicaments à base de plantes concernés.

2.4 Récolte

Les pratiques de récolte devront assurer la survie à long terme des populations sauvages et des habitats qui leur sont associés.

Les matières végétales médicinales doivent être récoltées pendant la saison ou la période appropriée de façon à assurer que les matières premières comme



les produits finis seront de la meilleure qualité possible.

2.5 Personnel

Les experts locaux responsables de la récolte des plantes sauvages devront avoir reçu une formation théorique et pratique officielle ou non dans le domaine des plantes et avoir une expérience pratique du travail sur le terrain. Le personnel de terrain doit avoir reçu une formation adéquate en botanique et être capable de reconnaître les plantes médicinales par leur nom commun et si possible par leur nom scientifique.

III. ASPECTS TECHNIQUES COMMUNS AUX BONNES PRATIQUES AGRICOLES ET AUX BONNES PRATIQUES DE RECOLTE RELATIVES AUX PLANTES MEDICINALES

3.1 Traitement après récolte

3.1.1 Inspection et tri

Les matières végétales médicinales brutes devront être inspectées et triées avant le traitement primaire. L'inspection peut consister en :

- ♦ Une inspection visuelle à la recherche d'une contamination croisée par des plantes médicinales et/ou des parties de plantes autres que celles qui sont recherchées ;
- ♦ Une inspection visuelle à la recherche de matières étrangères ;
- ♦ Une évaluation organoleptique portant sur l'aspect, les dégâts éventuellement subis, la taille, la couleur, l'odeur et le cas échéant le goût.

3.1.2 Traitement primaire

Les mesures de traitement primaire appropriées dépendent de la matière considérée. Les opérations devront être réalisées conformément aux normes de qualité et à la réglementation nationales et/ou régionales. Dans certains cas, l'acheteur peut demander que des protocoles particuliers soient observés. Ces derniers devront également satisfaire à la réglementation nationale et/ou régionale en vigueur dans le pays du producteur et dans celui de l'acheteur.

3.1.3 Séchage

Lorsque les matières végétales médicinales sont préparées pour être utilisées à l'état sec, leur teneur en eau doit être réduite au minimum afin de limiter les dégâts dus aux moisissures et autres agents microbiens. On trouvera dans les pharmacopées ou autres monographies faisant autorité des indications sur la teneur en eau appropriée pour les diverses matières végétales médicinales.

3.1.4 Traitement spécifique

Certaines matières végétales médicinales exigent un traitement spécifique pour améliorer la pureté de la partie de la plante qui sera employée ; réduire le temps de séchage ; éviter les dégâts dus aux moisissures, à d'autres micro-organismes et aux

insectes ; détoxifier les constituants toxiques des plantes indigènes ; augmenter l'efficacité thérapeutique.

3.1.5 Installations de traitement

Lors de l'établissement d'un système d'assurance de la qualité, on tiendra compte des points suivants, que l'on adaptera aux différentes étapes et aux différents sites de production.

Emplacement

Routes et voies d'accès et de circulation des véhicules sur roues

Bâtiments

Zones de manipulation des matières végétales médicinales

Approvisionnement en eau

Rejet des effluents et des déchets

Vestiaires et toilettes

Lavabos dans les zones de traitement

Installations de désinfection

Eclairage

Ventilation

Stockage des déchets et des matières inutilisables

3.2 Conditionnement en vrac et étiquetage

Une fois traitées, les matières végétales médicinales doivent être conditionnées le plus rapidement possible pour empêcher le produit de se détériorer et pour le protéger contre une exposition inutile à d'éventuelles attaques de ravageurs et à d'autres sources de contamination.

3.3 Stockage et transport

Les matières végétales médicinales issues de la culture biologique doivent être transportées et stockées séparément ou d'une façon telle que leur intégrité soit préservée.

3.4 Equipement

3.4.1 Matériaux

Tout le matériel et les ustensiles utilisés pour la manipulation des plantes médicinales devront être faits de matériaux qui ne transmettent pas de substances toxiques, d'odeur ni de goût, ne sont pas absorbants, résistent à la corrosion et peuvent subir des nettoyages et désinfections répétés.

3.4.2 Conception, construction et installation

Tout le matériel et les ustensiles doivent être conçus et fabriqués de façon à prévenir tout risque en matière d'hygiène et de pouvoir être nettoyés et désinfectés facilement et à fond. Si possible, ils devront pouvoir être inspectés visuellement. Les réserves de fournitures devront être installées de façon à permettre un accès aisé et un nettoyage complet.

3.4.3 Identification

Le matériel destiné aux déchets et aux matières végétales médicinales inutilisables doit être identifié



et ne doit pas être employé pour les matières utilisables.

3.5 Assurance de la qualité

Le respect des mesures d'assurance de la qualité doit être vérifié périodiquement par des visites de contrôle des sites de culture ou de récolte et des installations de traitement par des représentants autorisés des producteurs et des acheteurs et au moyen d'inspections réalisées par les autorités nationales et/ou régionales chargées de la réglementation.

3.6 Documentation

Des modes opératoires normalisés seront adoptés et documentés. Tous les processus et modes opératoires intervenant dans la production des matières végétales médicinales, et leurs dates d'exécution, devront être documentés. On notera les informations suivantes :

- ◆ Graines et autres matériels de multiplication ;
- ◆ Multiplication;
- ◆ Site de culture ou de récolte;
- ◆ Rotation des cultures sur le site de culture ;
- ◆ Culture;
- ◆ Application d'engrais, de régulateurs de croissance, de pesticides et d'herbicides ;
- ◆ Conditions particulières susceptibles d'influer sur la qualité (y compris la composition chimique) des matières végétales médicinales
- ◆ Récolte sur le site de culture ou à l'état sauvage;
- ◆ Toutes opérations de traitement;
- ◆ Transport;
- ◆ Stockage;
- ◆ Application de fumigeant

3.7 Personnel (culture, récolte, production, manipulation, traitement)

3.7.2 Santé, hygiène et assainissement

A toutes les étapes de la production de matières végétales médicinales, que ce soit à partir de plantes cultivées ou de plantes récoltées à l'état sauvage, on se conformera à la réglementation nationale et/ou régionale concernant la sécurité, la manipulation des produits, l'assainissement et l'hygiène.

Etat de santé

Les personnes dont on sait ou on présume qu'elles sont atteintes ou porteuses d'une maladie ou affection susceptible d'être transmise par le biais des matières végétales médicinales ne seront pas autorisées à pénétrer dans les zones de récolte, de production ou de traitement.

Maladies et blessures

Les personnes présentant des plaies ouvertes, des inflammations cutanées ou des maladies de peau, de maladies transmissibles par voie aérienne ou alimentaire, seront temporairement exclues du travail dans l'ensemble des zones de production et

de traitement, conformément à la réglementation locale et/ou nationale.

Propreté personnelle

Les personnes manipulant les matières végétales médicinales devront observer un niveau élevé de propreté personnelle et si nécessaire porter un vêtement protecteur et des gants, une coiffe et des chaussures.

Comportement personnel

Il ne devra pas être autorisé de fumer et de manger dans les zones de traitement des plantes médicinales. Les effets personnels tels que bijoux, montres ou autres accessoires ne devront pas être portés dans les zones de manipulation des matières végétales médicinales s'ils présentent des risques pour l'innocuité ou la qualité des produits.

Visiteurs

Les visiteurs qui se rendent dans les secteurs de traitement et de manipulation devront porter des vêtements protecteurs appropriés et se conformer à toutes les prescriptions d'hygiène personnelle

CONCLUSION

Le contrôle de la qualité a des conséquences directes sur l'innocuité et l'efficacité des médicaments à base de plantes. Les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte relatives aux plantes médicinales ne constituent que la première étape de l'assurance de la qualité, dont dépendront directement l'innocuité et l'efficacité des médicaments à base de plantes et qui joueront un rôle important dans la protection des ressources naturelles en plantes médicinales en vue d'en assurer une utilisation durable.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] *Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2002 (document WHO/EDM/TRM/2002.1).
- [2] Bonnes pratiques de fabrication : lignes directrices supplémentaires concernant la fabrication des médicaments à base de plantes. In : *Comité OMS d'experts des spécifications relatives aux préparations pharmaceutiques. Trente-quatrième rapport*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1996, Annexe 8 (OMS, Série de Rapports techniques, N° 863).
- [3] Lignes directrices concernant l'évaluation des médicaments à base de plantes. In : *Comité OMS d'experts des spécifications relatives aux préparations pharmaceutiques. Trente-quatrième rapport*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1996, Annexe 11 (OMS, Série de Rapports techniques, N° 863).



[4] Culture des plantes médicinales et contrôle de la qualité, Vol. 1-10. Tokyo, Ministère de la santé, du

travail et des affaires sociales, Ed. Yakuji Nippo, 1992-2001 (en japonais).



Dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle en zone Mali-Sud : Cas du terroir villageois de M'Pèrèssou (Cercle de Koutiala)

Lassina Traoré^{1*}, Boureima Kanambaye², Harouna Yossi³ et Moussa Karembe¹

¹Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques, et des Technologies de Bamako, Mali

² Institut Polytechnique Rural de formation et de la Recherche Appliquée de Katibougou

³ Institut d'Economie Rurale, Centre de Recherche Régional d'Agronomie de Sotuba, Mali

* Adresse de correspondance : lanakayata17@gmail.com

RESUME: Suite aux perturbations dues à l'homme comme les défrichements suivis de mise en culture, la pratique des feux de brousse, de pâturage, de collecte de bois, de fourrages ligneux et de plantes médicinales, la végétation n'arrive plus à assurer les divers rôles qu'elle jouait pendant la période de jachère à savoir la protection du sol et la restauration de sa fertilité, la production de bois de chauffe, de bois d'œuvre et de service, de fruits, de fourrage et de plantes médicinales. Pour définir des techniques de gestion des milieux et des ressources qu'ils procurent nous avons déterminé les pratiques et perceptions paysannes de l'importance socio-économique de la jachère. Aussi avons-nous évalué l'effet de la durée de la jachère sur la reconstitution de la végétation ligneuse. Les pratiques et perception paysannes de la jachère ont été déterminées à travers des enquêtes effectuées auprès des chefs d'exploitation agricole. Les processus de reconstitution de la végétation ont été abordés en mode synchrone sur la base de relevés dendrométriques effectués dans les champs, les jachères d'âges échelonnés de plus de 20 ans et dans les formations forestières naturelles sur les principales unités de milieux faisant l'objet d'utilisation agricole à savoir les sols gravillonnaires et les sols sans gravillons. Pour le paysan, la jachère est une terre qui est fatiguée, envahie par les mauvaises herbes, improductives, et laissée en repos pour se reconstituer. Les principaux indicateurs de remise en culture sont l'augmentation de la densité et la grosseur des tiges des ligneux tels que *Terminalia macroptera*, *Vitellaria paradoxa*, *Detarium microcarpum*, et l'apparition d'herbacées telles que *Pennisetum pedicellatum*, *Loudetia togoensis*, *Andropogon amplexans*, *Andropogon gayanus*. Les plus fortes densités de tiges ligneuses sont rencontrées dans les jachères de 1 à 10 ans sur les sols gravillonnaires et de 11 - 20 ans sur les sols limoneux. Les espèces arbustives telles que *Guiera senegalensis*, *Securinega virosa*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Combretum ghasalense*, *Acacia macrostachya*, *Annona senegalensis* sont les plus abondantes dans la végétation des jachères de M'Pèrèssou. Le raccourcissement de la durée de la jachère à moins de 20 ans dans le terroir notamment à cause de la culture du coton favorisera la prolifération des espèces arbustives et défavorisera les espèces arborées.

Mots clés : Jachère, ligneux, zone soudanienne, Mali

I. INTRODUCTION

Les processus de reconstitution de la végétation après abandon de la culture en zone de savanes soudanienne sont modifiés par des perturbations dues à l'homme. Ces perturbations se manifestent par les défrichements suivis de mise en culture, les pratiques des feux de brousse, de pâturage, de collecte de bois, de fourrages ligneux et de plantes médicinales, etc.

Suite à ces perturbations, la végétation n'arrive plus à assurer les divers rôles qu'elle jouait pendant la période de jachère à savoir la protection du sol et la restauration de sa fertilité, la production de bois de chauffe, de bois d'œuvre et de service, de fruits, de fourrage et de plantes médicinales. Pour définir des techniques de gestion des milieux et des ressources qu'ils procurent, il s'avère nécessaire de chercher à mieux connaître les processus de reconstitution de la strate ligneuse. C'est dans ce cadre que se situe la présente étude. Elle a été réalisée sur le terroir

villageois de M'Pèrèssou situé à environ 25 km à l'Est de la ville de Koutiala en zone Mali-Sud. Le territoire du village couvre une superficie de 117 km² avec comme latitude 12°16'N et une longitude de 5°19'W.

II. METHODES

2.1 Détermination des pratiques et de la perception des paysans de l'importance de la jachère dans le système agricole

Elle a été menée des entretiens semi-directifs auprès de 79 UPA. Les informations collectées ont porté sur la définition de la jachère, l'inventaire et la datation des jachères, les pratiques de jachère, les espèces épargnées lors des défrichements, l'importance socio-économique de la jachère, les contraintes induites par la disparition de la jachère. Les statistiques descriptives ont été utilisées pour le traitement des données collectées



2.2 Étude de l'influence de la durée de la jachère sur la végétation ligneuse

L'approche synchronique a été utilisée pour cette étude; Au total, 22 relevés ont été effectués dans les champs, les jachères d'âges échelonnés de 1 à plus de 20 ans et dans les formations naturelles. La surface adoptée pour un relevé a été celle recommandée par Sylla (1987) qui est de 1250 m² (50 m X 25 m). Les relevés ont porté sur le recueil d'informations sur la flore, la végétation et le milieu physique. Les matériels utilisés sont composés de mètres couturiers pour les mesures de circonférences, d'un GPS pour les relevés de coordonnées géographiques, les perches dendrométriques pour les mesures de hauteurs, de ruban de 100 m et de cordes pour la délimitation des placettes de relevés. Les statistiques descriptives avec histogrammes ont été utilisées pour les traitements des données.

III. RESULTATS

3.1 Durée de culture (en années) des champs avant la mise en jachère dans le terroir de M'Pèrèso

Tableau 1 : Durée de mise en culture des champs avant la mise en jachère

Durée de culture des champs (en années) avant la mise en jachère	Taux d'affirmation (en %) des chefs d'exploitation enquêtés
1 à 10 ans	46
11 à 20 ans	9
> 20 ans	45

A M'Pèrèso, la durée sous culture avant la mise en jachère a varié selon les cas. Cette variation ne suit aucune logique. La durée sous culture avant la mise en jachère est liée à l'évolution de chaque unité de production agricole comme l'appauvrissement de certaines parcelles ou le manque de moyens de cultiver la surface habituelle. La durée sous culture avant la mise en jachère varie selon les observations des paysans enquêtés à M'Pèrèso de 1 an à plus de 20 ans (tableau 1).

3.2 Les causes de mise en jachère

Tableau 2 : Taux d'affirmations des chefs d'exploitations ayant une jachère sur la mise en jachère

Les causes de mise en jachère des terres sont nombreuses et variées selon le Bris et al (1982). Les causes citées sont la baisse de rendement, l'excès d'herbes, l'apparition de mauvaises herbes (*striga*), la stratégie d'occupation de l'espace, l'inondation et l'érosion (tableau 2).

Dans la zone de M'Pèrèso, la cause principale de mise en jachère est la baisse des rendements des cultures. Elle a été exprimée par 52 % des chefs d'unité de production agricole interrogés ayant une jachère. Outre la baisse des rendements, la

deuxième cause de mise en jachère est le souci d'occuper de nouvelles terres. Cela pousse les paysans à mettre leurs champs en jachère pour aller défricher de nouvelles parcelles car la terre appartient au premier occupant. Cette opinion a été exprimée par 28% des chefs d'exploitation interrogés possédant une jachère. Des raisons de mise en jachère non négligeables sont aussi l'inondation et l'érosion, deux phénomènes non encore maîtrisés par nos paysans. (4%) qu'est l'apparition de mauvaises herbes, signe de pauvreté du sol.

Causes de mise en jachère	Taux d'affirmation (en %) des chefs d'exploitation ayant au moins une jachère
Baisse de rendement des cultures	52
Stratégie foncière	28
Inondation, érosion et ruissellement	16
Excès d'herbes ou de mauvaises herbes	4

3.3 Indicateurs de remise en culture des jachères dans le terroir de M'Pèrèso

Tableau 3 : Taux d'affirmations des chefs d'U.P.A sur les indicateurs de remise en culture

Indicateurs	Taux d'affirmation (en %) des chefs d'UPA enquêtés
Augmentation de la densité, de la grosseur et de la taille des ligneux et de l'apparition de <i>Pennisetum pedicellatum</i> , <i>Loudetia togoensis</i> , <i>andropogon amplexans</i> , et de <i>Andropogon gayanus</i>	81
Diminution des adventices	16
Couleur noire du sol	3

L'appréciation de l'état de restauration d'une jachère pour être remise en culture par les paysans se fait par simple observation du milieu. Ainsi pour les producteurs, la présence de certaines espèces végétales, la densité et la taille des arbres, la faible quantité des herbes présentes ainsi que la couleur de la terre sont autant d'éléments permettant d'apprécier l'état de remise en culture d'une jachère (tableau 3). Ces indicateurs se rapportent principalement à des éléments qui traduisent la durée de mise en jachère.



Les principaux indicateurs de remise en culture cités sont la densité et la grosseur des troncs des ligneux tels que *Terminalia macroptera*, *Detarium microcarpum*, *Acacia ataxacantha*, *Vitellaria paradoxa*, *Guiera senegalensis*, *Cassia sieberiana*, et l'apparition d'herbacées tels que *Pennisetum pedicellatum*, *Loudetia togoensis*, *Andropogon amplexans*, *Andropogon gayanus*. Cette opinion a été exprimée par 81% des chefs d'exploitations enquêtés. Un autre indicateur de remise en culture cité est la diminution des adventices (16% des paysans enquêtés). D'où le constat de l'ensemble des paysans enquêtés qu'après remise en culture le rendement connaît une reprise ou une augmentation et les mauvaises herbes disparaissent ou diminuent.

3.4 Temps d'apparition des indicateurs de remise en culture des jachères

Tableau 4 : Taux d'affirmations des chefs d'exploitations sur le temps d'apparition des indicateurs de remise en culture.

Temps d'apparition (en années) des indicateurs de remise en culture des jachères	Taux d'affirmation (en %) des chefs d'UPA
1 à 4 ans	27
5 à 10 ans	71
11 à 15 ans	2

Les avis sont partagés concernant le temps d'apparition des indicateurs de remise en culture (tableau 4). Pour 71% des paysans enquêtés le temps d'apparition de ces indicateurs se situerait entre 5 et 10 ans de jachère, pour 27 % entre 1 et 5 ans, pour 2 % jusqu'à 10 ans, 15 ans (tableau 10).

3.5 Les causes qui retardent l'apparition des indicateurs de remise en culture des jachères à M'Pèrèso

Tableau 5 : Causes retardant l'apparition des indicateurs de remise en culture des jachères par les paysans dans le terroir villageois de M'Pèrèso

Causes retardant l'apparition des indicateurs de remise en culture des jachères	Longue durée de culture	Surpâturage	Nature du sol
Taux d'affirmations des chefs d'U.P.A enquêtés en %	81	17	2

La majorité des paysans sont conscients que le prolongement de la durée de culture retarde l'apparition des indicateurs de restauration de la fertilité des sols en période de jachère.

3.6 Utilités attendues des arbres des jachères

Tableau 5 : Taux d'affirmations des chefs d'exploitations sur l'utilité attendue des arbres des jachères

Utilités attendues des arbres des jachères à M'Pèrèso	Taux d'affirmation (en %) des chefs d'UPA enquêtés
La fourniture de fourrage	81
La restauration et le maintien de la fertilité des sols	70
La fourniture de bois	59
La fourniture de plantes médicinales	45
La fourniture de fruits	32

4. Étude de l'influence de la durée de la jachère sur la végétation ligneuse

4.1. Composition de la flore ligneuse post-culturelle

Il a été recensé au total 77 espèces ligneuses dans la végétation post-culturelle du terroir villageois de M'Pèrèso. Ces espèces appartiennent à 22 familles (tableau 6). Cette répartition dénote une prédominance de la famille des *Combretaceae* avec 63 %.

Tableau 6 : Familles des espèces ligneuses rencontrées dans les jachères du terroir villageois de M'Pèrèso

Familles	Contribution en %
Anacardiaceae	0,63
Anonaceae	3,31
Apocynaceae	1
Asclepiadaceae	0,03
Bignoniaceae	0,14
Bombacaceae	0,02
Caesalpiniaceae	11
Combretaceae	63,11
Ebenaceae	0,33
Euphorbiaceae	5,94
Fabaceae	0,72



Flacourtiaceae	0,01
Hymenocardiaceae	0,03
Loganiaceae	0,32
Meliaceae	0,04
Mimosaceae	5
Olcaceae	2,04
Polygalaceae	0,03
Rubiaceae	3
Sapotaceae	2,22
Tiliaceae	1,34
Verbenaceae	0,02
Total	100

La grande famille des légumineuses composée de Caesalpinieae, Fabaceae et Mimosaceae vient en deuxième position avec 17%. Cette proportion des Légumineuses est assez conforme à celle trouvée par Dièdhiou (1994) au Sénégal et par Yossi (1996) dans le terroir de Missira au Mali. Ces deux grandes familles sont des espèces dominantes de toutes les savanes en Afrique de l'Ouest

4.2. Evolution de la richesse floristique du peuplement ligneux au cours du temps

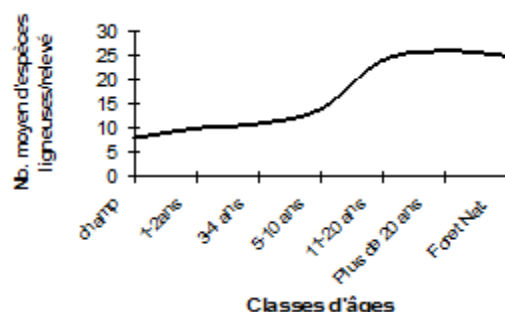


Figure 1 : Evolution du nombre moyen d'espèces ligneuses par relevé au cours du temps

Globalement le nombre moyen d'espèces rencontrées croît au cours du vieillissement de la jachère jusqu'à 11-20 ans de jachère. Au delà de cette durée le nombre d'espèces ligneuses varie très peu jusqu'au stade de la forêt naturelle. Ceci dénote que la réduction de la durée de la jachère à moins de 20 ans aura un impact sur la diversité des espèces ligneuses.

4.3. Evolution de la densité moyenne des tiges ligneuses au cours du temps

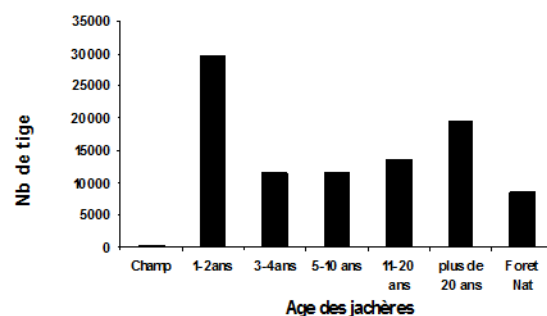
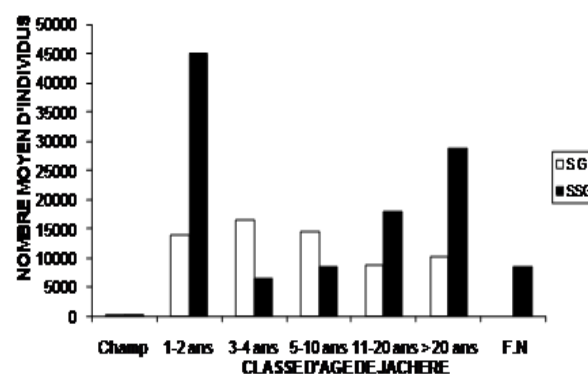


Figure 2: Evolution de la densité totale des tiges ligneuses (nombre de tiges par hectare) dans les jachères au cours du temps dans le terroir villageois de M'Pérèso

La plus forte densité observée dans les jachères de 1-2 ans s'explique par le fait qu'elles sont issues de parcelles ayant été mise en culture pendant une seule année et par la forte capacité des espèces présentes (*Pteleospis suberosa*, *Guiera senegalensis*, *Annona senegalensis*) à rejeter de souche et à drageonner. La forte pression d'exploitation du bois dans les jachères de plus de 20 ans est la principale raison de la prolifération de rejets de souche contribuant ainsi à l'augmentation de la densité des ligneux. La baisse de densité généralement observée dans les formations naturelles résulte probablement de la pression de sélection entre les individus au cours du développement de la végétation. Par ailleurs la capacité à rejeter de souche des arbres diminue avec l'âge.

4.4 Evolution de la densité totale des tiges ligneuses au cours du temps en fonction des types de sol dans le terroir de M'Pérèso



Légende : S G= sols gravillonnaires, SSG = sols sans gravillons

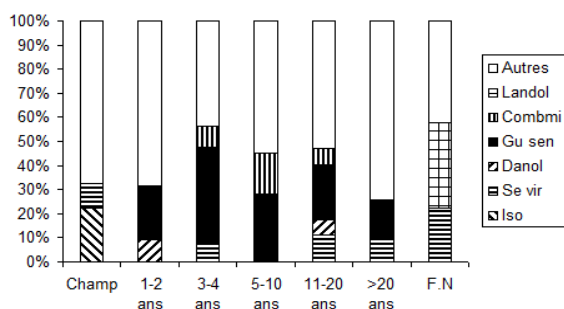
Figure 3 : Evolution de la densité totale des tiges ligneuses au cours du temps en fonction des types de sol dans le terroir de M'Pérèso

Dans les jachères sur sols gravillonnaires, la densité moyenne des tiges diminue au cours du vieillissement de la jachère (Figure 3). L'évolution de la densité totale des tiges ligneuses dans les jachères sur sols



sans gravillons est semblable à celle de la densité totale des tiges ligneuses tous types de sols confondus. Les plus fortes densités sont rencontrées dans les jachères de 1-2 ans et de plus de 20 ans. La densité diminue dans les formations naturelles. En effet les jachères de 1-2 ans sont issues d'une parcelle non dessouchées et mise en culture pendant une seule année. Cette brève durée de mise en culture n'a pas eu d'impact négatif sur la capacité de régénération des ligneux. Plusieurs auteurs, entre autres, Couliblay (2004) ; Yossi (1996), ont signalé que la longue durée de mise en culture a un impact négatif sur la régénération des ligneux après abandon cultural. A part les jachères de 3 à 10 ans, les plus fortes densités des tiges ligneuses sont rencontrées dans les jachères sur sols sans gravillons. Ceci dénote l'influence positive des sols sans gravillons sur le développement de la végétation ligneuse.

4.5 Evolution de la contribution des principales espèces à la densité moyenne des tiges ligneuses



Légende : Autres = autres espèces ; Landol = *Landolphia senegalensis*, Combmi = *Combretum micranthum*, Gu sen = *Guiera senegalensis*, Danol = *Daniellia oliveri*, Se vir = *Securinega virosa*, Iso = *Isoberlinia doka*

Figure 4 : Évolution de la contribution des principales espèces à la densité totale des tiges ligneuses dans les jachères du terroir villageois de M'Pèrèso

Toutes les espèces ne participent pas de la même façon à la reconstitution de la végétation après abandon de la culture. Certaines espèces interviennent plus que d'autres à un ou plusieurs stades de cette succession. Le sort de chacune des espèces reflète la stratégie qu'elles développent face aux perturbations (résistance aux coupes répétées, aux feux annuels et au pâturage). La figure 4 illustre l'évolution de la contribution des principales espèces à la densité totale des tiges ligneuses au cours de la reconstitution de la végétation ligneuse post-culturelle.

La végétation ligneuse (jachères et formations forestières naturelles) est dominée par les espèces arbustives telles que *Guiera senegalensis*,

Securinega virosa, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Combretum fragrans*, *Acacia macrostachya*, *Annona senegalensis*. *Guiera senegalensis* et *Securinega virosa* sont les deux espèces les plus dominantes dans les jachères. Le karité est présent dans toutes les classes d'âges de jachère. Les espèces arborées sont rencontrées dans les formations forestières naturelles. Ces formations sont situées généralement sur des terres marginales impropres à l'agriculture et dans les bois sacrés. La végétation est dominée par *Landolphia senegalensis*. Mais on y rencontre aussi *Isoberlinia doka*, *Daniellia oliveri*, *Ostryoderris schulmanii*, *Guiera senegalensis* et *Securinega virosa*

V. DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cadre de la présente étude, nous avons voulu d'une part comprendre quelle est la perception des populations de la place de la jachère dans leur pratique culturale et leur vie socio-économique et d'autre part, caractériser l'influence de la durée de la jachère sur les processus de reconstitution de la végétation post-culturelle. Les principaux résultats obtenus portent sur les pratiques et la perception paysanne de l'importance socio-économique de la jachère ; la structure et la dynamique du peuplement ligneux.

- Dans le terroir de M'Pèrèso, selon les paysans, la jachère joue un rôle capital dans la gestion de l'exploitation agricole et du système de culture.
- Elle constitue :
 - une réserve de diversité biologique où l'on peut trouver des espèces utiles pour la pharmacopée traditionnelle,
 - un lieu de pâturage pour les animaux,
 - un lieu de prélèvement du bois pour les divers besoins. Ainsi la jachère fait partie de la vie socioéconomique et culturelle des communautés rurales. Cette perception paysanne sur les rôles de la jachère est identique à celle des paysans de plusieurs localités du Mali (Gouani, Konobougou, Missira, etc.)
 - A M'Pèrèso, le mode de défrichement appliqué est l'abattage des arbres suivi de brulis.
 - Dans ce terroir, 54% des terres sont cultivées successivement pendant plus de 10 ans, ce qui dénote une saturation de l'espace agricole.
 - La succession culturale la plus pratiquée après jachère est sorgho-coton-mil-maïs tandis que dans la zone de Kadiolo cette succession est coton-maïs-mil-sorgho.
 - Sans jachère, toute exploitation et gestion durable des terres de culture constitue une contrainte dans les systèmes agraires. L'absence de la jachère entraîne la détérioration du tissu social suite à l'endémisme de la pauvreté.
 - Les plus fortes densités des tiges sont rencontrées dans les jachères de 1-2 ans et de plus de 20 ans. Ce résultat qui n'est pas conforme aux



résultats précédents selon lesquels la densité maximale des tiges est atteinte entre 11 et 20 ans et cela quel que soit le type de sol et la localité (Coulbaly, 2004; Dembélé, 2001; Yossi, 1996; Dakouo, 1996).

- Dans tous les cas, la diminution de la densité dans les jachères de plus de 20 ans et dans les formations naturelles est due à la faible aptitude des individus à ces stades à rejeter de souche. Ceci est accentué par la concurrence entre les individus et le fait que ces formations naturelles sont situées à plus de 4 km du village donc subissant moins de pression de coupe.

- Actuellement, suite aux perturbations anthropiques (feux de brousse, mise en cultures prolongée, coupes sélectives de bois et fourrages ligneux), il y a une homogénéisation de la végétation du terroir qui est constituée d'espèces arbustives.

- Ces espèces ont développé des stratégies leur permettant de se maintenir et de se développer dans un environnement très perturbé (rejets de souche, drageons, racines traçantes).

- Même dans les jachères de plus de 20 ans, on ne rencontre plus les espèces de la végétation originale comme *Isoberlinia doka* et *Afrormosia laxiflora*.

- Face à ce constat, il est nécessaire de mettre au point en collaboration avec les populations rurales, des méthodes appropriées de restauration, de réhabilitation et de gestion de la végétation en vue de satisfaire à leurs besoins et d'assurer une productivité biologique élevée et durable. Il s'agit de :

- La mise en défens d'une partie du terroir contre le feu, le pâturage, et l'exploitation par l'homme en vue de la constitution d'une parcelle de diversité biologique ;

- l'adoption de durées de jachères supérieures à 20 ans en vue du maintien d'une diversité végétale et animale optimale pour un bon fonctionnement du cycle culture jachère, donc stabilisation de l'agriculture ;

- le développement des cultures fourragères (soles fourragères) et intégrer d'avantage l'agriculture et l'élevage ;

- la généralisation et l'utilisation des techniques de petites hydrauliques de surface (cordons pierreux, diguettes, etc.) associées ou non à la plantation d'espèces végétales dans les parcelles agricoles;

L'intégration de la plantation ou semis d'espèces à usages multiples (amélioration de la fertilité de sols, production de fourrages, de bois, de fruits) dans les parcelles agricoles.

REFERENCES

Sylla M.L. 1987 – *Etude des méthodes d'inventaire en forêt tropicale sèche (cas de la Faya au Mali)*, thèse Université Nancy, Option Biologie végétale et forestière, 210p.

Le Bris, E. ; Le Roy, E. et Liemdorfer, L. éd. , 1983. *Enjeux fonciers en Afrique noire*, O.R.S.T.O.M-Karthala, 425 p.

Coulbaly L, 2004. *Dynamique de la végétation post-culturelle en zone guinéenne nord du Mali : Cas des terroirs villageois de Galamankourou, Niéganso et Kafono*. Mémoire de D.E.A, Population Environnement, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, 80 pages, Bamako.

Dembélé B.2001. *Influence de la durée de la jachère sur la reconstitution de la végétation des savanes zone soudanienne sud du Mali : cas de la commune rurale de Konobougou*. Rapport de fin de cycle pour l'obtention du diplôme universitaire de technicien supérieur, IPR/IFRA de Katibougou, Mali, 30 pages .

Yossi H., 1996. *Dynamique de la végétation post-culturelle en zone soudanienne au Mali*, de doctorat, option population environnement ISFRA, Bamako, Mali. 141 pages.

Dakouo, J. M. 1996 – *Influence des pratiques culturelles sur la dynamique de la végétation ligneuse des jachères dans le terroir de Gouani, zone Mali-Sud*, Mali, Mémoire de DEA, 89p.



Aptitude des graines de karité (*VITELLARIA PARADOXA* C.F GAERTN) à la germination dans les conditions agro-climatiques de Katibougou (Koulikoro)

Moussa Dramane Traoré^{*1}, Ousmane Niangaly¹ et Harouna Yossi²

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou, Koulikoro, Mali

² Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Bamako, Mali

*Auteur correspondant: traorem2010@gmail.com

RESUME: La courte durée du pouvoir germinatif des graines de karité constitue un frein pour son développement. Cette courte durée ne contribue pas favorablement à la régénération naturelle des jeunes plants. Une étude fut menée au Laboratoire d'Agro-physio-génétique et Biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou pour déterminer le potentiel de germination des graines de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) dont le thème est intitulé : «Aptitude des graines de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) à la germination dans les conditions agro-climatiques de Katibougou (Koulikoro) ». Trois provenances de graines (Dio-Gare à Kati, Siby et Katibougou) et cinq traitements (graines intactes, graines nues, graines sectionnées, graines pré-germées et trempées dans l'eau chaude 30°C pendant 30mn) ont été testés. Le dispositif expérimental était en bloc de Fisher à trois répétitions. Les données ont été analysées au STATITCF. Les résultats ont montré que l'émergence a été meilleure avec les graines intactes et pré-germées pour les provenances de Siby avec un taux d'émergence de 46% chacune. Pour les traitements issus de la provenance de Dio-Gare, le taux d'émergence a été meilleur pour les graines intactes avec 64% de taux d'émergence. En ce qui concerne la provenance de Katibougou, les traitements graines intactes et pré-germées ont eu respectivement 52% et 50% de taux d'émergence. Une différence non significative ($P>0,05$) a été révélée entre les trois provenances. L'indice de vélocité de germination le plus élevé est observé chez le traitement graines pré-germées. La quantification de variation de temps a été évaluée par le coefficient de temps de germination. Les traitements de la provenance Katibougou ont eu un coefficient de variation de germination plus étendu dans le temps que les traitements des autres provenances respectivement Dio-Gare (Kati) et Siby.

Mots clés: *Vitellaria paradoxa*-germination-provenance-traitements-émergence-Katibougou

I. INTRODUCTION

Les produits de cueillette contribuent à hauteur de 8,5% de la production du secteur agricole au Mali (1). Ils jouent un rôle important dans la vie quotidienne des populations, notamment rurales, ils leur procurent des revenus (2). Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) est une culture oléifère importante pour l'économie des populations indigènes dans les régions de savane d'Afrique subsaharienne (3), il constitue un moyen de subsistance important des femmes rurales (4). Le beurre extrait de ses noix a des caractéristiques similaires au beurre de cacao utilisé pour la confiserie (4) et comme base pour les médicaments et les lotions dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques. De plus le beurre est utilisé localement comme huile de cuisson, pour la fabrication de savon et comme combustible pour allumer des lampes. C'est un corps gras très riche en acide stéarique (5) et consommé par plus de 80 millions de personnes dans les milieux ruraux (6). L'importance des fruits de karité en tant que culture de sécurité alimentaire est observée dans les zones rurales où il est le plus fréquemment consommé comme aliment de base lorsque les disponibilités alimentaires sont faibles (4). Inscrit sur la liste des filières porteuses au Mali, la production d'amandes sèches et de beurre de karité

étaient évaluées respectivement à environ 300 000 tonnes et 100 000 tonnes chaque année (7). Son potentiel de production serait de 661000 tonnes (8). Les produits du karité génèrent des revenus pour les populations rurales notamment les femmes rurales (9). L'utilisation des huiles végétales notamment le beurre de karité comme substitut au beurre de cacao dans les chocolats, autorisée par l'Union Européenne (10); (11) a ouvert de nouveaux marchés pour le karité.

C'est une espèce qui pousse dans les sols sahéliens marginaux arides et peut donc lutter contre la désertification et atténuer le changement climatique en raison de ses caractéristiques pyrophytes et haute longévité. Il améliore le microclimat et recycle les nutriments par le biais de chute des feuilles (12). Malgré ces avantages écologiques, *V. paradoxa* C.F Gaertn n'est pas encore planté mais pousse toujours à l'état sauvage (13) et très peu des efforts ont été faits pour le domestiquer à une échelle commerciale (14). Ce manque de domestication du karité a été attribué à la nature récalcitrante de ses graines, qui perdent rapidement leur pouvoir germinatif après la maturation (15). Selon (16) la faculté germinative de la noix du karité dure au maximum un mois. (17) ont montré suite à une étude sur le pouvoir germinatif des noix en fonction de différentes méthodes de



conservation des noix, quelle que soit la méthode utilisée la germination des noix est faible après la conservation d'une durée d'un mois.

Son type de germination est décrit comme une cryptogée (18) qui est une caractéristique des pyrophytes poussant dans les régions arides. Il implique l'émergence d'un tube cotylédonaire à travers l'enveloppe de la graine qui enterre la plumule profondément dans le sol (18). La noix germe après une absorption d'eau, le tégument se déchire et plus tard une structure appelée parfois pseudo-radicule apparaît mais sur le plan anatomique, cette structure est constituée de pétiole fusionnés aux cotylédons (5). Au cours du développement de la radicule qui pénètre plus profondément dans le sol. Cette étude fut initiée dans l'optique de déterminer le potentiel de germination des graines soumises à différents traitements afin de contribuer aux difficultés de germination des graines de karité, à la connaissance du processus de germination et d'émergence des graines de karité (*V. paradoxa* C.F Gaertn) pour améliorer sa culture, sa croissance et son développement.



Figure 1 : Etapes de germination des graines de karité (*Vitellaria paradoxa*)

II. OBJECTIFS

L'objectif général de la présente étude est de contribuer à la régénération naturelle de karité (*Vitellaria paradoxa*). L'objectif spécifique est de déterminer la capacité de germination de différents traitements de graines de karité.

III. MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel

3.1.1 Lieu d'étude

Les travaux sont menés à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA) à Koulikoro au niveau du Laboratoire d'Agro-physio-génétique et de Biotechnologies végétales.

3.1.2 Zones de collecte et critères de choix des plants-mères

Trois sites ont été choisis (le domaine Katibougou, le village de Dio-Gare à Kati et le village de Siby) pour la collecte des graines situés respectivement à 3,5 km, 75 km et 110 km de la ville de Koulikoro. Les critères de choix retenus pour la collecte est défini par des arbres caractérisés par l'abondance de fruits dont la forme des fruits est allongée ou arrondie et de gros calibre, des arbres de haute taille et de fruits généralement gros et juteux. Sous ces plantes, les fruits murs ou des graines (noix) de karité sont collectés et regroupés par site. Cet choix d'échantillonnage se justifie dans la mesure où quand une éventuelle tentative d'amélioration de

l'espèce est envisagée, on aurait certainement fait recours à ce matériel déjà présélectionné. Les coordonnées géographiques des trois sites de collecte sont indiqués dans le tableau 1.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites de collecte

Sites de collecte	Coordonnées géographiques
Katibougou	12°54'14'' latitude N 7°32'38'' longitude O 326 m altitude
Siby	12°21'43'' latitude N 8°20'0'' longitude O 826m altitude
Dio-Gare	12°48'50'' latitude N 8°15'03'' longitude O Altitude 420m

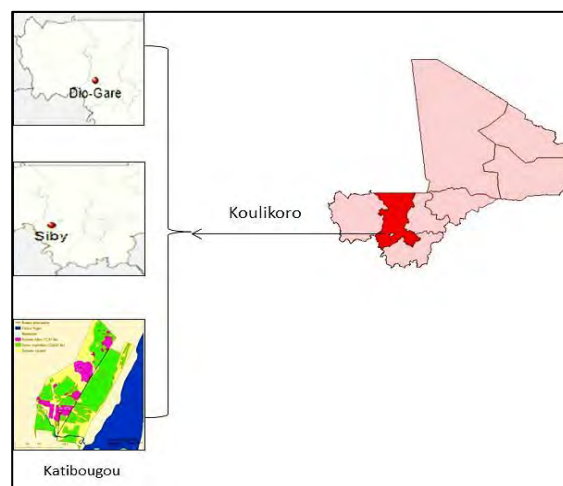


Figure 2: Zones de collecte (Données cartographiques 2019).

3.1.3 Caractéristiques pédoclimatiques des sites de collecte

- Katibougou

Son relief est caractérisé par la présence des collines et des plateaux surplombant au nord-ouest par des terres cultivables et au sud-ouest par des basses terres occupées par les plaines inondées pendant les crues du fleuve Niger, son climat est de type soudano sahélien (19). Il est situé sur l'isohyète 900mm. Il subsiste une savane parc à *Butyrospermum parkii* et *Parkia biglobosa* extrêmement commun dans la vallée.

-Siby

Le village de Siby est entièrement situé dans un vaste ensemble morphologique du plateau Manding. Son relief est constitué d'un ensemble de surface d'aplanissement horizontale souvent armé de cuirasses latéritiques. Le climat est de type soudanien. Le village est situé entre les isohyètes 700-1300mm. Les sols sont de type ferrugineux, latéritiques peu profonds.



La végétation est composée de forêts claires et de savanes arborées ou arbustives et des forêts galeries. Plusieurs essences dites de valeur sont conservées par les agriculteurs qui en retirent certaines bénéfiques (feuilles, fruits, noix etc.) dont les plus dominants sont les karités (20).

-Dio-Gare

Dio-Gare est une commune du cercle de Kati dans la région de Koulikoro. Le climat de type soudanien est marqué par l'alternance de deux saisons: une saison pluvieuse qui dure de juin à octobre, et une saison sèche qui s'étend de mai à novembre (PDCK, 2007). Les sols sont rouges, limoneux, argileux, profonds et bien structurés.

3.1.4 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était constitué était composé de graines de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) collectées sous des plantes pendant la période de production.

3.2 Méthodes

3.2.1 Détermination de la capacité d'émergence des graines

Les graines (noix) sont mises à la germination dans des pots en sachets plastiques de 30x30x30cm. Le substrat utilisé est un mélange de terreau et de terre à la proportion 1:1 et arrosé régulièrement. Cinq traitements sont mis en place afin de déterminer le(s) meilleur(s) traitement(s). Il s'agit: des graines intactes(A), des graines débarrassées de leur coque(B); des graines sectionnées(C); des graines pré-germées(D) et enfin des graines trempées dans l'eau chaude (30°C) pendant 30mn(E), (Figure3). Pour chaque traitement, 20 graines ont été sélectionnées, ce qui donne 20x5=100 graines par provenance. Le nombre total de graines mises en germination est de 300. Les observations sont faites sur 60 jours. La capacité d'émergence de chaque traitement est déterminée par la formule ci-dessous (21) qui correspond au pourcentage de graines qui ont germé au cours du processus de germination.

$$CpE = \left(\frac{ni}{N} * 100 \right)$$

CpE: Capacité d'émergence, ni: nombre cumulé de graines germées à chaque observation i, N : nombre total de graines mises à germer.

3.2.2 Coefficient de la vitesse de germination des graines

Elle est caractérisée par le coefficient de vitesse de germination (22) qui est libre de l'influence du nombre de graines germées dans les échantillons et correspond à la réciproque du temps moyen de germination. Il est calculé à partir de la formule:

$$CVG = \left(\frac{100(n1+n2+n3+n4)}{n1t1+n2t2+n3t3+n4t4} \right)$$

CVG : Coefficient de Vitesse de Germination,
nx : nombre de graines germées pour une observation x, tx : date correspondant à la germination des graines.

3.2.3 Coefficient du temps de germination

Ce paramètre permet d'évaluer l'uniformité de germination dans temps donnée. Il correspond à une mesure de dispersion relative permettant de quantifier la variation du temps de germination entre les graines germées des traitements (23).

$$CVt = (St/TMG) * 100$$

St : l'écart type du temps moyen de germination.

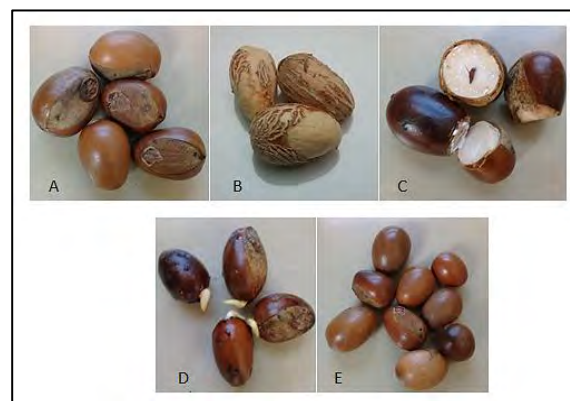


Figure 3: Images des différents traitements de graines

3.2.4 Dispositif expérimental et méthode d'analyse

Un dispositif en randomisation totale est adopté pour à 4 répétitions et deux facteurs étudiés (la provenance et la graine). Les données collectées sont analysées au logiciel STATITCF. La comparaison des moyennes est faite à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil de 5%, l'Excel est utilisé pour la représentation graphique.

3.2.5 Paramètres d'observation

Ils ont concerné les paramètres de germination: le taux d'émergence des graines (noix), la vitesse de germination, le coefficient du temps de germination.

IV. RESULTATS

4.1 Taux d'émergence des graines

Les noix de karité ont été soumises à 5 traitements différents et mises en germination pendant deux mois. La germination a été meilleure avec les graines intactes et pré-germées avec un taux d'émergence de 46% chacun pour la provenance de Siby. Pour ces deux traitements l'émergence a été meilleure dans la 5^{ème} semaine après semis. Les graines trempées à l'eau chaude et sectionnées se sont montrées moins favorables à l'émergence (figure 4). Quant à l'émergence des graines de Dio-Gare à Kati, elle a été meilleure avec un taux de 64% d'émergence après 5 semaines de semis. Il ressort que parmi les graines émergées, les traitements graines nues et graines pré-germées ont été défavorables pendant les



deux dernières semaines et les traitements graines intactes dans la période de 45 jours (figure 5). Le taux d'émergence des graines de Katibougou a été aussi efficace après 45 jours de semis pour les graines intactes et pré-germées respectivement avec 52% et 50%, (figure 6). L'analyse de variance a donné une différence hautement significative ($P>0,05$) au niveau de toutes les provenances.

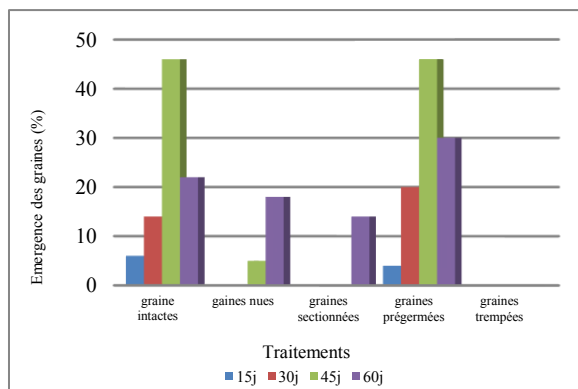


Figure 4 : Taux d'émergence des graines de Siby

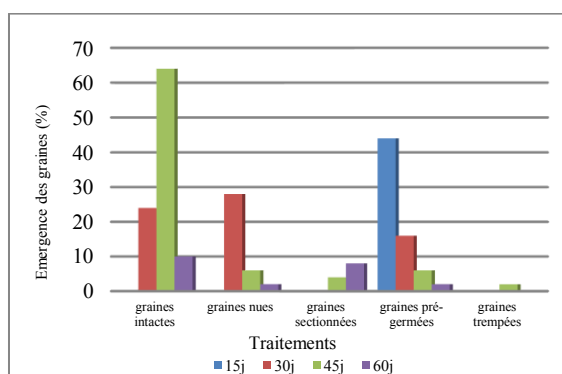


Figure 5 : Taux d'émergence des graines de Dio-Gare

Tableau 2: Indice de vitesse de germination des traitements

Provenances	Traitements				
	Graines intactes	Graines nues	Graines sectionnées	Graines pré-germées	Graines trempées
Dio-Gare(Kati)	2,38	2,93	2,38	3,84	2,30
Katibougou	2,34	2,78	2,71	2,34	2,39
Siby	2,27	2,78	2,27	2,40	2,28
Probabilité	0,22	0,25	0,22	0,02	0,76
MG	2,33	2,83	2,45	2,98	2,33
Signification	NS	NS	NS	HS	NS

4.3 Coefficient du temps de germination des graines

L'uniformité de germination des traitements dépend des conditions de traitements. Les différents ont influencé sur l'uniformité de germination des graines.

Les valeurs des moyennes les plus élevées se trouvent chez les traitements pré-germées et intactes (19,01% et 18,25% d'uniformité) chez la provenance

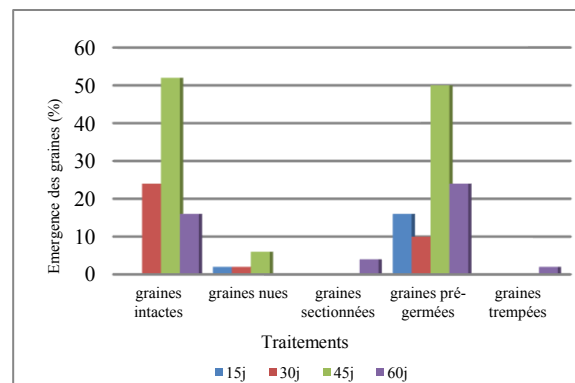


Figure 6: Taux d'émergence des graines de Katibougou

4.2 Coefficient de vitesse de germination des traitements

Ce coefficient déterminer la vitesse de germination des graines dans un temps donné, il a été calculé pour les trois provenances Dio-Gare (Kati), Siby et Katibougou) à partir de la formule: $CVG = \frac{100(n1+n2+n3+n4)}{n1t1+n2t2+n3t3+n4t4}$. Les données soumises à l'analyse de variance ont montré une différence non significative entre les traitements graines intactes, graines nues, graines sectionnées et trempées dans l'eau chaude pendant 30mn, $p> 0,05$. Par contre l'analyse a montré une différence hautement significative au niveau du traitement graines pré-germées (tableau2). L'indice de vitesse de germination le plus grand (3,84) a été observé chez la provenance de Dio-Gare à Kati avec le traitement graines pré-germées suivit des graines nues (2,98). Les plus petits indices sont observés chez les traitements graines intactes et sectionnées (2,27) chez la provenance de Siby.

Siby (figure 7). Chez les graines en provenance de Dio-Gare à Kati, ces deux traitements ont été les meilleurs avec 19,8 et 18,60 % d'uniformité de temps de germination, (figure 8). Quant aux graines collectées sur le site de Katibougou, les moyennes les plus élevées sont observées chez les traitements pré-germées (20,16%) et intactes (19,2 % d'uniformité, figure 9). Il ressort que quel que soit le traitement ou la provenance, une différence non



significative est révélée par l'analyse de variance. Les temps de germination sont restés statistiquement identique pendant la durée de mise en germination.

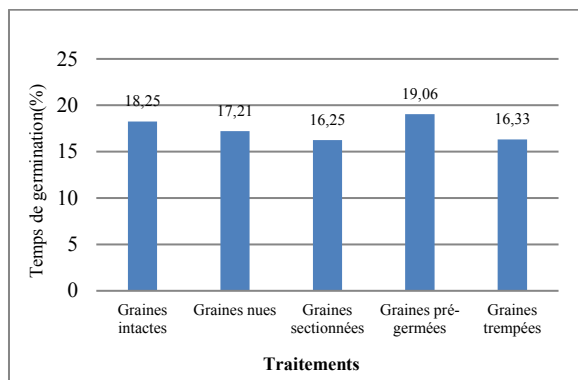


Figure 7: Coefficient du temps de germination de Siba

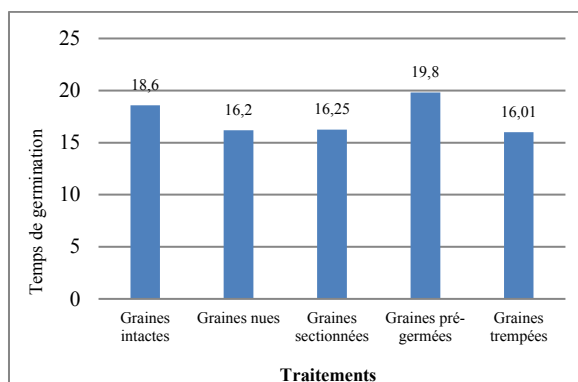


Figure 8: Coefficient du temps de germination de Dio-Gare à Kati

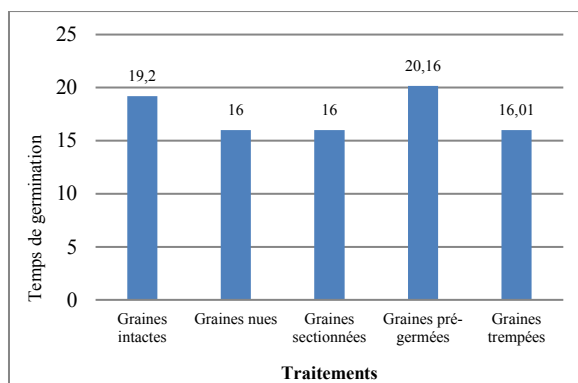


Figure 9: Coefficient du temps de germination de Katibougou

V. DISCUSSION

La germination a été meilleure avec les graines intactes pour les graines en provenance de Kati avec 64% d'émergence après 6 semaines de semis suivi de la provenance de Katibougou avec 52% des graines germées. Ces résultats sont dans la moyenne de ceux obtenus par (24) sur 9 accessions de graines de karité au Nigeria dans un test de germination. En ce qui concerne les graines pré-germées avant le semis, celles de Siba ont été les meilleures par

rapport aux autres traitements avec 44% d'émergence après 2 semaines de semis et 50% après 6 semaines. (25), ont trouvé des moyennes supérieurs à ceux de notre étude. Nous remarquons que le taux d'émergence est faible quand la graine est sectionnée cela est confirmé dans les études de (25). Cette lenteur ou absence de d'émergence pourrait être attribuée à la diminution des réserves au niveau de la graine ainsi qu'au niveau la graine trempée à l'eau chaude, cela dégrade la nature des réserves et par conséquent diminue le taux de d'émergence. Pendant qu'on a une variation de temps entre 45 et 60 jours en fonction des provenances et le traitement (15) observaient 51 et 79 jours. (26), a eu 28 jours après semis, ce chiffre se rapproche à nos résultats quand les graines sont pré-germées avant le semis (14 jours). L'indice de la vitesse de germination des graines a été meilleur avec les graines de la provenance de Katibougou (4,4). Cet indice est inférieur à tous les indices obtenus par (24) sur 9 accessions de *Vitellaria paradoxa* et sur *A. buxifolia*, une autre espèce tropicale (6,14), (27). Les traitements des autres provenances étant statistiquement identiques. Il est par contre supérieur à tous les indices trouvés par (28), sur la germination des semences de *Syagrus romanzoffiana* (cham). La variation du temps de germination a été nettement supérieur pour les graines pré-germées et intactes au niveau de toutes les provenances.

VI. CONCLUSION

Au terme de cette étude nous avons remarqué que le taux de germination dépend des traitements et la provenance n'a eu aucun effet sur le taux d'émergence de graines. A cet effet les traitements graines intactes et pré-germées ont eu un taux d'émergence meilleur à Siba avec 46%. Ces deux traitements sont aussi meilleurs avec 52 et 50% au niveau de Katibougou. A Dio-Gare les graines intactes ont eu un taux d'émergence de 64% après 5 semaines suivi du traitement pré-germé avec 44% d'émergence dès la première quinzaine. Quand la graine est trempée dans l'eau chaude (30°C pendant 30mn), elles se sont révélées moins favorables à la germination. Ce constat est remarqué chez les traitements de toutes les provenances. La vitesse de germination est plus grande quand la graine est intacte et pré-germée avant la mise en pot pour l'émergence. La scission et l'eau chaude ont eu un impact négatif sur le coefficient de vitesse de germination. La variation de germination des traitements dans le temps a été plus importante avec la provenance de Katibougou.

REFERENCES

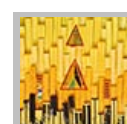
- [1] Traoré, C.M, Quel débouché pour les produits de cueillette. <http://société/exportations>. [Online] 08 19, [Cited: 11 12, 2015.] <https://maliactu.info/>.



- [2] Semega, Djibril and Sidibé, Modibo, *Les ressources alimentaires non conventionnelles des savanes parcs des zones semi arides et arides du Mali*. Mali. CEA Réunion Ad-Hoc du Groupe d'Experts sur l'Accroissement de la Production et l'Utilisation des Ressources Alimentaires Non Conventionnelles comme Sources d'Aliments en Afrique (1996, déc 2-4 : Addis Abeba, Ethiopie), p. 18.
- [3] Bayala, J, et al., *Nutrient release from decomposing leaf mulches of karité (Vitellaria paradoxa) and néré (Parkia biglobosa) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa*. [ed.] Elsevier. Soil biology and biochemistry, 2005, Vol. 37, pp. 533-539.
- [4] Masters, et, Yidana, JA and Lovett, PN, *Rendre la gestion plus rationnelle grâce au commerce: les produits du karité en Afrique*. 219, Revue internationale des forêts et des industries forestières, FAO, 2004, Vol. 55, pp. 46-52.
- [5] Sallé, G., Brunck, F., Boussim, I., & Raynal-Roques, A, *Le karité état de nos connaissances et perspectives de recherche. In physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. 1991, pp. 427-439.
- [6] Naughton C, Lovett, P N and Mihelcic, J.R, *Overview of shea tree populations across African: Mapping and emissions. Powerpoint presentation at Global Shea 2014: The industry unites, Abidjan, Côte d'Ivoire*. Abidjan, Côte d'Ivoire. March 24-26.
- [7] Fofana Modibo, Journaldumali. [Online] <http://www.journaldumali.com>, 2010; [Cited: 08 15 2015.]
- [8] CECI, *Etude de la filière karité*. Bamako. Sahel-Côte d'Ivoire, 1994 p. 47.
- [9] Samaké, Ouodiouma, Dakouo, J. M., Kalinganire, A., Bayala, J., & Koné, B., 2011. *Technique de déparasitage et de gestion de karité au champ*. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bamako (Mali). Manuel Technique, 15, p. 36.
- [10] Djekota, Christophe, Mouga, M., Djimramadji, A., Djelassem, B., Mbayngone, E., Maïga, R. D., Noubady, D, *Potentiel Karité au Tchad (Vitellaria Paradoxa C.F Gaertn. subsp. paradoxa)*. 3, N'Djaména, journal of animal and plants sciences, 2014, Vol. 23, pp. 3646-3656.
- [11] Aleza, Koutchoukalo., 2016. *L'étude de la croissance de la dynamique, la structure démographique des populations et la gestion des parc agroforestiers de karité (Vitellaria paradoxa) dans le district de Atacora au Benin*. University of Cape coast. Benin. p 211, Thèse.
- [12] Dianda, Mahamadi, Bayala, J., Diop Tahir., Ouedrago Sbiri., 2009. *Improving growth of shea butter tree (Vitellaria paradoxa C.F Gaertn.) seedlings using mineral N, P and arbuscular mycorrhizal (AM) fungi*. Base.
- [13] Okao, M, Malinga M., Okia C.A., Okullo, JB., 2012. Vegetative propagation of Vitellaria paradoxa by stem cuttings: Effects of rooting substrate and planting technique. *third RUFORUM biennial meeting*, pp. 24--28.
- [14] Abdulai, Iddrisu., Elegba W., Klu GYP., Danso K.E., 2013. *Observations on seed embryo and germination, seedling morphology and development of Vitellaria paradoxa (C. F. Gaertn.)*. Ghana , Taylor and Francis, p. 13.
- [15] Ugeze, FD, Baiyeri, KP and Mbah, BN., 2010. *Determination of growth stages and seedling structures associated with slow emergence of shea butter tree (Vitellaria paradoxa CF Gaertn.) seedlings*. Journa of Animal and Plants Sciences, Vol. 8, pp. 993--998.
- [16] Picasso, Georges., *Synthèse des résultats acquis en matière de recherches sur le karité au Burkina Faso de 1950-1958*. IRHO, Burkina Faso 1984, p. 45, Rapport IRHO.
- [17] Gaméné, CS and Pritchard HW, Daws MI., *Effects of desiccation and storage on Vitellaria paradoxa seed viability*. In: M Sacandé, D Joeker, ME Dulloo & KA. Rome, Italy. (Eds.), IPGRI, 2004, pp. 57-66.
- [18] Jakson, G., 1968. *Notes on West African vegetation-III: the seedling morphology of Butyrospermum paradoxum*. J Afr Sci Assoc, pp. 215-222.
- [19] Aubreville, A., 1949. *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale Soc.*, Geogr. Marit, col. Paris.
- [20] <https://issuu.com/laurencebuenerd/docs-capitalisation-parcs-karite>. Siby. Consulté le 25 décembre 2018
- [21] Labouriau, L.G. 1983. *A Germinação das sementes*. Vol. 581, 1.
- [22] Ranal, Marl A and Santana, Denise Garcia de, *How and why to measure the germination process?* Brazilian Journal of Botany, 2006, Vol. 29, pp. 1-11.
- [23] Carvalho, M.P, Santana, D.G and Ranal, M.A, *Emergência de plântulas de Anacardium*



- humile* A.St.-Hill.(Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. revista Brasil Botanica, 2005, 28, pp. 627-633.
- [24] Ugehe, Felix D, Baiyeri, Paul K and Mbah, Benja., 2011. *Variability in Seedling Growth of Seeds of Shea Butter Tree (Vitellaria paradoxa CF Gartn.) Sourced from Nine Locations in Nigeria*. Magnesium mg/100 g, Vol. 1, pp. 6-9.
- [25] Abdulai, Iddrisu, Elegba, W; Klu, G.Y.P; Danso, K.El, *Observations on seed embryo and germination, seedling morphology and development of Vitellaria paradoxa (C. F. Gaertn.)*, Taylor and Francis, 2018, p. 16.
- [26] Yidana, Joshua Adam, *Progress in developing technologies to domesticate the cultivation of shea tree (Vitellaria paradoxa) in Ghana*. [éd.] Crops Research Institute (Council for Scientific and Industrial Research). Ghana : Agricultural and food science journal of Ghana, 2004, Vol. 3, 1, pp. 249–267.
- [27] Dominique, HOAREAU, *Ecologie de la germination des espèces indigènes de la Reunion*. Reunion, 2012, p 64, Masters.
- [28] Goudel, Flora, Chibata Marcilia., Coelho Cileide., Maria Medeiros, *Fruit biometry and seed germination of Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassm.* [éd.] SciELO Brasil. Acta Botanica Brasilica, 2013, Vol. 27, 1, pp. 147--154.
- [29] Masters, ET, Yidana, JA et Lovett, P, *Rendre la gestion plus rationnelle grâce au commerce: les produits du karité en Afrique*. Revue internationale des forêts et des industries forestières, FAO, 2004, Vol. 55, 219, pp. 46--52.
- [30] Jakson, G. *Notes on West African vegetation-III: the seedling morphology of Butyrospermum paradoxum*. J. Afr. Sci Assoc, 1968; 13, pp 215-222.



Régénération *in vitro* d'explants de karité (*VITELLARIA PARADOXA* C.F GAERTN) à Katibougou (Koulikoro)

Moussa Dramane Traoré^{*1}, Ousmane Niangaly¹ et Harouna Yossi²

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou, Koulikoro, Mali

² Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Bamako, Mali

*Auteur correspondant : Email traorem2010@gmail.com

RESUME: Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn), est une plante agroforestière de la zone soudano-sahélienne. Le Mali en possède l'un des plus grands parcs à karité d'Afrique. La productivité et la conservation des plants de karité sont limitées par plusieurs facteurs qui sont: la sécheresse, le parasitisme, le vieillissement de la plupart des individus adultes, le faible pouvoir germinatif des graines et les difficultés liées à la pollinisation des fleurs. La régénération naturelle des jeunes plants a lieu dans les champs en jachers et dans les espaces non cultivés. Une étude fut menée au Laboratoire d'Agro-physio-génétique et Biotechnologies Végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou sur la régénération *in vitro* des explants de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) de trois provenances (Siby, Dio-Gare et Katibougou) dans la perspective de produire des plants élités de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn). Le dispositif expérimental adopté était la randomisation totale avec deux facteurs étudiés en quatre répétitions. Les paramètres observés furent le taux de contamination des explants, le taux d'explants initiés, le taux d'explants déboussés, la hauteur moyenne des bourgeons et le nombre de feuilles formées. Le logiciel STATITCF a permis de faire les analyses des données. L'excel a servi à la représentation graphique des moyennes du test de Newman et Keuls. Les résultats obtenus ont montré que le troisième test (T3) de désinfection est était meilleur avec un faible taux de 12,5%. L'analyse de variance de l'initiation des explants a montré une différence non significative entre les milieux de culture et leurs interactions avec les provenances. Quant au déboussement, l'analyse a révélé une différence hautement significative entre les milieux de culture. Le milieu M4 (MS/2+Kin1mgL⁻¹) a donné la meilleure réponse à la formation des bourgeons avec un taux de 69%, une différence non significative est révélée au niveau de leurs interactions (milieux-provenance). L'analyse de variance de l'interaction des facteurs (milieux-provenance) a révélé une différence non significative au seuil de 5% par rapport au nombre de feuilles des explants des trois provenances. Enfin, il ressort de l'analyse de variance de la hauteur moyenne des pousses formées a montré une différence hautement significative entre les milieux de culture (P<0,05) avec comme meilleur milieu le M4 (MS/2+Kin1mgL⁻¹) et une différence non significative de l'interaction des facteurs (milieux-provenance).

Mots clés : organogénèse, *in vitro*, régulateur de croissance, *vitellaria paradoxa*, explants.

I. INTRODUCTION

Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) est une plante spécifique au continent Africain. Il jalonne la vie des individus depuis des temps anciens (29). Il est considéré par les autochtones comme sacré et bien protégé. A ce jour, l'Afrique est le seul continent qui est le fournisseur mondial des produits bruts de karité (30). Son aire naturelle de répartition géographique s'étend au sud du Sahara du Sénégal oriental jusqu'au Nord-Ouest de l'Ouganda entre le 16^{ème} degré longitude Ouest et le 34^{ème} degré longitude Est (31). Cette zone forme une superficie environ un million de Km² (32). Suivant cette répartition géographique, deux sous-espèces du karité sont présentes dans 21 pays d'Afrique (33). Le Mali possède l'un des plus grand parcs à karité d'Afrique (34). Il est exploité pour extraire le beurre utilisé pour la cuisson et pour servir différentes filières comme la chocolaterie, la cosmétologie et la pharmacologie et les savonneries (35). L'utilisation des huiles végétales notamment le beurre de karité comme substitut au beurre de cacao dans les

chocolats, autorisée par l'Union Européenne (UE) (10); (11) a ouvert de nouveaux marchés pour le karité, mais sa culture est confrontée à beaucoup de contraintes. La productivité et la conservation des plants à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) sont de nos jours limitées par plusieurs facteurs notamment des pressions d'ordre naturelles qui sont: la sécheresse, le parasitisme, le vieillissement de la plupart des individus adultes, le faible pouvoir germinatif des graines et les difficultés liées à la pollinisation des fleurs (36). A ces facteurs naturels s'ajoutent ceux d'ordre anthropiques en l'occurrence : la coupe frauduleuse des plants adultes pour le bois d'œuvre et le charbon, la cueillette précoce des fruits pour des raisons commerciales et les feux de brousse. Des recherches ont été menées sur le karité notamment la réduction de la phase juvénile des plants adultes par les techniques de greffage au Burkina Faso et au Mali (37), mais très peu de travaux scientifiques sont menés sur l'espèce par rapport à sa régénération *in vitro*. Cette technique de régénération *in vitro* est la culture des plants dans des



conditions aseptiques en utilisant des milieux de culture (hormones, vitamines, sucre, sels minéraux etc.) qui peuvent être liquides ou solides. Elle permet de cultiver des tissus ou des fragments isolés d'organes de plants comme l'apex, des bourgeons, des nœuds, des racines à croissance indéfinies, des feuilles. C'est une technique qui permet de cultiver des tissus, organiser et régénérer en plante entière (38). Elle utilise toutes les potentialités de la totipotence cellulaire des plantes. Cette orientation de recherche a permis de grands développements à la biologie d'abord, de manière lente ensuite rapide (39). Des cellules isolées à partir de cals friables sur milieu liquide agité sont obtenues par (40). (41), mettent au point le milieu (M.S) sur la culture *in vitro* de tissus de tabac. La régénération par culture *in vitro* implique une différenciation cellulaire et une dédifférenciation dans les tissus déjà spécialisés, elle peut conduire à la formation de nouveaux massifs méristématiques. Cette particularité démontre la totipotence cellulaire c'est-à-dire l'aptitude des cellules à se diviser et à se différencier de nouveau en fonction des conditions expérimentales (42). En effet, tout individu végétal pourra être reproduit *in vitro*, mais cependant le développement des milieux et les connaissances peuvent avoir des différences au niveau du comportement des espèces sur des milieux de culture (43). Beaucoup d'aspects liés à la production fruitière et la structure des populations de karités ont été abordés par plusieurs auteurs mais, ceux de la régénération *in vitro* ne sont pas encore explorés suffisamment. Les biotechnologies végétales, liées à l'évolution de l'amélioration des plantes en tant que science, sont de nos jours, une des voies possible pour la régénération *in vitro* rapide dans une perspective de rajeunissement des plants adultes, d'amélioration et de propagation des plants élites. La présente étude est une contribution à la recherche de solutions pour assurer une régénération *in vitro* de karité à travers des régulateurs de croissance (auxines et cytokinines). Ces régulateurs de croissance sont en effet, impliquées dans toutes les stades de la vie d'une plante (régulation du métabolisme, division cellulaire, élongation des cellules, différenciation cellulaire dédifférenciation etc.). L'objectif principal de cette étude est contribuer à la régénération *in vitro* de *Vitellaria paradoxa*, les objectifs spécifiques sont:

- Déterminer une technique de désinfection des explants de *V. paradoxa* C.F Gaertn,
- Déterminer les milieux favorables à la régénération *in vitro* des explants de *V. paradoxa* C.F Gaertn.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

2.1.1 Zone d'étude

Les travaux sont effectués au Laboratoire d'Agro-physio-génétique et de Biotechnologies végétales de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA) de Koulikoro.

2.1.2 Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué d'explants prélevés sur des plantules de karité élevées en pépinière.

2.2 Méthodes

2.2.1 Collecte des graines

Trois sites ont été choisis (le domaine Katibougou, le village Dio-Gare à Kati et le village de Siby) pour la collecte des graines situés respectivement à 3,5 km, 75 km et 110 km de la ville de Koulikoro. Des critères de choix sont retenus pour la collecte, il s'agit des arbres caractérisés par l'abondance de fruits dont la forme des fruits est allongée ou arrondie et de gros calibre, des arbres de haute taille et de fruits généralement gros et juteux). Sous ces plantes, les fruits murs ou des graines (noix) de karité sont collectés et regroupés par site. Les graines collectées seront mises en germination dans des sachets plastiques de 30x30x30cm sur un substrat composé de terreau et de terre à la proportion 1:1 et arrosé régulièrement. Les coordonnées géographiques des trois sites de collecte sont indiquées dans le tableau1.

Tableau 1: Sites de collecte, N=nord, O=ouest

Sites de collecte	Coordonnées GPS des sites
Katibougou	12°54'14'' latitude N 7°32'38'' longitude O 326 m altitude
Siby	12°21'43'' latitude N 8°20'0'' longitude O 826m altitude
Dio-Gare	Latitude 12°48'50''N Longitude 8°15'03''O Altitude 420m

2.2.2 Prélèvement du matériel végétal et désinfection

Les explants sont prélevés sur des plantules germées et élevées en pépinière à une distance de 3 à 4 cm de long comportant des bourgeons axillaires ou apicaux. Ils sont d'abord soigneusement lavés avec de l'eau de robinet au quelle deux à trois gouttes de savon liquide (Teepol) sont ajoutés pendant 3 à 5 mn puis désinfectés sous la hotte à flux laminaire. On procède ensuite à la réduction de la taille des explants à 3cm environ. Trois tests de désinfection sont utilisés, le nombre d'explants de chaque test était 40. Les observations sont faites pendant 5 semaines. Les étapes de l'ensemble d'expérience sont résumées dans le (tableau2).



Tableau 2: Protocole de désinfection des explants.
HgCl₂: chlorure de mercure, °chl : degré chlore, []
= concentration

Tests	Produits	[]	Temps
T1-	Ethanol	70°C	30s
	Javel	0,5°chl	15mn
T2-	Ethanol	70°C	30s
	Javel	0,5°chl	15mn
T3-	Amuchina 5%	0,5%	15mn
	Ethanol	70°C	30s
	Javel	0,5°chl	15mn
	Amuchina 5%	0,5%	15mn
	HgCl ₂	0,1%	15mn
	Eau distillée		3-5mn



Figure 1: Explants prêts pour la désinfection

2.2.3 Milieu de base

La préparation du milieu de culture nécessite des opérations suivantes. Pour un (1) litre de milieu : On procède comme suit : on pose un récipient d'un litre (bouteille) contenant 700ml de l'eau distillée sur la plaque chauffante, puis on introduit un barreau magnétique pour agiter graduellement on ajoute des produits (tableau3) puis stérilisé à l'autoclave à 115°C pendant 30 minutes.

Tableau 3: Composition du milieu de base.
MS : Murashige et Skoog

N°	Produits	Quantité (g/L)	pH
1	MS	4,4	5,8
2	Myo-inositol	0,1	
3	Sucrose	30	
4	Gel rite	2	

2.2.4 Milieux d'initiation des boutures

Les explants comportant des bourgeons axillaires et ou apicaux sont initiés sur le milieu de (41) dilué de moitié avec ou sans régulateurs de croissance. Ces régulateurs de croissance additionnés au milieu de MS sont les cytokinines : le 6-benzylaminopurine

(BAP) et la kinétine (Kin). Le tableau 4 montre la composition des milieux d'initiation.

Tableau 4: Composition des milieux d'initiation.
MS: Murashige et Skoog, Kin : Kinétine, BAP: 6-Benzylaminopurine

Milieux	MS (g/L)	BAP (mg/L)	Kin (mg/L)	pH
M1	2,2	0	0	5,8
M2	2,2	0,5	0	
M3	2,2	1,0	0	
M4	2,2	0	0,5	
M5	2,2	0	1,0	

2.2.5 Milieux de débourrement des bourgeons

Des balances hormonales (auxines/cytokinines) sont mises en place pour déterminer leur influence sur le débourrement des bourgeons et la formation nouvelles pousses. Le milieu de base utilisé est celui de (41) dilué de moitié auquel des concentrations d'auxines et cytokinines sont ajoutées. Les explants initiés seront transférés dans des bocaux contenant 10-15ml de milieu solide de débourrement à l'aide de pinces stérilisées à un stérilisateur à billes. Le tableau 5 présente les différentes combinaisons d'auxines et cytokinines.

Tableau 5: Composition des milieux de débourrement. MS/2: Murashige et Skoog dilué, Kin: kinétine, B.A.P: 6-Benzylaminopurine

Milieux	MS (g/L)	B.A.P (mg/L)	Kin (mg/L)	pH
M1	2,2	0	0	5,8
M2	2,2	1,0	0	
M3	2,2	2,0	0	
M4	2,2	0	1,0	
M5	2,2	0	2,0	

2.2.6 Milieux d'élongation des bourgeons

Pour déterminer l'évolution de croissance des pousses formées, 6 milieux sont mis en place à cet effet. La composition des milieux est figurée dans le tableau suivant.

Tableau 6: Composition des milieux d'élongation ; MS/2 : Murashige et Skoog dilué, Kin : kinétine, B.A.P: 6-Benzylaminopurine, ANA : acide naphthalène acétique

Milieux	MS (g/L)	B.A.P (mg/L)	Kin (mg/L)	ANA (mg/L)	pH
M1	2,2	0,5	0	0	5,8
M2	2,2	1,0	0	0	
M3	2,2	0	0,5	0	
M4	2,2	0	1,0	0	
M5	2,2	0	0	0,5	
M6	2,2	0	0	1,0	



2.2.7 Ensemencement des explants

Après la désinfection, les explants sont repiqués dans des bocaux et tubes contenant de milieu solide de culture à l'aide des pinces stérilisées au stérilisateur à billes. Ils sont repiqués en tenant compte le sens de circulation de la sève. L'ensemble, est placé dans la chambre de culture à la température de 25±1°C, la luminosité est de 1000 à 3000 lux avec une photopériode de 16 heures sur 8.

2.2.8 Dispositif expérimental

Les conditions de la chambre de culture étant contrôlées, le dispositif expérimental adopté est la randomisation totale à quatre répétitions. Deux facteurs sont étudiés (le milieu de culture et la provenance) pris à différents niveaux de variation chacun. Les paramètres observés ont concerné les paramètres de régénéralité des explants (le taux de contaminations, l'initiation des explants, le débourrement des bourgeons, le nombre de feuilles formées, la taille des pousses feuillées).

2.2.9 Méthode d'analyse

Les données collectées sont analysées au logiciel STATITCF. La comparaison des moyennes est faite à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil de 5%, l'Excel est utilisé pour la représentation graphique.

III. RESULTATS OBTENUS

3.1 Effet des produits sur la désinfection des explants

Trois tests ont été réalisés pour la désinfection. Les observations ont porté sur 5 semaines pour les trois tests. Les tests de désinfection ont été réalisés sans tenir compte de l'origine des explants. Les résultats des observations ont montré que le troisième test de désinfection était meilleur par rapport aux deux autres. L'ajout du chlorure de mercure à la solution de désinfection a réduit considérablement le taux d'explants contaminés. Cette technique a donné un taux très faible d'explants contaminés avec 12,5%.

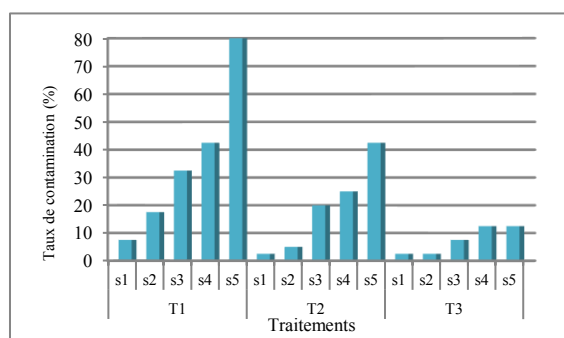


Figure 2: Taux de contamination des explants (boutures). S: semaine; T: traitement

3.2 Effets de milieux sur l'initiation des boutures

L'analyse de variance a montré une différence non significative des milieux ($P > 0,05$). Cependant tous les milieux ont eu un taux d'initiation des explants supérieur à 60%.

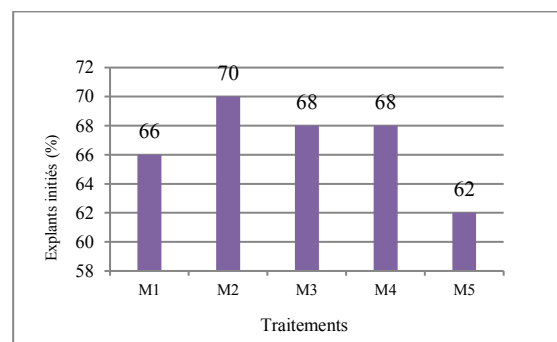


Figure 3: Effets de milieux sur l'initiation des boutures $P > 0,05$, MG: 66.77

3.3 Interaction des facteurs sur l'initiation des explants

L'analyse de variance a révélé une différence non significative ($P > 0,05$) entre l'interaction des facteurs. Cependant une différence arithmétique existe entre les traitements, ainsi, le milieu M4 ($MS/2+Kin\ 0,5\ mgL^{-1}$) a enregistré le plus grand taux d'explants initiés pour la provenance de Dio-Gare à Kati avec 83,88% (figure4). A l'exception des explants de Katibougou, les explants de Kati et de Siby ont été tous moins favorables sur les tous les milieux de culture par rapport à l'interaction des facteurs.

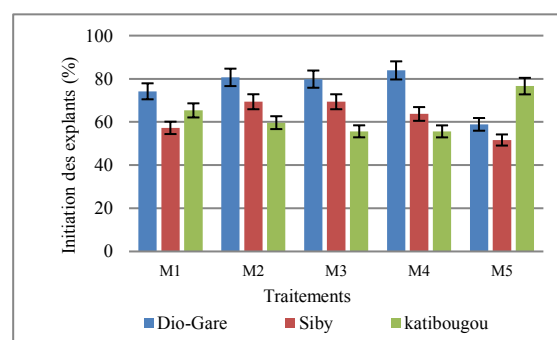


Figure 4: Interaction des facteurs sur l'initiation



Figure 5: Explants en phase d'initiation

3.4 Effet de milieux sur le taux de débourrement



L'analyse de variance révèle une différence hautement significative entre les milieux de culture au seuil de 5% ($P < 0,05$). Le test de Newman et Keuls regroupe les milieux de culture en deux groupes homogènes. Le débourrement a été suivi pendant une période de 5 semaines. Il commence d'abord par un gonflement des points végétatifs puis les premières feuilles commencent à s'épanouir. Les milieux M4 (MS/2+Kin $1,0\text{mgL}^{-1}$), M3 (MS/2+BAP $2,0\text{mgL}^{-1}$) et M2 (MS/2 +BAP $1,0\text{mgL}^{-1}$) ont donné les meilleurs réponses à la formation des bourgeons avec 69%, 68% et 68% des bourgeons formés (figure 6). Le milieu M5 (MS/2+Kin $2,0\text{mgL}^{-1}$) a donné moins de bourgeons formés avec 40% des bourgeons débourrés. Le pourcentage de débourrement des bourgeons varie pour une même hormone (cytokinine) en fonction de la concentration donnée (figure7).

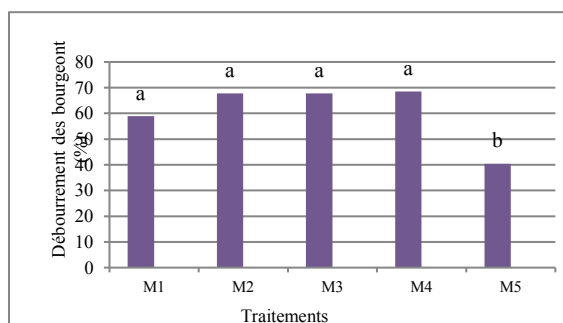


Figure 6: Effet des milieux sur le débourrement



Figure 7 : comportement des explants sur différents milieux, la flèche indique le nombre de bourgeons

3.5 Interaction des facteurs sur le taux débourrement

L'analyse de variance a montré une différence non significative de l'interaction des facteurs milieux et provenances ($P > 0,05$).

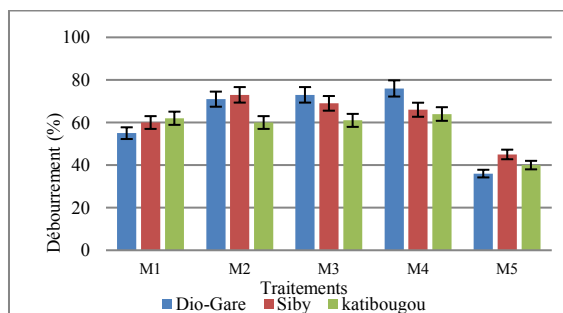


Figure 8: Interaction des facteurs sur le débourrement

3.6 Interaction des facteurs sur le nombre de feuilles

Le nombre de feuilles formées a été compté après 12 semaines de culture. Il ressort de l'analyse de l'interaction des facteurs (milieux-provenance), une différence non significative au seuil de 5% ($P > 0,05$).

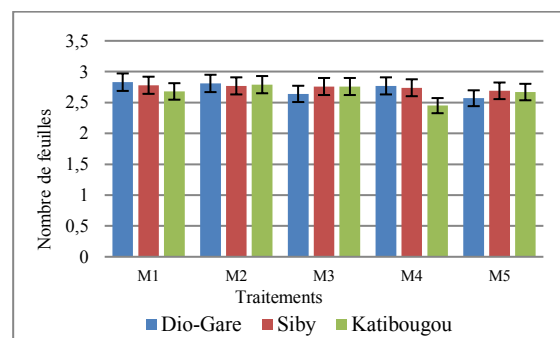


Figure 9 : Interaction des facteurs sur le nombre moyen de feuilles



Figure 10: Explants feuillés

3.7 Effet des milieux sur la hauteur moyenne des pousses formées

L'analyse de variance de la taille de pousses formées a révélé une différence hautement significative. Le test de Newman et Keuls a permis de regrouper les milieux en deux groupes homogènes (tableau7). La plus grande taille des pousses feuillées a été mesurée sur le milieu M4 (MS/2+Kin 1mgL^{-1}) et la plus petite taille sur le milieu M2 (MS/2+BAP 1mgL^{-1}).

Tableau 7: Hauteur moyenne des pousses. F1=facteur1, M=milieu, P=probabilité
Les valeurs des moyennes suivies de mêmes lettres ne diffèrent pas entre elles de différence significative au seuil de 5% du test de Newman et Keuls

F1	Libellés	Moyennes (cm)	MG	P
1	M1	3,5 ^a		
2	M2	2,8 ^b		
3	M3	3,4 ^a	3,30	0,0001
4	M4	3,8 ^a		
5	M5	3,5 ^a		
6	M6	2,9 ^b		



3.8 Interaction des facteurs sur la hauteur moyenne des explants

L'analyse de variance a montré une différence non significative entre l'interaction milieu-provenance avec une probabilité ($P > 0,05$).

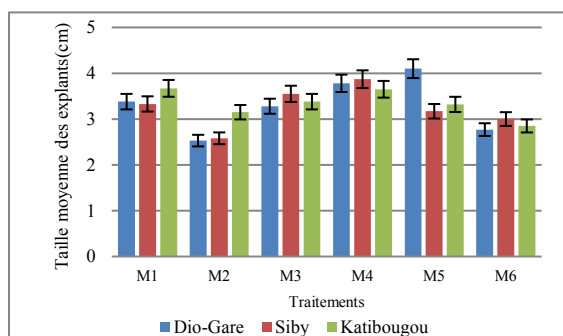


Figure 11: Interaction des facteurs sur la hauteur



Figure 12: Explants de sur différents milieux de culture

IV DISCUSSION

Les concentrations des produits (eau de javel, Amuchina et HgCl_2) n'ont pas variées mais leur temps de trempage était différent, ainsi le test T3 a donné le taux de contamination le plus faible (12,5%) par rapport aux autres tests avec un temps d'immersion de 15 mn. Ce taux est meilleur à celui obtenu par (23) dans l'étude de l'influence de différentes concentrations de chlorure de mercure et différents temps d'immersion sur la survie *in vitro* d'explants de teck avec 40% d'explants infectés à 0,1% de HgCl_2 et un à un temps d'immersion de 10mn. Nos résultats se concordent avec ceux de (44) qui ont utilisé le chlorure mercurique à 0,1% comme désinfectant sur *Ocimum gratissimum*. Selon (18), lorsque les explants sont immergés pendant 20mn à une concentration de 0,20%, le taux de contamination diminue à 30% d'explants infectés. Le milieu M4 ($\text{MS}/2 + \text{Kin } 1\text{mgL}^{-1}$) a été le meilleur milieu d'initiation avec 83,88% d'explants initiés. Ce taux est légèrement supérieur à celui obtenu par (45) qui ont obtenu 83,30% sur un ligneux de la famille des sapotacées (*Pyrus malus* L.) et supérieur à celui de (28) qui ont obtenu 72,0% d'explants initiés de karité (*Vitellaria paradoxa*) sur le milieu $\text{MS}/2$ et 27,4% sur le milieu MS sans régulateur de croissance. Quant au débourrement des bourgeons, 76% des bourgeons ont pu débourrer dans le milieu M4 ($\text{MS}/2 + \text{Kin } 1\text{mgL}^{-1}$) avec une moyenne de (3,5) bourgeons par explant, ce taux est largement supérieur à celui de (28) qui ont obtenu une moyenne de (0,3) pousses par explant. Toutefois, cette moyenne (0,3) est comparable à celle de notre étude

obtenue avec ($\text{MS}/2 + \text{BAP } 0,5\text{mgL}^{-1}$). D'une façon générale, il n'y a pas eu de différences statistiques entre l'interaction des facteurs milieu-provenances, ce constat amène à dire que le débourrement ne dépend pas des provenances, mais celui des milieux de culture. Nos résultats sont en désaccords avec les travaux réalisés par (46) sur différents génotypes d'ignames qui ont montré que la réponse des micro-boutures à l'action des cytokinines dépend du génotype de la plante. Ces résultats sont aussi en accord avec les travaux réalisés sur le fraisier, lesquels ont révélé que le potentiel organogène chez cette espèce, est hautement dépendant du génotype et à un certain degré du type d'explant (Isaac et al, 1994).

En présence de zéatine ($2,3\mu\text{M} = 0,5\text{mgL}^{-1}$) supplémentée au MS , (45) ont obtenu une moyenne de 1,8 pousses par explant dans le cas de la régénération *in vitro* de *Pyrus malus* L. Sur une autre sapotacée, l'utilisation du milieu MS sans hormone et $\text{MS} + \text{Kin } 2\text{mgL}^{-1}$ par (47) ont été favorables sur *Olea europaea* avec 2 bourgeons formés au niveau d'un seul nœud. (48), a utilisé le $\text{BAP } 0,5\text{mgL}^{-1}$ et $\text{Kin } 1\text{mgL}^{-1}$ dans la multiplication de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) 96,96% et 70,70% de débourrement. Cette plante a favorablement répondu au débourrement dans le milieu ($\text{MS} + \text{BAP } 0,5\text{mgL}^{-1}$) que le nôtre (76%). Mais avec l'utilisation de la kinétine à la dose de 1mgL^{-1} , nos résultats (73%) sont meilleurs par rapport à celui de (48), 70,70%. L'apport des cytokinines au milieu MS semble être indispensable à la régénération des pousses des espèces ligneuses. Ainsi, les études réalisées par (49) sur la pomme sauvage (*Irvingia gabonensis*) ont montré que le milieu $\text{MS}/4$ supplémenté de $0,2\text{mgL}^{-1}$ de kinétine était favorable à la régénération *in vitro* avec l'apparition des pousses feuillées.

Le nombre moyen de feuilles le plus élevé a été obtenu avec le milieu MS sans régulateur de croissance avec une moyenne de 3 feuilles par explant. Ce chiffre est supérieur à celui de (50) sur la régénération *in vitro* de l'arbre à suif (*Pentadesma butyracea* Sabine) qui ont obtenu une moyenne de 0,46 sur le milieu MS additionné au zéatine $2,5\text{mgL}^{-1}$. Les explants ont augmenté de taille dans le milieu M5 ($\text{MS}/2 + \text{ANA } 0,5\text{mgL}^{-1}$) qui a enregistré la plus grande taille (avec les explants de de Dio-Gare) de 3,0 cm à 4,07 cm. L'allongement moyen des explants est de 1,07cm. Cette valeur n'est pas comparable quel que soit la combinaison avec les régulateurs de croissance à celle de (51) qui ont pu améliorer la taille moyenne des pousses de *Vitellaria paradoxa* de 2,4 cm sur le milieu MS sans hormone de croissance et de 3,0 cm sur le milieu MS sans hormone de croissance dilué de moitié. Mais nos résultats sont meilleurs à celui de (52) ont eu un allongement maximal de la tigelle qui a permis de déterminer un accroissement de (3,1 à 3,5 cm) dans les milieux contenant (2 et 3) mg de kinétine dans le cas de l'étude de la propagation de la pomme



sauvage (*Irvingia gabonensis*) par micro-bouturage *in vitro*.

V. CONCLUSION

Au terme de cette étude préliminaire sur la régénération *in vitro* de karité, nous retenons des résultats suivants :

- une technique de désinfection et les produits efficaces pour la désinfection des explants de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) sont déterminés,
- les milieux favorables à l'initiation des boutures de karité à la culture *in vitro* sont déterminés,
- le débourrement des bourgeons des explants dans les meilleurs milieux sont connus,
- l'évolution de la croissance des bourgeons a pu être observée. Ces premiers résultats obtenus sont encourageant compte tenu des difficultés de régénération *in vitro* de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn). Ils ouvrent une voie dans les perspectives d'amélioration et de domestication de l'espèce.

REFERENCES

- [1] Ahanhanzo, C., Adoukonou-Sagbadja, H., Yehouessi, W., Ahoton, L., Cossi Ganglo, J., Agassounon Djikpo-Tchibozo, M., Agbangla, C, "Etude de l'influence du chlorure mercurique sur la survie *in vitro* d'explants et de l'aptitude à la régénération de teck (*Tectona grandis* L. f., Verbenaceae)", *Journal of Applied Sciences*, 2013, 65, pp.4935-4944.
- [2] Ahanhanzo, C., Dossoukpevi, R., Agassounon-Djikpo-Tchibozo, M., Agbangla, C., & Dramane, K, "Contribution à l'optimisation des conditions de culture *in vitro* de deux espèces d'*Ocimum* spp", (r. Cames, Éd.) *Lamiaceae*) et étude de l'influence des manipulations *in vitro* sur la teneur et la qualité de leur acide désoxyribonucléique (ADN), 2009, 9 (Série a).
- [3] Ahanhanzo, C., Gandonou, C., Agbidinokoun, A., Dansi, A., & Agbangla, C, "Effect of two cytokinins in combination with acetic acid & naphthalene on yams (*discorea* spp.) genotype's response to *in vitro* morphogenesis", *African Journal of Biotechnology*, 2010, 9(51), pp.8837-8843.
- [4] Aleza, K. "L'étude de la croissance de la dynamique, la structure démographique des populations et la gestion des parc agroforestiers de karité (*Vitellaria paradoxa*) dans le district de Atacora au Bénin", Thèse, University of Cape coast, Benin, 2016.
- [5] Belaizi, M., Rajbir, S., Sangwan, A. D., & Brigitte S. S, "Maîtrise des étapes de la micropropagation du Pommier (*Pyrus malus*) L.cv. Golden delicious", *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 2014, 136(3), pp.187-197.
- [6] Boffa, J. M, "Opportunities and challenges in the improvement of the shea (*Vitellaria paradoxa*) resource and its management", (W. A. Centre, Éd.) *Occasional paper*, 2015, 24(76).
- [7] Djekota, C., Mouga, M., Djimramadji, A., Djelasse, B., Mbayngone, E., Maïga, R. D., Noubady, D., 2014, 12(23), in Potentiel de Karité au Tchad (*Vitellaria Paradoxa* C.F Gaertn. subsp.paradoxa), *Journal of animal and plants sciences*, 23(3), pp.3646-3656.
- [8] EL Sheikha, A, "Détermination de l'origine géographique des fruits de karité et physalis par l'utilisation d'empreintes génétiques sur la communauté microbiennes par PCR/DGGE. Analyse des propriétés biologiques et d'extraits de fruits. Thèse de Doctorat, 2010, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier II.
- [9] Houédjissin, S., Dangou, S., Azokpota, P, Agbidinokoun, A., Hounhouigan, D, Ahanhanzo, C., & Cacaï G, A, "Régénération *in vitro* de l'arbre à suif (*Pentadesma butyracea* Sabine): une espèce ligneuse à usages multiples vulnérable au Bénin", *European Scientific Journal*, 2015 11(21), pp.150-167.
- [10] Jacques-Félix, H, "Contribution de Renée Caillée à l'ethnobotanique africaine au cours de ses voyages en Mauritanie et à Tombouctou (1819-1828)", *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 1963, 10(8), pp.287-334.
- [11] Larpent-Gourgau, M., & Sanglier, J.-J. "Biotechnologies: principes et méthodes", 1992, (Doin, Éd.)
- [12] Lovett, P., & Haq, N. Progress in developing *in vitro* systems for shea tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) propagation". *Forests, Trees and Livelihoods*, 2013, 22(1), pp.60-69.
- [13] Maïga, A. "Etude sur la mortalité du karité, phase de prolongation" *Rapport final de prolongation. Sotuba, Mali, Drfh-Inrzfh*, 1990 p.83.
- [14] Masters, E. "La ressource en karité : vue d'ensemble de la recherche et du développement en Afrique. atelier international sur le traitement, la valorisation et le commerce du karite en afrique", 2004, p.13.
- [15] Muir, W, "Plant tissue cultures from single isolated plant cell", *Science*, 1954, 119, pp. 877-778.



- [16] Murashige, T., & Skoog, F, "A revised medium for rapid growth and bio assays with Tobacco tissue culture", *Physiol. Plant*, 1962, 15(3), pp.473-497.
- [17] N'doumou, D. O., & Mbouna, D, "Propagation d'*Irvingia gabonensis* par microbouturage *in vitro*", E. Sciences, Éd. *Fruits*, 2004, 59(1), pp.31-38.
- [18] Nozron, R., & Bancelhon, L. Les culture in vitro en tant que technique pour l'approche de problèmes posés par l'amélioration des plantes. *Amélioration des plantes*, 1972, 22(2), pp.167-185.
- [19] Sallé, G., Boussim, J., Raynal-Roques, A., & Brunck, F, "Le Karité: une richesse potentielle: Perspectives de recherche pour améliorer sa production", *Bois et Forêts des Tropiques*, 1991, 228, pp.11-23.
- [20] Sanou, H., & Lamien, N, "*Bioversity International*", 2011, p.12.
- [21] Sara, L, "*Organogénèse et embryogénèse somatique direct chez la tomate*", Mémoire de master en amélioration des plantes, 2010, Université d'Oran, Oran.
- [22] UNCTAD. *United Nations Conférence on trade and Development of the UN. Secretariat based on the statistics of the United Nations Food and Agriculture. Market information in the field of commodities "Shea Tree Fruits"* 2006, N° 288.
- [23] Vidalie, H., Auge, R., Beauchesne, G., Boccon-Gibod, J., Decourtye, L., Digat, B., Jalouzot, R, "Les biotechnologies en horticulture : possibilités et perspectives". *La culture "in vitro" et ses applications horticoles. Techniques et Documentation Lavoisier*, 1989, pp.91-131.
- [24] Yakoub-Bougdal, S., Bonaly, J., Barque, J., Bennadji, A., & Gaouar, A, " *Organogénèse in-vitro des microboutures de l' olea europea l., prelevées a différentes stades physiologiques*, 2000
- [25] Ziani, S. *Multiplification de l'Arganier (Argania spinosa L. Skeels) par vitro semis, microbouturage, microgreffage, organogénèse et/ou embryogénèse somatique*, 2014. Magister en Sciences Agronomiques, Université Hassiba Ben Bouali Chef, Algérie.
- [26] Zomboudré, G, "*Caractérisation biophysique et incidence des parcs à Vitellaria paradoxa et faidherbia albida (DEL.) A chev. sur les facteurs pédoclimatiques et la productivité du maïs (Zéa mays L.) dans la zone ouest de Burkina Faso*, 2009", Thèse de Doctorat unique, Ouagadougou, (Burkina Faso).



Evaluation des états d'élevage de la race N'dama dans son berceau au Mali

Drissa Konaté^{1*}, Oumar Ouattara¹, Ramata Diop¹, Rokiatou Fane¹, Sognan Dao¹, Aboubacrine Toure¹ et Diakaridia Traore^{1,2}

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne (LabOREM-Biotech), Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

²Centre National d'Insémination Artificielle Animale, Bamako, Mali

* Corresponding author's email address: konatedrissa80@gmail.com

RESUME: La N'dama est une race transfrontalière comme la plupart des races bovine du Mali. Elle est rencontrée dans toute la région de Sikasso, la région de Kayes (le cercle de Kita, Keniéba et Bafoulabé) et la région de Koulikoro (cercles de Dioïla et Kangaba). La présente étude visait à évaluer les aspects phénotypiques et l'état d'élevage de la race N'dama dans son berceau. Des enquêtes de prospection et de mensuration ont été réalisées sur un effectif de 125 bovins, composé de 87 femelles et 38 mâles âgés de 3 ans à 5 ans et plus, entre septembre 2018 et Octobre 2019. Ainsi, le poids vif moyen observé chez les mâles a été hautement significatif à celui des femelles soit : 252.8 ± 10.42 kg et 218.8 ± 3.316 kg ($P < 0.0001$). De même le périmètre thoracique moyen observé a été 149.3 ± 2.548 cm et 141.5 ± 0.8480 cm respectivement pour les mâles et les femelles. Dans la région de Sikasso, le poids vif moyen des mâles et femelles n'ont pas présenté de différences significatives. Mais, il reste toujours supérieur à celui des femelles soient : 242.8 ± 17.72 kg et 222.5 ± 8.365 kg. Une corrélation relativement élevée a été observée entre le périmètre thoracique le poids des animaux. Plusieurs variantes de robes ont été observées, mais la robe dominante reste fauve foncé (ou tendant vers le rouge).

Mots clés : N'dama, morphologie, Kayes, Sikasso, Mali

I. INTRODUCTION

La N'Dama est une race transfrontalière comme plus des races bovines du Mali. Cet animal est rencontré dans toute la région de Sikasso et dans les cercles de Keniéba, Bafoulabé et de Kita (région de Kayes) et dans les cercles de Dioïla et Kangaba (région de Koulikoro). Comme dans beaucoup d'autres pays d'Afrique de l'ouest, le déficit en protéine d'origine animale notamment en lait et produits laitiers, constitue un problème permanent auquel est confronté le Mali (N'goran et al, 2015). L'une des principales causes de ce déficit est la faible production du cheptel bovin (Lhoste et al, 1983). A cela s'ajoute le déficit des ressources alimentaires sur tout dans le nord du pays où les éleveurs sont à la recherche permanente de satisfaction des besoins alimentaires des animaux (Touré et al, 2018). Ce phénomène voit le déplacement massif des peuls transhumants des zones sahéliennes vers les zones humide et subhumide.

Ainsi, les agro-éleveurs introduisent d'autres gènes à la recherche d'animaux plus lourds et plus développés tant pour répondre aux besoins de la culture attelée qu'en lait et viande (Coulily et Diallo, 2014 ; Konaté, 2014 ; Camus et al, 1981). Avec le changement climatique et la pression démographique (déforestation), ces transhumants s'adaptent de mieux en mieux aux conditions de vie des zones humide et subhumide du Mali. Cette situation a contribué fortement aux brassages des animaux autochtones avec ceux des zones sahéliennes, avec comme conséquence la diminution

de l'effectif de la race dans son berceau et la création d'une nouvelle race intermédiaire (le Méré).

Afin d'assurer la préservation et la conservation durable de la biodiversité de la race N'dama au Mali, des études sur les populations de cette race doivent être entreprises de façon périodique afin de réaliser l'état des lieux et de proposer au besoin des solutions idoines. C'est dans cette optique que la présente étude a été réalisée. Elle visait ainsi d'une part à évaluer les performances phénotypiques de la race et d'autre part de faire l'état des élevages dans les différentes localités d'étude au Mali.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Zone d'étude : La présente étude a été effectuée dans huit villages de quatre cercles des régions de Kayes et Sikasso. Il s'agit de : Kofoulabé, Bakita-balandougou, Hamon de Tomékole et de Faraba dans les cercles Kita et Keniéba région de Kayes ainsi qu'à Bounouko (Madina-Diassa), Sanfagala et Dégène dans les cercles de Yanfolila et de Bougouni, région de Sikasso. Ces localités ont été choisies suivant leur accessibilité et la disponibilité des éleveurs.

Les zones d'étude situent entre le 12^{ème} et le 17^{ème} degré de latitude Nord et 12°30' latitude nord et le 8°45' ouest. L'ensemble de ces localités se situent dans les zones bioclimatiques pré-guinéenne et soudanienne. La zone soudanienne présente une saison de pluies d'environ 5 mois avec une précipitation annuelle entre 600 et 1000 mm par an la zone pré-guinéenne se caractérise par une longue saison des pluies, qui dure 6 mois avec une pluviométrie annuelle dépassant 1000 mm par an



(Hamidou, 2019). La couverture végétale va de la savane arborée à la forêt galerie. Ces zones constituent de grandes superficies de pâturage pour le bétail.

2.2 Conduite des troupeaux dans les zones d'étude

Au total, un effectif de 125 têtes, composés de 87 femelles et 38 mâles a fait l'objet d'étude. Les animaux étaient âgés de 3 à 5 ans et plus, provenant de 10 fermes. Tous les troupeaux étaient soumis à un élevage de type extensif, conduits sur pâturage naturel pendant les douze mois de l'année. Les animaux étaient complétés au retour du pâturage pendant la saison sèche. Le suivi de la saillie n'était effectué dans aucune ferme, de même que le suivi de la santé sauf en cas de complication. Dans la région de Sikasso, la pratique de la castration a été observée sur les géniteurs N'dama au profit des zébus.

2.3 Collecte de données morphologiques

Les paramètres de morphologie ciblés dans l'étude étaient le poids moyen et le périmètre thoracique. Un ruban métrique d'une portée de 2.5 m a été utilisé pour mesurer le périmètre thoracique.

Pour la diversité de la robe, les nuances de robe ont été identifiées par appréciation visuelle.

A partir des données collectées avec le ruban métrique, la formule barymétrique suivante : $P = a \times Pth^3$ (Mémento de l'agronome, 2006) a été utilisée pour déterminer le poids à partir de la mesure du périmètre thoracique.

P = le poids vif ; a = constante qui varie (si Pth^3 inférieur à 1,4 m ; $a = 80$; si Pth^3 compris entre 1,4 m et 1,6 m, $a = 75$ et si Pth^3 supérieur à 1,6 m, $a = 70$) ; Pth = le périmètre thoracique.

Le périmètre thoracique a été retenu en raison de sa corrélation élevée avec le poids par rapport à la hauteur au garrot (Akouango et al, 2014 ; Touré et al, 2017).

Selon Poivey et al, (1980), Il sert de base dans les équations de prédiction et permet l'établissement des tables de conversion en poids directement applicable.

2.4 Analyses des données

Le poids vif moyen, le périmètre thoracique moyen, la corrélation entre le périmètre thoracique et le poids vif ont été calculés en utilisant le logiciel prisme version 5.

pas eu de différences significatives au niveau du poids vif moyen entre les mâles et femelles dans les troupeaux N'dama âgés de 3-4 ans, de même le périmètre thoracique n'a pas varié dans cette classe d'âge. Les valeurs respectives étaient : 173.4 ± 10.36 kg (mâle) et 157.9 ± 9.349 kg (femelle) pour le poids moyen ; 128.9 ± 2.783 cm (mâle) et $124.3.905$ cm (femelle) pour le périmètre thoracique.

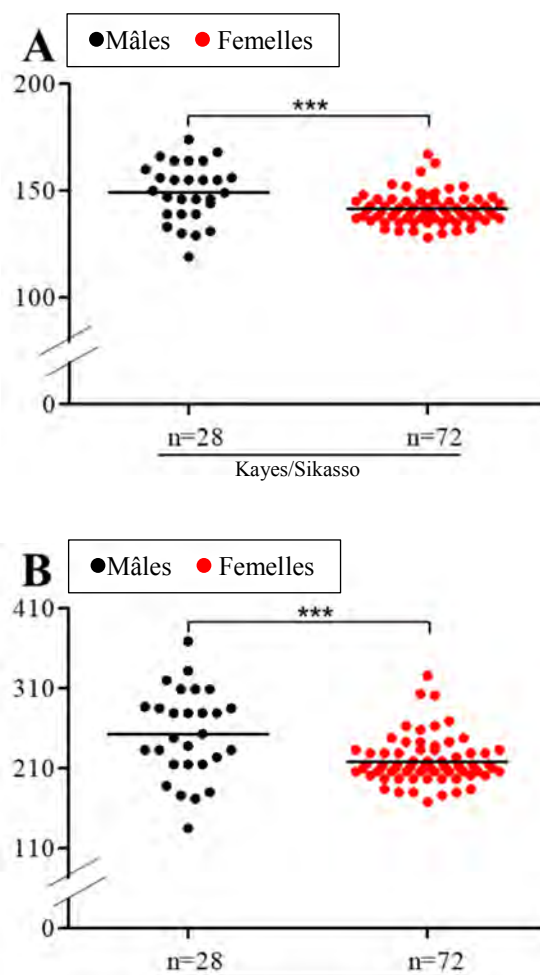


Figure 1 : Le périmètre thoracique moyen et poids vif moyen des N'dama âgés de cinq ou plus

III. RESULTATS

3.1 Les mesures linéaires

Le poids vif moyen observé dans l'ensemble des troupeaux âgés de cinq ou plus a été 252.8 ± 10.42 kg et 218.8 ± 3.316 kg respectivement pour les mâles et femelles. Les mâles ont présenté un poids moyen très hautement significatif avec $P < 0.0001$ (cf. figure 1 (B)). De même, ils avaient un périmètre thoracique supérieur à celui des femelles 149.3 ± 2.548 cm contre 141.5 ± 0.8480 cm (cf. figure 1 (A)). En effet, il n'y a



Dans la région de Kayes, les mâles ont présenté un poids vif moyen significativement supérieur à celui des femelles (cf. figure 2 (B)) soit 261.5 ± 12.09 kg et 217.6 ± 3.523 kg ($P < 0.0001$). Par contre, aucune différence significative n'a été observée entre le poids vif moyen des mâles et femelles dans la région de Sikasso (cf. figure 2 (B)) soit 242.8 ± 17.72 kg et 222.5 ± 8.365 kg. Les mâles ont présenté un périmètre thoracique moyen significativement supérieur à celui des femelles dans la région de Kayes (cf. figure 2 (A)) avec 151.7 ± 3.043 cm et 141.1 ± 0.9195 cm. Les mâles et femelles dans la région de Sikasso n'ont pas montré de différences significatives pour le périmètre thoracique moyen (146.4 ± 4.210 cm et 142.5 ± 2.047 cm) (cf. figure 2 (A)).

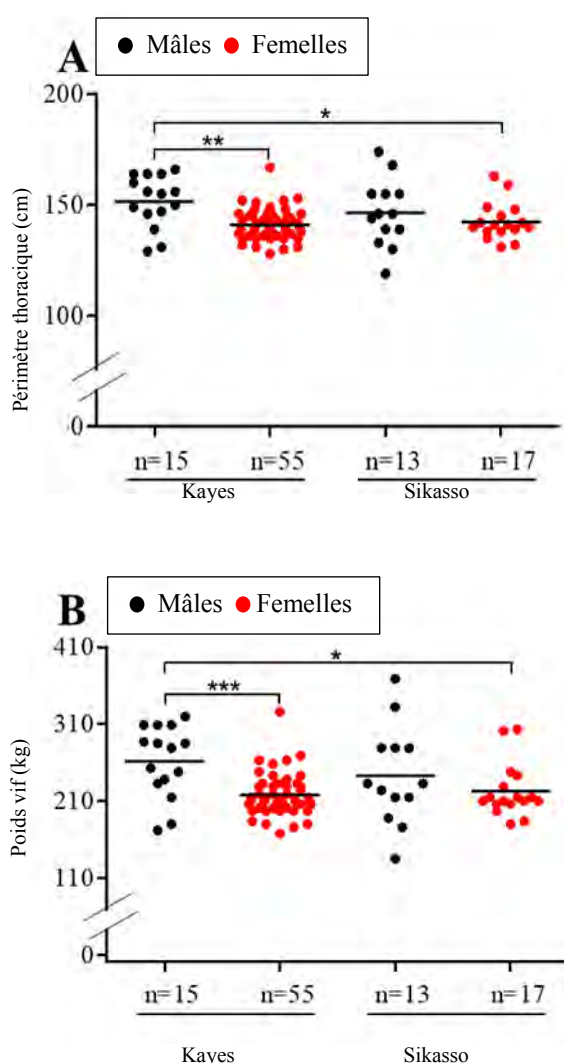


Figure 2 : Le périmètre thoracique moyen et poids vif moyen des N'dama âgés de cinq ou plus de la région Kayes et Sikasso

3.2 Corrélation entre le poids vif et le périmètre thoracique

Une corrélation élevée avec $r = 0.99$, a été observée entre le périmètre thoracique et le poids vif.

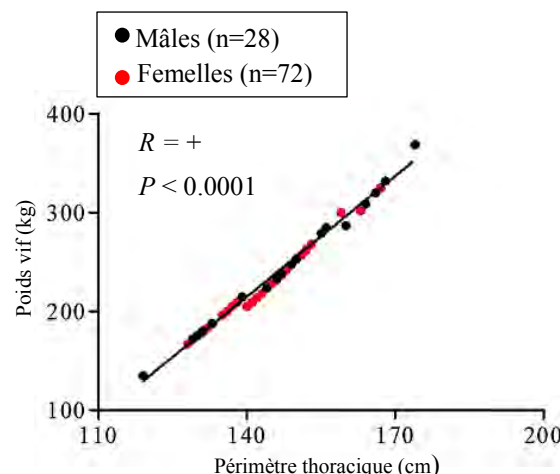


Figure 3 : La corrélation entre le périmètre thoracique et le poids vif des N'dama âgés de cinq ou plus

3.3 Diversité de la robe

Au sein des troupeaux, une diversité de robes a été observée. Elles étaient composées du fauve tacheté de blanc, fauve moucheté, fauve à l'encolure et aux extrémités noires et fauve foncé. Mais la robe dominante reste le fauve foncé (ou tendant vers le rouge) (cf. figure 4).

La robe fauve a été fréquemment observée aussi bien chez mâles que chez les femelles dans les deux régions. Elle était plus fréquente chez les mâles dans la région de Kayes que dans la région de Sikasso. Par contre à Sikasso, la robe froment et la robe composites (c'est-à-dire robe formée de plus de deux couleurs) ont été observées plus chez les femelles.



Figure 4 : Les différentes robes observées

IV. DISCUSSION

Les résultats ont montré que dans la catégorie d'animaux âgés de 5 ans et plus, les mâles avaient un poids vif moyen significativement supérieur à celui observé chez les femelles. Ce résultat concorde avec ceux obtenus par Hostel et Cloe, (1982) sur les N'dama élevé en Côte d'Ivoire. Des résultats



similaires chez la N'dama ont été observés par Coulomb (1976) et Akouango et al, (2014).

En fonction de la localité, les mâles de 5 ans et plus étaient plus lourds que les femelles de la même classe d'âge chez les troupeaux de la région de Kayes.

Par contre, le poids vif moyen entre les animaux de la région de Sikasso n'a présenté aucune différence significative. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces résultats ; (I) manifestation d'un faible dimorphisme sexuel chez les N'dama dans la région de Sikasso. Ainsi, il s'agirait d'un écotype de cette région ; (II) la sortie des mâles de plus de 5 ans d'âge et plus des troupeaux.

Il a été observé, lors de nos passages que des mâles âgés étaient castrés pour l'embouche ou pour la traction. Ils n'ont pas été pris en compte dans la collecte de données.

Par ailleurs, il a été également observé dans certains troupeaux l'utilisation de zébu pour les objectifs de croisement avec la N'dama dans le but d'améliorer le poids et le format.

Le poids vif des animaux a montré une forte corrélation avec le périmètre thoracique pour l'ensemble des animaux ; résultats observés également par plusieurs auteurs (Akouango et al, 2014 ; Beyer, 1987 ; Dineur et Thys, 1986).

V. CONCLUSION

Il a été observé dans l'ensemble de troupeau, un poids vif moyen des mâles significativement supérieur à celui des femelles dans l'ensemble. Par contre, dans les troupeaux de la région de Sikasso, les mâles de 3 à 4 d'âge n'étaient pas significativement plus lourds que les femelles.

En effet, la zone d'élevage de la race N'dama au Mali est de plus en plus menacé par des croisements en vue d'améliorer le poids et le format des animaux.

Cependant, malgré cette tentative, certains éleveurs restent attachés à la race N'dama, en ne procédant donc pas à son amélioration par croisement.

REMERCIEMENTS

Nous remercions :

- Les services techniques de l'élevage (SLPIA, UAPIA, service vétérinaire) ;
 - Les agents du Ranch de Madina-Diassa ;
 - Les agro-éleveurs ;
 - FCRIT (Font Compétitive de Recherche, Innovation et Technique) ;
- pour leur soutien à l'étude.

REFERENCES

- [1] Akouango, P., Mopoundza, P., & Ewomango, R. (2014). Étude des mensurations des bovins de race Ndama (*Bos taurus*) dans les pâturages naturels semi inondés de la ferme d'Abo au Congo Brazzaville. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 20(3), 3137-3143.
- [2] Beyer W.H., (1987). CRC standard mathematical tables. 28th. Ed. Boca. Ration. CRC Press: 121-133.
- [3] Camus, E., Landais, E., & Poivey, J. P. (1981). Structure génétique du cheptel bovin sédentaire du Nord de la Côte d'Ivoire. Perspectives d'avenir en fonction de la diffusion croissante du sang zébu.
- [4] Coulibaly, T & Diallo, L. (2014). Diagnostic de la situation de l'élevage N'Dama dans son berceau de race (cercles de Bougouni et de Yanfolila). p 46
- [5] Coulomb, J. (1976). La race N'Dama : quelques caractéristiques zootechniques. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 29(4), 367-380.
- [6] Dineur B., Thys E. (1986). Les kapsiki : race taurine de l'extrême nord du Cameroun. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 39 :435-442
- [7] Diawara, H. (2019). Analyse de l'évolution contemporaine de la température de l'air et des précipitations sur le territoire du Mali. *European Scientific Journal (ESJ)*, 15(2), 154-168.
- [8] Lhoste, P., & Cloe, L. (1982). Comparaison des aptitudes à la production de viande de 4 types génétiques bovins de Côte d'Ivoire. I. Résultats de croissance. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 35(4), 381-390.
- [9] LHoste, C., Cloe, L., Deslandes, P., & Poivey, J. P. (1983). Etude de la production laitière et de la croissance des veaux de vaches allaitantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. I. Estimations des productions laitières. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 36(2), 197-205.
- [10] Konate M. (2014). Etude des effets défavorables de la transhumance sur la gestion des ressources génétiques animales des ruminants Endémiques. Rapport final. p 45.
- [11] Memento De L'Agronome. 2006. CIRAD, nouvelle Édition, France
- [12] N'Goran, E. K., Sokouri, D. P., Gnaore, V. C. Y., & Fantodji, A. T. (2015). Croisement de la race n'dama avec les races abondance et montbéliarde en zone tropicale humide de Côte d'Ivoire: caractérisation phénotypique et analyse comparative des croisés pour leurs performances laitières en ferme. *Agronomie Africaine*, 27(1), 15-26.
- [13] Poivey J.P., Landais E., Seitz J.L., (1980). Use of body measurements to estimate liveweight in local taurine breeds of Ivory Coast. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 33 (3) : 311-317, doi: doi.org/10.19182/remvt.8217;
- [14] Touré, A., Antoine-Moussiaux, N., Kouriba, A., Leroy, P., & Moula, N. (2018). Caractérisation zootechnique et formule barymétrique de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 70(4), 115-120.



ANNEXE

Tableau a : Le périmètre thoracique moyen et poids vif moyen des N'dama âgés de cinq ou plus

Sexe	Effectif	PV (kg)	Pth (cm)
Mâle	28	252.82 ± 10.42	149.25 ± 13.48
Femelle	72	218.8 ± 3.316	141.47 ± 7.19

P < 0.0001

Tableau b : Le poids vif moyen et périmètre thoracique moyen des N'dama âgés de cinq ou plus de la région Kayes.

Sexe	Effectif	PV (kg)	Pth (cm)
Taurion	10	173.4 ± 10.36	128.9±2.783

Génisse	15	157.9 ± 9.349	124±3.905

P<0.0001

Tableau c : Le poids vif moyen et périmètre thoracique moyen des N'dama âgés de cinq ou plus de la région Sikasso

Sexe	Effectif	PV(kg)	Pth (cm)
Mâle	13	242.8±17.72	146.4±4.210
Femelle	17	222.5±8.365	142.5±2.047

Non significatif

Tableau d : Le poids vif moyen et périmètre thoracique moyen des N'dama âgés de 3-4 ans

Sexe	Effectif	PV(kg)	Pth (cm)
Mâle	15	261.5±12.09	151.7±3.043
Femelle	55	217.6±3.523	141.1±0.9195

Non significatif



Les espèces de mammifères rencontrées en zone d'orpaillage traditionnel à Sinty dans la région de Sikasso au Mali

Abdoulaye Sy¹, Youssouf Sanago², Adama Konate² et Fassé Samake³

¹Institut Polytechnique Rural-Institut de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou, Koulikoro, Mali

²Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

³Institut des Sciences Appliquées, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

Adresse correspondant Abdoulaye SY : syconsult02@gmail.com

RESUME: L'étude a été réalisée dans la zone d'orpaillage traditionnel de Sinty dans la commune rurale de Fourou le long de la rivière Bagoé dans la région de Sikasso. Des enquêtes auprès des populations de la zone d'orpaillage et un inventaire systématique sur le terrain ont été menés pour déterminer les espèces de mammifères présentes dans la zone. L'inventaire a été fait à l'aide de jumelles et à l'œil nu le long de transects perpendiculaire à la rivière dans la galerie forestière englobant la zone d'orpaillage. L'étude s'est déroulée de 2016 à 2018. Au total, 25 espèces ont été signalées présentes par les populations parmi lesquelles 15 espèces étaient rares, 9 espèces fréquentes et une espèce très fréquente. Les espèces fréquentes citées étaient *Canis aureus*, *Chlorocebus aethiops*, *Cricetomys gambianus*, *Erinaceus albiventris*, *Hystrix cristata*, *Lepus capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus* et *Thryonomys swinderianus*. *Heliosciurus gambianus* étaient l'espèce très fréquente. Huit (8) espèces ont disparues de la zone (*Crocota crocuta*, *Loxodonta africana*, *Ourebia ourebi*, *Panthera leo*, *Panthera pardus*, *Papio cynocephalus*, *Syncerus cafer* et *Taurotragus derbianus*). Par contre, 4 espèces ont été rencontrées lors des observations directes (*Erinaceus albiventris*, *Cobus ellipsiprymnus*, *Erythrocebus patas*, *Sciurus spp.*), 3 espèces par les crottes (*Erythrocebus patas*, *Cobus kob* et *Lycaon pictus*) et 10 espèces par les empreintes et les crottes (*Erinaceus albiventris*, *Erythrocebus patas*, *Felis silvestris*, *Hystrix cristata*, *Lepus capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus*, *Tragelaphus scriptus* et *Viverra civetta*). La faible richesse spécifique des mammifères semble être liée à l'activité d'orpaillage et aussi par le braconnage car l'orpaillage traditionnel détruit l'habitat de la faune et attire de nombreuses personnes sur le site. L'étude a montré que la faune mammalienne est en déclin dans cette partie de la commune rurale de Fourou. A cet égard, les décideurs devraient trouver et appliquer des stratégies et des mesures pour la sauvegarde de l'environnement et la restauration des habitats de la faune de mammifères en vue de la remontée biologique.

Mot clés : espèce de mammifères, orpaillage, rivière Bagoé, Sinty, Mali.

SUMMARY: The study was carried out in the traditional gold panning area of Sinty in the rural commune of Fourou along the Bagoé river in the Sikasso region. Surveys of populations in the gold mining area and a systematic field inventory were carried out to determine the species of mammals present in the area. The inventory was made using binoculars and the naked eye along transects perpendicular to the river in the forest gallery encompassing the gold panning area. The study took place from 2016 to 2018. In total, 25 species were reported present by populations, among which 15 species were rare, 9 common species and one very common species. Frequent species cited were *Canis aureus*, *Chlorocebus aethiops*, *Cricetomys gambianus*, *Erinaceus albiventris*, *Hystrix cristata*, *Lepus capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus* and *Thryonomys swinderianus*. *Heliosciurus gambianus* were the very common species. Eight (8) species have disappeared from the area (*Crocota crocuta*, *Loxodonta africana*, *Ourebia ourebi*, *Panthera leo*, *Panthera pardus*, *Papio cynocephalus*, *Syncerus cafer* and *Taurotragus derbianus*). However, 4 species were encountered during direct observations (*Erinaceus albiventris*, *Cobus ellipsiprymnus*, *Erythrocebus patas*, *Sciurus spp.*), 3 species by droppings (*Erythrocebus patas*, *Cobus kob* and *Lycaon pictus*) and 10 species by footprints and droppings (*Erinaceus albiventris*, *Erythrocebus patas*, *Felis silvestris*, *Hystrix cristata*, *capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus*, *Tragelaphus scriptus* and *Viverra civetta*). The low specific richness of mammals seems to be linked to gold panning activity and also by poaching because traditional gold panning destroys wildlife habitat and attracts many people on the site. The study showed that mammalian fauna is declining in this part of the rural commune of Fourou. should find and apply strategies and measures to safeguard the environment and restore habitats for mammalian fauna for biological recovery.

Key words: mammal species, gold panning, Bagoé river, Sinty, Mali.



I. INTRODUCTION

La zone d'orpaillage traditionnel de Sinty est située le long de la rivière Bagoé en zone agro-écologique de la Haute Bagoé [1] sur le territoire malien avec un climat nord guinéen. Cette partie de la Haute Bagoé constitue un écosystème de conservation de la biodiversité au Mali. C'est en raison de cette diversité biologique que deux forêts classées y ont été érigées : la forêt classée de Lougouani d'une superficie de 9 928 hectares et la forêt classée de Kambergu vaste de 14 184 hectares [2]. Cette diversité biologique est caractérisée par les ressources forestières, fauniques et halieutiques et les écosystèmes ayant comme réservoirs de survie de celles-ci. Ces ressources sont utilisées dans l'alimentation, la pharmacopée, l'artisanat et dans les unités industrielles.

Malgré cette diversité biologique, la zone subit une forte pression anthropique consécutive à l'agriculture extensive sur brûlis, à l'exploitation forestière, au pâturage et à l'orpaillage traditionnel. Une telle déforestation ne peut que générer de graves dysfonctionnements au sein des écosystèmes, tels que la réduction de la diversité spécifique et de la taille des populations, augmentant ainsi le risque d'extinction locale [3].

L'une des fortes pressions anthropiques sur les ressources fauniques est l'orpaillage traditionnel qui exploite au Mali 350 sites et emploie plus de 400 000 personnes en majorité des jeunes [4] La zone d'orpaillage traditionnel de Sinty est

répertoriée parmi ces sites. La forte déforestation et l'utilisation accrue des terres pour l'or dégradent l'environnement et les habitats des mammifères.

Des études récentes ont montré que la disparition de la forêt ivoirienne a causé la réduction drastique de la population de plusieurs espèces de Mammifères [3].

Le but de la présente étude est de fournir des données de référence sur les mammifères dans une zone sous pression de l'orpaillage traditionnel et d'attirer l'attention des décideurs sur l'impact de l'orpaillage sur le déclin de la faune mammalienne.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site de l'étude

Le site d'orpaillage de Sinty est près du village de Sinty. Le climat est de type nord guinéen et se caractérise par une saison sèche de novembre à avril et une saison des pluies allant de mai à octobre. La pluviométrie annuelle totalise 1500 mm. Le relief est accidenté et caractérisé par des collines et des bas-fonds dans le bassin de la rivière Bagoé. Le site a été créé en 2010 et abritait en 2017 (notre étude) 750 habitants de 8 nationalités (Mali, Guinée, Burkina, Côte d'Ivoire, Niger, Nigéria, Sénégal, Ghana), pendant la période de pleine activité, alors que le village même comptait 641 habitants [5]. L'orpaillage est l'activité principale dans la zone, suivie de l'agriculture et de l'exploitation forestière (Figure 1)

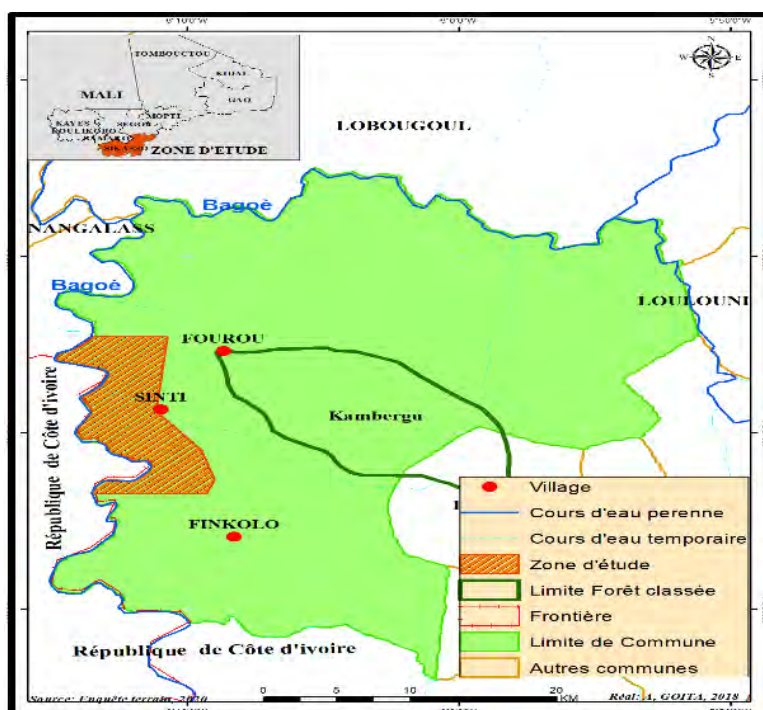


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.2. Méthodes

L'équipe a procédé à une enquête qualitative auprès des personnes du village et sur le site d'orpaillage de

Sinty ayant une grande connaissance de la faune sauvage. Ensuite, elle a effectué un inventaire axé sur les observations directes et indirectes des



mammifères. L'enquête a été réalisée en 2016 et les travaux d'inventaire de 2016 à 2018.

L'enquête a porté sur 80 personnes dont 45 chasseurs et 35 orpailleurs disponibles pour participer à l'enquête. Les enquêtes se sont déroulées sur le site d'orpaillage à 2 km du village de Sinty selon la méthode d'enquête de type focus groupe ou individuel. Les informations obtenues ont permis de classer les espèces en espèces disparues, rares, fréquentes et très fréquentes.

Les observations directes ont été effectuées à l'aube et au crépuscule pendant la saison des pluies et en saison sèche dans un rayon de 5 km le long de la rivière Bagoé. L'unité spatiale d'inventaire était un quadra de forme rectangulaire de 2 km de large x 2,5 km de long soit 5 km². Les mammifères rencontrés ont été identifiés et comptés. Parallèlement aux observations directes, les indices de présences des mammifères (crottes, traces, os et d'autres parties de l'animal) étaient retenus pour identifier les espèces.

III. RESULTATS

Tableau 1 : Composition des espèces de mammifères selon les enquêtes

N°	Espèces	Nom Français	Nom en bamanan	Statut des espèces			
				D	R	F	TF
1	<i>Alcelaphus buselaphus</i>	Bubale	Tankon	-	+	-	-
2	<i>Canis aureus</i>	Chacal doré	Ngala	-	-	+	-
3	<i>Cephalophus rufilatus</i>	Céphalophe à flancs roux	Kokunani	-	+	-	-
4	<i>Chlorocebus aethiops</i>	Singe vert	Goban	-	-	+	-
5	<i>Cricetomys gambianus</i>	Rat de Gambie	Toto	-	-	+	-
6	<i>Crocuta crocuta</i>	Hyène tachetée	Souroukou	+	-	-	-
7	<i>Erinaceus albiventris</i>	Hérisson	Djoukouni	-	-	+	-
8	<i>Genette genetta</i>	Genette tigrine	Seribanikandjan	-	+	-	-
9	<i>Heliosciurus gambianus</i>	Ecureuil gambien	Ntoloni	-	-	-	+
10	<i>Hippopotamus amphibus</i>	Hippopotame	Mali	-	+	-	-
11	<i>Hippotragus equinus</i>	Hippotrague	Daguè	-	+	-	-
12	<i>Hystrix cristata</i>	Porc-épic	Bala	-	-	+	-
13	<i>Lepus capensis</i>	Lièvre	Sonsan	-	-	+	-
14	<i>Loxodonta africana</i>	Eléphant	Sama	+	-	-	-
15	<i>Lycaon puctus</i>	Lycaon	Gnogossiwlulu	-	+	-	-
16	<i>Erythrocebus patas</i>	Singe vert	Warablen	-	+	-	-
17	<i>Melivora capensis</i>	Ratel	Damè	-	+	-	-
18	<i>Mungos mungo</i>	Mangouste rayée	Winzin	-	+	-	-
19	<i>Orycteropus afer</i>	Oryctérope	Timba	-	+	-	-
20	<i>Ourebia ourebi</i>	Ourébi	NKoloni	+	-	-	-
21	<i>Panthera leo</i>	Lion	Waraba	+	-	-	-
22	<i>Panthera pardus</i>	Panthère	Waranikala	+	-	-	-
23	<i>Papio cynocephalus</i>	Babouin	Gon	+	-	-	-
24	<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	Phacochère	Lè, Djè	-	-	+	-
25	<i>Procavia capensis</i>	Daman des rochers	Kouloubalen	-	+	-	-
26	<i>Rattus rattus</i>	Rat	Gninéfima	-	-	+	-
27	<i>Sylvicapra grimmia</i>	Céphalophe de Grimm	Mangalani	-	+	-	-
28	<i>Syncerus cafer</i>	Buffle	Sigui	+	-	-	-
29	<i>Taurotragus derbianus</i>	Eland de Derby	Minandjan	+	-	-	-
30	<i>Thryonomys swinderianus</i>	Aulacode	Kogninè	-	-	+	-
31	<i>Tragelaphus scriptus</i>	Guib harnaché	Minan	-	+	-	-
32	<i>Viverra civetta</i>	Civet	Bakoron gourou	-	+	-	-
33	<i>Xerus erythropus</i>	Ecureuil fouisseur	Duguma Ngéleni	-	+	-	-
Total				8	15	9	1

3.1. Composition des espèces de mammifères lors de l'enquête auprès des populations

L'enquête qualitative menée auprès des populations a montré que 15 espèces ont été signalées rares soit 46% (*Alcelaphus buselaphus*, *Cephalophus rufilatus*, *Genette genetta*, *Hippopotamus amphibus*, *Hippotragus equinus*, *Lycaon puctus*, *Erythrocebus patas*, *Melivora capensis*, *Mungos mungo*, *Orycteropus afer*, *Procavia capensis*, *Sylvicapra grimmia*, *Tragelaphus scriptus*, *Viverra civetta*, *Xerus erythropus*), 9 espèces fréquentes soit 27% (*Canis aureus*, *Chlorocebus aethiops*, *Cricetomys gambianus*, *Erinaceus albiventris*, *Hystrix cristata*, *Lepus capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus*, *Thryonomys swinderianus*); 8 espèces ont disparu soit 24% (*Crocuta crocuta*, *Loxodonta africana*, *Ourebia ourebi*, *Panthera leo* ou *Leo leo*, *Panthera pardus*, *Papio cynocephalus*, *Syncerus cafer*, *Taurotragus derbianus*) et une seule très fréquente soit 3% (*Heliosciurus gambianus*) (tableau 1 et figure 2).



D = disparu, R = rare, F = fréquent, TF = très fréquent.

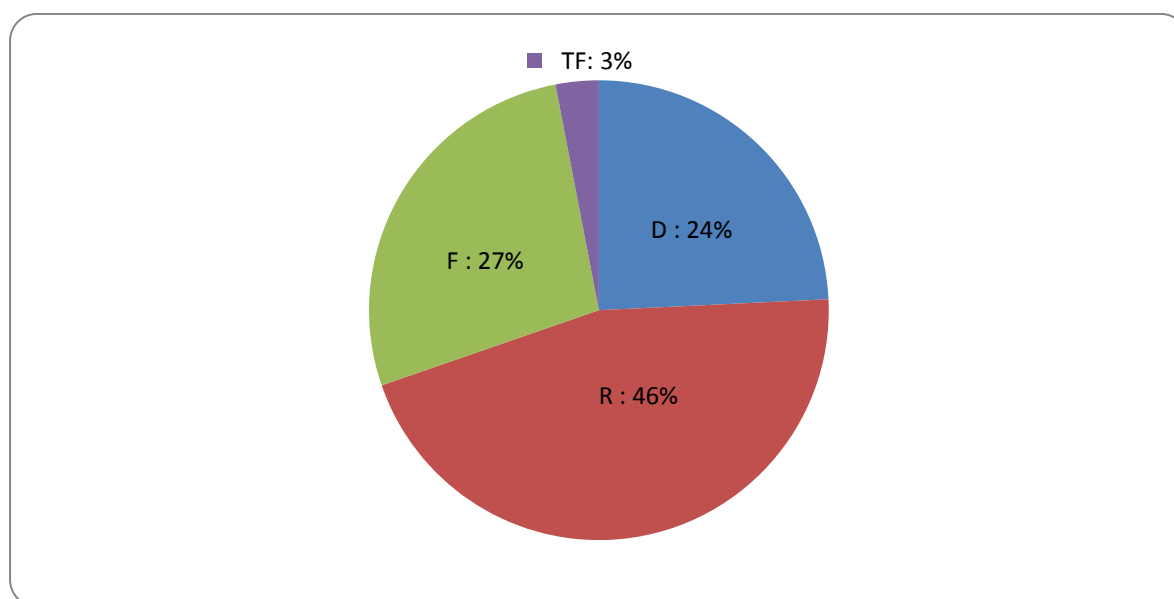


Figure 2 : Diagramme de répartition des pourcentages des espèces de mammifères signalées lors des enquêtes (D = disparu, R = rare, F = fréquent, TF = très fréquent)

3.2. Composition de la faune mammalienne lors des observations sur le terrain

Treize (13) espèces ont été identifiées lors des observations sur le terrain dont 4 espèces en observation directe. Il s'agit de *Erinaceus albiventris*, *Kobus ellipsiprymnus*, *Erythrocebus patas*, *Sciurus spp.* (Tableau 2). Trois (3) espèces

ont été identifiées à partir de leurs crottes (*Erythrocebus patas*, *Kobus kob* et *Lycaon pictus*) et dix (10) espèces à partir de leurs empreintes (*Erinaceus albiventris*, *Erythrocebus patas*, *Felis silvestris*, *Hystrix cristata*, *Lepus capensis*, *Phacochoerus aethiopicus*, *Rattus rattus*, *Tragelaphus scriptus* et *Viverra civetta*).

Tableau 2 : Espèces rencontrées par observation directe et indirectes dans la zone d'étude

Espèces	Observation directe par jumelle et œil	Observation indirecte	
		Crottes	Empreintes
<i>Kobus ellipsiprymnus</i>	+	-	-
<i>Erinaceus albiventris</i>	+	-	+
<i>Erythrocebus patas</i>	+	+	+
<i>Felis silvestris</i>	-	-	+
<i>Hystrix cristata</i>	-	-	+
<i>Kobus kob</i>	-	+	-
<i>Lepus capensis</i>	-	-	+
<i>Lycaon pictus</i>	-	+	+
<i>Phacochoerus aethiopicus</i>	-	-	+
<i>Rattus rattus</i>	-	-	+
<i>Sciurus spp</i>	+	-	-
<i>Tragelaphus scriptus</i>	-	-	+
<i>Viverra civetta</i>	-	-	+
13	4	3	10

+ présence, - absence

Au cours de l'étude, *Lycaon pictus* a été signalée par ses crottes et empreintes. Par contre, *Erythrocebus patas*, *Lycaon pictus* a été identifié en observation

directe et par ses crottes et empreintes et *Erinaceus albiventris* en observation directe et par ses empreintes (Tableau 2).





Figure 3 : photo d'un hérisson (*Erinaceus albiventris*) observé aux abords du village de Synti



Figure 4 : Photo de crottes de *Kobus kob* rencontrées dans la zone d'orpaillage de Synti



Figure 5 : Photo de crottes de *Lycaon pictus* rencontrées dans la zone d'orpaillage de Synti





Figure 6 : Photo d'empreintes de *Kobus kob* rencontrées dans la zone d'orpaillage de Sinty

Lors des enquêtes, la principale menace signalée sur la faune était principalement l'orpaillage, viennent ensuite la sécheresse et les inondations liées aux changements climatiques, les activités

agropastorales (agriculture, élevage, pêche, exploitation forestière), les feux de brousse (destruction du couvert végétal, fuite des animaux), le braconnage (recherche active de gibier).



Figure 7 : Photo d'une d'orpaillage dans le cours principal de la rivière Bagoé



Figure 8 : Photo d'orpailleurs évoluant dans la zone d'étude





Figure 9 : Photo d'un site de lavage de la terre pour en extraire de l'or

IV. DISCUSSION

Les résultats de l'enquête auprès des populations ont montré que la zone regorgeait d'une diversité spécifique mammalienne sauvage importante avec 33 espèces. Ce nombre a actuellement baissé au regard des résultats de l'inventaire réalisé par les observations directes et les indices de présence (13 espèces). Cette baisse du nombre d'espèces pourrait être expliquée par les activités d'orpaillage traditionnel accru dans cette zone. Les mammifères sauvages auraient subi une réduction de 39,4% (13/33) et le grand gibier se fait rare ou a complètement disparu de zone. Seulement, 4 espèces ont été rencontrées soit 12,1% (4/33). Cette tendance à la réduction de la diversité biologique de la faune mammalienne dans les zones forestières a été signalée au Mali car dans les années 80, 136 espèces de mammifères dont 70 espèces de grands mammifères étaient rencontrées [2]. Déjà en 2008, les espèces rares et menacées ou en danger identifiées par les gestionnaires des aires protégées étaient le Chimpanzé (*Pan troglodytes*), le Lion (*Panthera leo*), l'Eland de derby (*Taurotragus derbianus*), la Panthère (*Panthera pardus*), le Buffle (*Syncaerus caffer*), l'Hippotrague (*Hippotragus equinus*), l'Ourebi (*Oureba ourebi*), l'Hippopotame (*Hippopotamus amphibius*), le Lamantin (*Trichechus senegalensis*), l'Eléphant (*Loxodonta africana*), la gazelle à front roux (*Eudorcas rufifrons*), la gazelle dorcas (*Gazella dorcas*), l'Hyène tacheté (*Crocuta crocuta*); le Bubale (*Alcelaphus buselaphus*), le Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), le Cob Defassa (*Kobus ellipsiprymnus*), le Cob des roseaux (*Redunca arundinum*).

Certains de ces grands mammifères sont encore signalés par les populations mais nous n'avons rencontré que *Kobus ellipsiprymnus* et observé les indices de *Kobus kob*, *Phacochoerus aethiopicus* et *Tragelaphus scriptus*.

La zone de Sinty semble être perturbée pour la quiétude de la faune mammalienne par les activités d'orpaillage. Dans de tel milieu, les contacts faune-homme créent des conflits défavorables à la faune

[6] (braconnage, déforestation, utilisation des terres). La quiétude et le développement harmonieux de la faune terrestre mammalienne dépendraient alors des mesures de conservation allant dans le sens d'une meilleure préservation des habitats. Pour la restauration de la faune mammalienne, il faudra orienter les décideurs vers la mise au point d'outils de gestion durable de ce qui reste de la faune dans cette zone comprenant des forêts classées adjacentes.

V. CONCLUSION

Cette étude a cherché à répertorier la faune mammalienne présente dans la zone d'orpaillage traditionnel de Sinty. Les enquêtes ont relevé qu'il existait 33 espèces de mammifères dans la zone parmi lesquelles la présente de 13 espèces est confirmée par les observations directes et indirectes. Le nombre d'espèce de mammifères est en déclin dans la zone. Les espèces rencontrées sont des reliques susceptibles de disparaître de la zone si des mesures de restauration de l'environnement et des restrictions de l'exploitation traditionnelle d'or ne sont pas prises. L'étude doit s'étendre sur d'autres sites d'orpaillage afin de mieux évaluer les menaces de l'orpaillage sur des zones d'intérêt écologique mais ne jouissant pas de mesures strictes de protection.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de l'article remercient les populations du village de Sinty et les orpailleurs traditionnels pour leur franche collaboration lors des enquêtes et les inventaires, le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) pour le financement partiel des travaux de terrain.

REFERENCES

- [1] PIRT, Zonage agro-écologique du Mali. INRZFH/DRFH/PIRT, Tome 1, Sotuba, Mali, 1986, p. 151.
- [2] DNEF, *Stratégie Nationale et Plan d'Actions pour la diversité biologique au Mali*.



- Document de politique, Bamako, Mali, 2014, p. 155.
- [3] K. H. Bohoussou, K. B. Akpatou, Y. W. R. Kouassi et K. B. Kpangui, Diversité des Mammifères et valeur pour la conservation des reliques forestières au sein d'une concession agro-industrielle au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol.18 n°1, 2018, pp. 1-24.
- [4] Ecofin hebdo, L'orpaillage en Afrique de l'Ouest : des milliards de dollars incontrôlables. Agence Ecofin.com, n°129-chaque vendredi. Consulté le 10 juin 2020.
- [5] Anonyme, Récemment général de la population et de l'habitat au Mali, Bamako, 2009.
- [6] P. K. Kazaba, M. M. Bahongoli, B. M. Kilemba, A. Y. Ankwanda et D. M. K. Tshikung, Faune mammalienne, chasse et conflits humains faune en périphérie du parc national de Kundelungu (R.D. Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 139, 2019, pp. 14147-14156.



Effets de la fertilisation phosphatée sur la croissance et le rendement du haricot vert en zone soudano-sahélienne du Mali

Sidiki Gabriel Dembélé, Aliou Badara Kouyaté*, Alou Coulibaly, Mahamoudou Famanata et Kadai Ari
Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée

*Adresse de l'auteur correspondant : aloubadarakouyate@yahoo.fr

RESUME: Le haricot vert est l'un des légumes forts appréciés et de plus en plus cultivé au Mali. Sa culture permet d'améliorer la sécurité alimentaire et les conditions de vie des populations à cause de sa qualité nutritionnelle, de son cycle de production qui est très court et de la valeur ajoutée par unité de surface très élevée. Cependant sa production est limitée par la faible fertilité des sols et surtout la déficience en phosphore assimilable. La carence en phosphore assimilable est l'une des contraintes majeures à la production agricole au Mali. L'objectif de cette étude était d'identifier le type et la dose de phosphore adéquate pour la production du haricot vert. L'étude a consisté à la comparaison de deux (2) types d'engrais phosphatés et le témoin : DAP, PNT et un témoin (sans engrais) chacun à quatre niveaux de variation 0 kg ha⁻¹ ; 50 kg ha⁻¹ ; 100 kg ha⁻¹ et 150 kg ha⁻¹ de phosphore arrangé dans un dispositif factoriel organisé en bloc randomisé complet avec trois répétitions. L'apport du DAP a permis un accroissement significatif des paramètres de croissance comparé au PNT et au témoin. Aussi l'apport du phosphore indépendamment de la source a induit une amélioration significative des paramètres de croissance et du rendement gousse comparé au témoin sans engrais. Les doses d'apport de phosphore, dont l'étude a été couplée avec les données du rendement du haricot vert révèlent que les valeurs de cette variable établissent des ajustements linéaire et quadratique avec la productivité du haricot vert. L'optimum des doses d'apport du phosphore se situe à 115 kg ha⁻¹ pour un rendement maximum de haricot vert estimé à 4,75 tha⁻¹. Le phosphore naturel de Tilemsi s'est montré moins efficace comparé au DAP. De façon générale on note une diminution de l'efficacité agronomique du phosphore avec l'apport croissant de la dose de phosphore aussi bien avec le DAP que le PNT. Ces résultats démontrent qu'il est préférable pour les plants à cycle court d'utiliser les engrais phosphatés solubles.

Mots clés : Phosphate naturel, DAP, haricot vert, Productivité, Mali

I. INTRODUCTION

L'agriculture en Afrique et particulièrement dans les pays en voie de développement est confrontée à de nombreux défis dont le climat caractérisé par une irrégularité tant quantitative que qualitative des pluies, la pauvreté des sols en éléments nutritifs ce qui se traduit par une baisse de fertilité. Ce faible niveau de fertilité des sols est dû en partie à l'érosion du sol, mais aussi le faible niveau d'utilisation des engrais causant la détérioration et la perte d'éléments nutritifs des sols. Cette dernière s'exprime à son tour par une diminution brusque ou graduelle de rendement selon le type de sol (Maki et Antoine, 2016). Parmi les nutriments indispensables à la croissance des plantes le phosphore (P) est considéré comme le facteur limitant dans de nombreux sols, en particulier dans les régions tropicales dominées par des sols âgés et altérés.

La principale pratique agricole employée pour maintenir la production est l'apport de fertilisants phosphatés issus majoritairement de roches phosphatées. En matière de besoins de haricot vert en éléments minéraux, le phosphore est un macroélément essentiel qui joue un rôle capital dans le transfert d'énergie, le règlement métabolique et l'activation de protéine (Alhachemi, 2014). Face à la

problématique posée sur la pauvreté des sols et de la faible productivité du haricot vert, l'utilisation d'engrais phosphatés apparaît comme une nécessité absolue permettant d'améliorer le rendement et la productivité des sols. L'utilisation du phosphate naturel a été suggérée comme une alternative pour pallier à la déficience du phosphore des sols tropicaux. Les Phosphates Naturels (PNs) étant des minéraux relativement insolubles, leur surface spécifique est un paramètre important qui influe sur leur taux de dissolution. Quand une faible dose de phosphate naturel est apportée au sol les particules sont distantes les unes des autres et disposent ainsi d'une grande surface de contact avec le sol. La solubilité ou la dissolution du PN se trouve largement améliorée (Bolland, 2007). L'efficacité des PNs varie largement avec la dose d'application et la durée de l'expérimentation. L'accroissement du taux d'application du PN décroît sa dissolution et son efficacité agronomique (Mowo, 2000). Bien que l'utilisation des phosphates naturels ait fait l'objet de plusieurs recherches principalement dans la production céréalière, il existe peu d'information sur son utilisation dans la production du haricot vert et son impact comparé aux engrais phosphatés solubles. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets des engrais phosphatés sur le haricot vert sous



irrigation, et déterminer l'efficacité du phosphate naturel comparé au DAP sur la croissance et le rendement du haricot vert dans la zone soudanienne du Mali.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site de l'étude :

L'étude a été menée à Katiboougou localisé entre le 12° 55' Nord et 6°46' Ouest dans la zone Sahélienne du Mali. La moyenne annuelle des pluies varie entre 800 et 1000 mm. La longueur de la saison des cultures est de 90 - 100 jours. Les sols sont à dominance sablo-limoneuse.

2.2 Dispositif expérimental et collecte des données :

L'essai a été conduit sur un dispositif factoriel organisé en bloc randomisé complet. Les facteurs étudiés sont : le type d'engrais phosphaté à 3 niveaux qui sont : (i) PNT, (ii) DAP (iii) et un témoin sans engrais. Le deuxième facteur est la dose d'apport des engrais phosphatés à 4 niveaux de variation : (i) 0 kg ha⁻¹ (témoin) ; (ii) 50 kg ha⁻¹ (dose recommandée), (iii) 100kg ha⁻¹ et (iv) 150 kg ha⁻¹. Il est à noter que les fertilisants ont été épandus et incorporés avant le semis. Les dimensions des parcelles élémentaires étaient 5 m x 3 m. La variété Alyze avec un cycle semis maturité variant de 50 à 60 jours a été le matériel végétal utilisé. Le nombre de lignes par unité expérimentale était 6 avec 16 poquets par lignes soit 96 poquets par unité expérimentale. Les paramètres suivants ont été évalués.

➤ Le rendement gousse :

Le rendement (Rdt) gousse par unité expérimentale a été extrapolé en t ha⁻¹ en utilisant la formule suivante :

$$\text{Rdt gousse (t ha}^{-1}\text{)} = \text{kg Rdt gousse m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^2$$

➤ Mesure biométrique et comptage :

A maturité les comptages et les mesures biométriques ont concerné le diamètre au collet, la hauteur des plants, le nombre de feuilles.

➤ Efficacité agronomique relative :

L'efficacité agronomique relative (EAR) a été déterminée après séchage, les gousses ont été pesées. Le rendement gousse a été évalué. L'efficacité agronomique relative (EAR) a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{EAR} = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1} \times 100 \quad (1)$$

Y1 étant les rendements (kg) produits dans la parcelle traitée, Y0 les rendements (kg) produits dans la parcelle témoin et Y1-Y0 les rendements supplémentaires dû à l'efficacité agronomique relative (EAR) de l'engrais.

III. RESULTATS

L'influence de l'apport des engrais phosphatés à différentes doses sur les paramètres agro morphologiques sont consignés dans le tableau I

3.1 Effet des facteurs étudiés sur le diamètre au collet

Le type de phosphore a significativement influencé ($P < 0,005$) le diamètre au collet l'apport du DAP a permis un accroissement significatif du diamètre comparé au PNT et au témoin entre lesquels on observe aucune différence significative. L'apport des différentes doses d'engrais phosphaté a permis une augmentation significative du diamètre au collet du haricot à la récolte comparé au témoin (0 kg ha⁻¹). Cependant aucune différence significative n'a été observée entre les doses d'apport. Le taux d'accroissement moyen a été de 7,14 % par rapport au témoin.

3.2 Effet des facteurs étudiés sur la hauteur des plants

La hauteur des plants comme observé avec le diamètre au collet a été significativement influencé par le type de phosphore. L'apport du DAP a induit un accroissement significatif de la taille du haricot comparé au PNT et au témoin entre lesquels on observe aucune différence significative. En ce qui concerne la dose d'apport du phosphore son impact sur la hauteur des plants a été similaire à celui du diamètre au collet avec un taux d'accroissement moyen de 12,53 %.

3.3 Effet des facteurs étudiés sur le nombre de feuilles

Le nombre de feuilles du haricot à la récolte a été significativement influencé par le type de phosphore. Comme observé précédemment l'apport du DAP a permis une augmentation significative du nombre de feuilles du haricot comparé au PNT et au témoin. Mais il faut noter qu'aucune différence significative n'a été observée entre le PNT et le témoin. Les différentes doses d'apport n'ont pas eu une influence significative sur le nombre de feuilles du haricot à la récolte.



Tableau 1 : Impacts de la dose et du type de phosphore sur les paramètres de croissance du haricot vert

Traitements	DC (cm)	HP (cm)	NF
Type de Phosphore (TP)			
Témoin	0.43b	36.73b	10.18b
PNT	0.43b	36.99b	10.04b
DAP	0.46a	40.40a	11.87a
Fpr	0.005	0.02	0.01
Dose de P (kg/ha)			
0	0.42b	34.77b	9.52
50	0.45a	38.75a	11.11
100	0.46a	39.71a	11.23
150	0.45a	38.93a	10.92
Fpr	0.01	0.02	0.08
Interaction TXD	0.07	0.11	0.18
CV(%)	5.3	9.0	14.10

DC : Diamètre au collet ; HP : Hauteur des plants ; NF : Nombre de feuilles

3.4 Effet des facteurs étudiés sur le rendement du haricot vert

L'apport des engrais phosphatés a eu une influence significative sur le rendement gousse du haricot vert (figures 1 et 2)

Le rendement du haricot vert n'a pas été influencé par le type de phosphore ($P > 0.05$). Cependant l'apport du phosphore à différentes doses a influencé de façon significative le rendement gousse du

haricot. Ainsi le témoin a enregistré le plus faible rendement comparé aux autres traitements. Toutefois il faut noter qu'aucune différence significative n'a été observée entre les différentes doses.

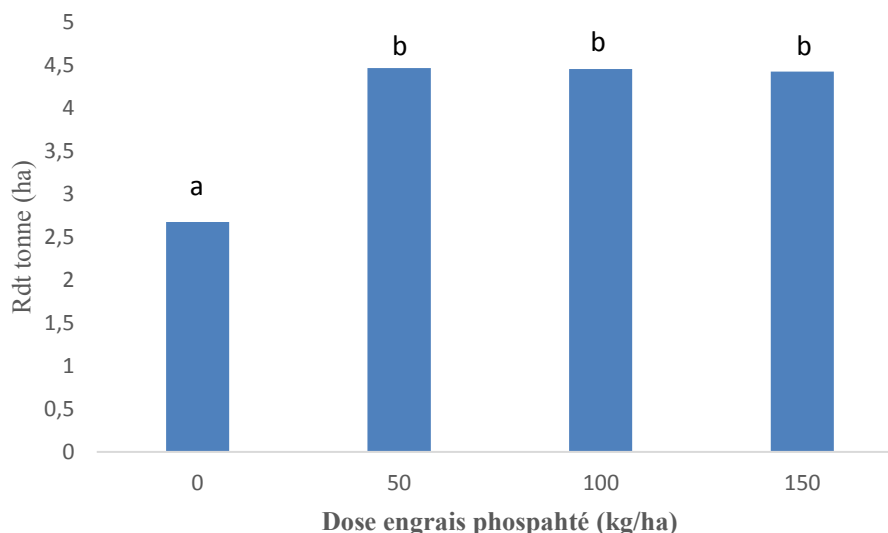


Figure 1 : Impact des doses d'engrais phosphaté sur le rendement gousse du haricot vert

Le rendement du haricot vert dont l'étude a été couplée aux doses d'engrais phosphatés révèle que les valeurs de cette variable établissent des ajustements linéaire et quadratique significatifs avec la productivité du haricot vert. Le coefficient de

détermination affiché $R^2 = 0,93$ est élevé ce qui indique dans 93 % le rendement gousse du haricot est déterminée par l'apport des doses des engrais phosphatés (figure 2).



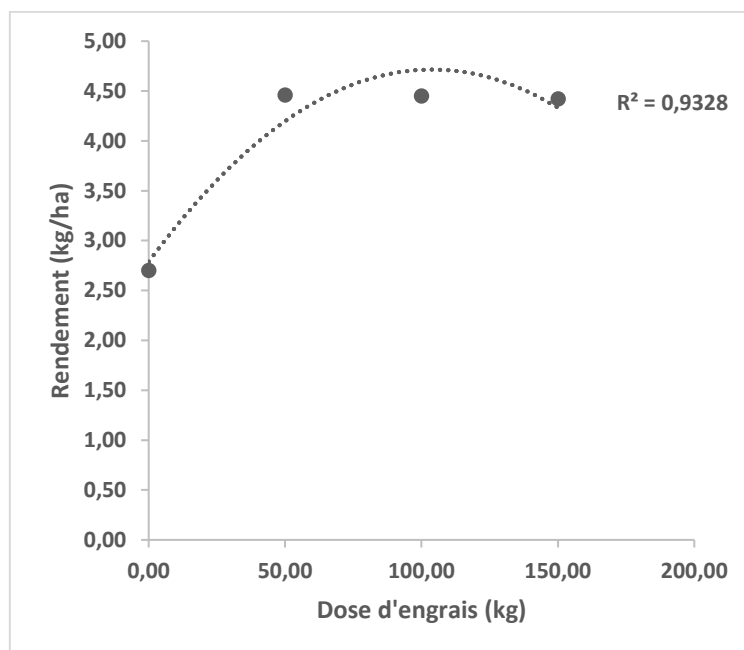


Figure 2 : Modèle d'évolution du rendement du haricot vert en fonction des doses d'apport des engrais phosphatés

3.5 Calcul de l'efficacité agronomique relative (EAR)

Le DAP a enregistré la valeur de l'efficacité agronomique relative la plus élevée que le phosphate naturel de tilemsi.

Tableau 2 : Efficacité agronomique relative comparé du DAP et avec le PNT

Traitements	Rendements (kg/ha)	EAR (%)
DAP	4.47	20.48
PNT	3.84	3.50
Témoin	3.71	-

IV DISCUSSION

4.1 Effet des facteurs étudiés sur les paramètres de croissance du haricot vert

Les paramètres de croissance ont été significativement influencés par l'apport des différents types de phosphore. On constate que parmi les engrais phosphatés le DAP a permis un accroissement significatif des différents paramètres comparé au PNT et au témoin. Cela peut s'expliquer par le fait que la libération du phosphate est plus rapide et son absorption par les plantes avec le DAP que le PNT (Kouyaté et al, 2017). La libération précoce d'une grande quantité de P (hydrosoluble) stimule le développement précoce des racines et la capacité de la plante à absorber l'eau et les autres nutriments (Schachtman *et al* 1998).

Les doses d'apport ont aussi permis un accroissement significatif des paramètres de croissance excepté pour le nombre de feuilles. L'augmentation de la dose des engrais phosphatés s'est traduite par une amélioration significative des

différents paramètres observés. L'apport du phosphore sur un sol peu fertile entraîne une amélioration des paramètres de rendement de la culture. Parmi les nutriments indispensables à la croissance des plantes le phosphore (P) est considéré comme un facteur limitant dans de nombreux sols, en particulier dans les régions tropicales dominées par des sols âgés et altérés. Ainsi l'apport de fertilisant même à des doses relativement faibles se traduit par une amélioration significative des paramètres du rendement.

4.2 Effet des facteurs étudiés sur le rendement du haricot vert

Le type de phosphore n'a pas eu une influence sur le rendement du haricot vert, cependant les doses d'apport des engrais phosphatés ont influencé de façon significative le rendement gousse du haricot vert. Mais il faut noter qu'indépendamment du type d'engrais phosphaté l'accroissement de la dose de l'engrais ne se traduit par une augmentation constante du rendement du haricot vert. Le rendement du haricot établit un ajustement linéaire et quadratique significatif avec la productivité du haricot vert. L'optimum des doses d'apport du phosphore se situe à 115 kg ha⁻¹ pour un rendement maximum de haricot vert estimé à 4,75 tha⁻¹. L'ajustement quadratique s'explique par le fait que l'apport de faible dose de PN augmente la dissolution du phosphate naturel et aussi son efficacité. L'apport à faible dose permet d'augmenter la surface de contact entre les particules de PN et le sol permet d'améliorer leur solubilité Bolland (2007).



4.3 Efficacité agronomique relative des types d'engrais phosphaté

Le DAP a été plus efficace que le PNT au cours de cette étude avec une efficacité agronomique relative élevée de 20,48 % comparé à 3,50 % pour le PNT. Ce résultat peut s'expliquer par la faible et lente dissolution du PNT au cours du cycle cultural. Aussi le cycle court du haricot vert 45 - 60 jours n'est pas favorable, du fait de la libération lente du phosphore du PNT avec le temps. Ces résultats ne sont pas conformes avec ceux obtenus par Kouyaté *et al* (2017) sur le sorgho qui ont obtenu des valeurs d'EAR de 64 % du PNT compare au DAP.

V. CONCLUSION

Au terme de cette étude il ressort que le DAP a permis une amélioration significative des paramètres de rendement du haricot vert comparé au PNT. De plus du fait de sa rapide solubilité il a été beaucoup plus efficace que le PNT. L'optimum des doses d'apport du phosphore se situe à 115 kg ha^{-1} pour un rendement maximum de haricot vert estimé à $4,75 \text{ tha}^{-1}$. Mais il est à retenir que pour la culture des plantes à cycle court comme le haricot vert, même avec un besoin élevé en phosphore les phosphates naturels ne sont pas conseillés du fait de la lenteur de leur solubilité.

REFERENCE

[1] Alhachemi. M (2014). Effet de la fertilisation phosphatée sur quelques paramètres

biométriques du blé. Mémoire de fin d'étude Université Kasdi merbah-Ougla. Faculté des sciences de la nature et de la vie- 47 pages.

[2] Bolland, M. (2007). Effectiveness of rock phosphate. Department of Agriculture and Food Government of Western Australlia. Farm note 33/96 Note: 215.

[3] Kouyaté, A.B ; Dembele, S.G ; Ibrahim, A. (2017). Evaluation de l'efficacité du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) sous différentes pratiques de travail du sol en zone Sahélienne du Mali. Communication 1ere Conférence Internationale de l'Université de Ségou.

[4] Maki, I M (2016) .Production des variétés de haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) bio fortifié sous engrais verts et fumures minérales dans le haut-Katanga. Poster communication Journée de la faculté des sciences agronomiques. Université de Lubumbashi.

[5] Mowo, J.G. (2000). Effectiveness of phosphate rock on ferralsols in Tanzania and the influence of within-field variability. PhD. Thesis, Department of environmental science, sub-department of soil science and plant nutrition, Wageningen University.

[6] Schachtman, D.P., Reid, R.J. and Ayling, S.M. (1998). Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant physiology* 116: 447 - 453.



Effet de substrats sur la production des rejets de bananiers par la méthode de Plants Issus de Fragmentation (PIF) en République Centrafricaine

Gorgon Igor Touckia^{1,2*}, Trésor Jesus Bobere¹, Dieubeni Hubert Elian et Olga Diane Yongo²

¹ Institut Supérieur de Développement Rural, Université de Bangui, Mbaïki, Centrafrique

² Laboratoire de Biodiversité Végétale et Fongique, Faculté des Sciences, BP 908, avenue des Martyrs. Bangui, Centrafrique

*Auteur correspondant, E-mail: igortouckia@yahoo.fr

SUMMARY: Les bananiers desserts et plantains occupent une place importante dans l'alimentation centrafricaine. Cependant, leur production demeure insuffisante à cause du manque de matériel végétal de bonne qualité. La présente étude a pour objectif de tester l'effet des différents substrats sur la production des rejets de bananier par la méthode de Plant Issu des Fragments (PIF) de la tige en comparant les différentes variétés en vue d'identifier celle qui répond mieux à cette méthode. Deux variétés locales de bananiers et une variété provenant du Centre Africain de Recherche sur le Bananier et Plantain (CARBAP) ont été produites en pépinière suivant un dispositif complètement randomisé. L'effet de croissance des organes du bananier en fonction de trois types de substrats utilisés a été apprécié par une analyse de variance à deux facteurs avec le logiciel R. Il ressort des résultats que la variété Batar créée par le CARBAP, présente une meilleure performance par rapport à Gbongale et Sékélé qui sont des variétés locales en ce qui concerne, le nombre de pieds par explant, la hauteur de plants, et la largeur du limbe. Même si du point de vue statistique la différence observée est significative, la variété Gbongalé donne des plantules disposant de plus grandes feuilles et de diamètre plus grand. La variété Sékélé quant à elle produit des plantules disposant d'un plus grand nombre de racines. En ce qui concerne le substrat, le mélange parche+sable donne des résultats plus intéressants par rapport aux autres substrats utilisés.

Mots-clés: Méthode PIF, Bananier, substrat, République Centrafricaine

I. INTRODUCTION

Les bananiers desserts et plantains font partie des vivriers majeurs dans l'alimentation humaine car ils sont cultivés dans plus de 100 pays des régions tropicales et subtropicales du monde [1], [2]. Ils fournissent l'un des principaux aliments de base à des millions de personnes et jouent un rôle important dans la structure sociale de nombreuses communautés rurales [3]. Ils sont classés en quatrième position dans la liste des importantes denrées alimentaires après le riz, le blé et le maïs. Sa production mondiale s'élève à 74 millions de tonnes par an [4]. En tant que culture vivrière, les bananiers sont particulièrement importants, car ils produisent un aliment de bonne qualité tout au long de l'année et peuvent s'adapter à des systèmes de culture très variés [5].

En République Centrafricaine, cette culture occupe une place importante dans l'économie rurale par une production annuelle de 129129 tonnes [6]. Avec des pratiques culturelles traditionnelles, la production des bananiers dans les zones reste faible (10 tonnes/ha). Il existe cependant des potentialités pour la production de banane plantain en République centrafricaine, car les terres agricoles sont disponibles, les conditions climatiques sont favorables et la demande est en constante augmentation. Malgré sa capacité à s'adapter à des écosystèmes variés et son fort potentiel de

production en matière sèche comestible, le bananier plantain reste une culture marginale au regard des potentialités qu'elle offre.

Les exploitations des bananiers plantains sont insuffisantes à cause de l'indisponibilité du matériel végétal de bonne qualité [7]. La pression parasitaire qui s'exerce sur la culture [8] renforce l'utilisation de mauvais rejets, ramenant ainsi la durée d'exploitation maximale en deçà de deux années. Tout ceci ne rémunère pas l'effort fourni par les paysans, conduisant au découragement de ces derniers [6].

Heureusement, plusieurs techniques de production intensive ont été mises au point parmi lesquelles la culture in vitro, qui est restée l'apanage des centres de recherche, et le plant issu des fragments de la tige (PIF), technique qui connaît un essor indéniable auprès des paysans parce que facilement reproductible. A partir d'un rejet, l'on est capable d'obtenir 10 à 50 plants de bananier plantain en fonction de la variété et de l'expérience du manipulateur [9].

En dépit de son importance, très peu d'études ont été effectuées en République Centrafricaine sur la production de matériel de plantation en vue de l'expansion des espaces cultivables et de l'organisation de la filière de bananiers desserts et plantains.



Ainsi, l'objectif général de ce travail est de comparer l'effet de trois (3) types de substrats sur les paramètres de croissance de trois variétés de bananier par la méthode de PIF au stade de pépinière. Il s'agit plus spécifiquement de :

- Tester l'effet des différents substrats sur la production des rejets de bananier par la méthode de PIF ;
- Evaluer la performance de chaque variété de bananier.

II. METHODOLOGIE

2.1 Site d'étude

Les essais ont été réalisés sur le site de l'Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR) de Mbaïki dans la partie sud-ouest du pays dans une zone forestière (Figure 1).

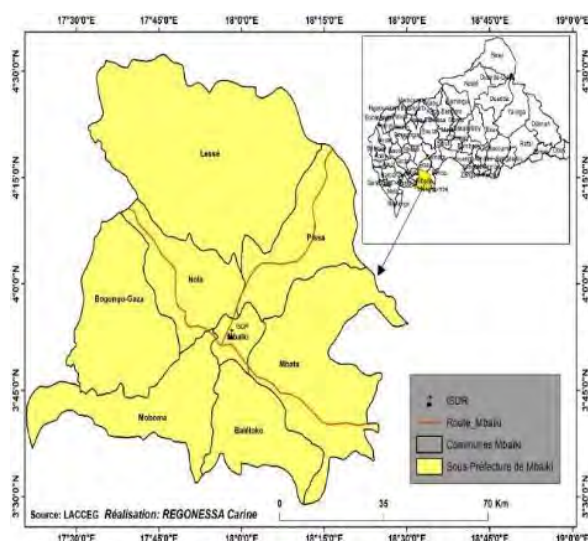


Figure 1 : localisation du site d'expérimentation

2.1.1 Climat et le sol

Le climat du site de l'étude est du type guinéen forestier avec l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse qui va de mars à mi-décembre et une saison sèche, de janvier à février. La température maximale moyenne annuelle est de 30,65 °C. Les écarts entre les minima et les maxima moyens sont modérés (11,44 °C). La moyenne pluviométrique annuelle se situe dans l'ordre de 1600 mm/an et le sol a une texture argilo sableuse [10].

2.1.2 Végétation

La végétation de la ville de Mbaïki présente les mêmes caractéristiques que celle du sud-ouest de la RCA. Ce massif forestier présente une très grande diversité forestière et toute une gamme de forêt allant de la forêt dense humide de basse altitude au sud du 4° parallèle à la forêt dense sèche au nord du 4° parallèle entrecoupée par des savanes. Cette végétation est constituée de forêt remaniée,

secondarisée avec *Triplochiton scleroxylon* et *Terminalia superba* [10]

2.2 Conduite de l'Expérimentation

Deux variétés locales et une variété importée de bananier soigneusement prélevées dans le champ semencier de l'Institut Centrafricain de Recherche Agronomique (ICRA) de Boukoko ont été utilisées dans le cadre de l'étude. Il s'agit de variétés: BATAR qui provient du Centre Africain de Recherche sur le Bananier et le Plantain (CARBAP) ; Gbongalé et Sékélé qui sont des espèces locales.

Le propagateur utilisé est un bac construit en brique cuite. Le fond de ce propagateur est couvert de caillats pour permettre l'évacuation du surplus d'eau des arrosages. Les dimensions de ce bac sont les suivantes : longueur 8,10 m ; largeur 1,50 m ; hauteur 1m. Une ombrière à une hauteur de 2,50 m a été ensuite construite.

2.2.1 Différents substrats

Le propagateur ou le germoir utilisé dans le cadre de l'étude est composé de trois casiers remplis chacun par un ou un mélange de substrat. Le fond de chaque casier est rempli des caillats pour permettre d'évacuer l'eau d'arrosage. Dans le premier casier, le substrat est essentiellement composé de sciure de bois prélevés dans une usine de valorisation des bois à Bangui. La sciure a été remplie à 30 cm une semaine avant l'ensemencement. Douze (12) explants des trois variétés ont été ensemencés soit quatre (4) explants par variétés. Dans le deuxième casier, le substrat est composé du sable et de sciures fines de bois blanc. Le sable a été rempli à 5 cm, la sciure à 25 cm avec le fond rempli de caillats. Le substrat contenu dans le troisième casier est composé de sable fin avec une proportion de 3/5 et de parche de café avec une proportion de 2/5. En effet, trois pelles de sable fin et 2 pelles de parche de café ont été prélevés et tamisés pour constituer le mélange.

2.2.2 Principales étapes de production des Plans Issus de Fragments des tiges (PIF)

La technique de PIF vise à blesser le méristème sans le tuer, pour le déséquilibrer en vue de favoriser un développement rapide de tous les bourgeons au même moment. Pour cela, les rejets prélevés au champ ont été utilisés. Le décortilage qui consiste à enlever les gaines, généralement 3 à 5 gaines foliaires a permis d'obtenir la pseudo-tige qui est réduite à 1 ou 2 mm au-dessus du dernier nœud visible de la tige. Le parage et le décortilage des rejets ont permis d'obtenir des explants. Ces explants ont été ensuite posés dans le germoir debout et côte à côte, avec la partie incisée du pseudo tige vers le haut. La densité au m² est fonction de la grosseur des explants utilisés.



Une fois que les explants ont été placés dans la sciure de bois, ils ont été recouverts par un film plastique transparent placé à une distance minimum de 60 cm de hauteur. Le premier arrosage du germe a été effectué un jour après l'ensemencement et ensuite avec une fréquence de deux à trois fois par semaine.

2.2.3 Suivi de croissance, entretien des plants

L'arrosage a débuté trois jours après l'ensemencement, avec une fréquence de deux fois par jour, matin et après-midi et s'est poursuivi pour s'arrêter temporairement au quatrième jour ceci afin d'éviter que les explants pourrissent. Il a fallu attendre une semaine pour reprendre avec l'arrosage matin et soir. Etant donné que les jeunes plantules ne supportent pas la compétition avec les mauvaises herbes -le désherbage a été fait de manière régulière.

Le sevrage des plants est survenu 30 à 40 jours après l'ensemencement. Les jeunes plants ayant 3 à 5 feuilles sont détachés avec précaution, avec une lame de bistouri ou un couteau bien tranchant. Ensuite il y a eu repiquage en sachet et l'acclimatation sous ombrière. Les plantules sont repiquées avec toutes leurs racines dans les sachets à polyéthylène noir, perforés, de dimension variable en fonction de la durée de la pépinière.

Les sachets remplis sont ensuite rangés en planche, encore engorgés d'eau au moment du repiquage. La plantule est introduite à l'intérieur du trou, et la terre est tassée légèrement sans compacter et seul le bulbe doit être enterré. A la fin du repiquage, les jeunes plantules ont été arrosées abondamment. Les plants repiqués sont ensuite placés sous ombrière, laquelle offre une température idéale d'acclimatation de 25-27 °C.

2.2.3.1 Paramètres évalués

Les paramètres qui ont fait l'objet de mensuration lors de l'expérimentation sont : le taux de levée, le diamètre au collet des plantules ; nombre de feuilles, longueur et largeur des feuilles, la hauteur des plantules, le nombre des plantules par rejet et le nombre de racines.

2.2.3.2 Analyse de données

L'effet de la variété et du substrat sur les différents paramètres de croissance des plantules a été apprécié grâce à l'analyse de variance (ANOVA) à deux critères de classification avec le Logiciel R version 3.1.3. Le test de Shapiro-Wilk a permis de vérifier la normalité des données et les différents tests sont validés au seuil de 5%. Les différents graphiques ont été réalisés grâce au tableur Excel.

III. RESULTATS

3.1 Taux de levée des plantules

Les différentes variétés utilisées dans le cadre de l'étude ont présenté un meilleur taux de levée (80 à 100%) en fonction des différents types de substrats utilisés. La nature du substrat influence la durée et le taux de levée des plants. Le mélange sable + parche favorise une levée plus rapide avec un taux de levée de 100% aux quatorzièmes jours (14 jours). En ce qui concerne le stade d'émission des racines et d'apparition de feuilles, le mélange sable + parche présente toujours les meilleurs résultats. Aucune variabilité n'a été observée en fonction de différentes variétés utilisées (tableau 1).

Tableau 1 : Paramètres de levée et de croissance au stade juvénile

Substrat	Variété	Durée de levée/ Nombre de jours	% de levée	Stade d'émission des racines	Stade 2 feuilles	Stade 4 feuilles
Sciure + sable	Batar	21	100	10	12	24
	Sékélé	21	90	10	12	24
	Gbongalet	21	90	10	12	24
Sable + parche	Batar	14	100	7	8	16
	Sékélé	14	100	7	8	16
	Gbongalet	14	100	7	8	16
Sciure	Batar	21	80	14	12	24
	Sékélé	21	80	14	12	24
	Gbongalet	21	80	14	12	24

3.2 Nombre de plantule par pied

Le substrat parche+sable produit un nombre légèrement élevé de plantules par rapport au substrat sciure sable (Figure 3). L'analyse de variance réalisée sur le nombre de plantules par pied atteste que la différence observée est significative

($p=0.00000118$). En fonction de variétés, "Batar" est celle qui donne plus de plantules par pied cette différence observée est significative ($p=0.002092$).



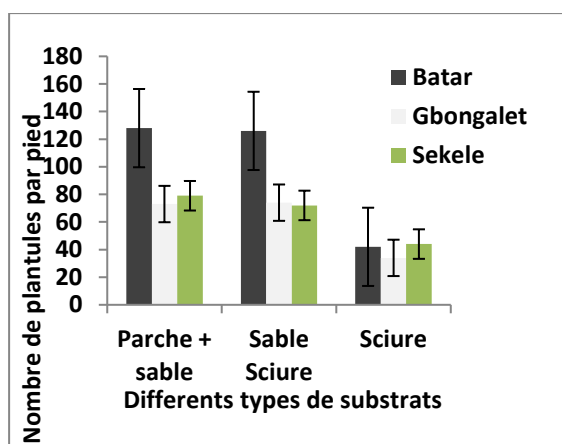


Figure 3 : Nombre de plantules par pied

3.3 Diamètre du collet

La figure 4 ci-dessous, présente le diamètre du collet considéré en fonction des substrats. Le substrat sciure simple donne des plants avec de diamètre légèrement élevé. La différence observée du point de vue statistique n'est significative (P-value=0.7924). En fonction des variétés, la variété Gbongalé à un diamètre légèrement élevé (P-value=0.2658).

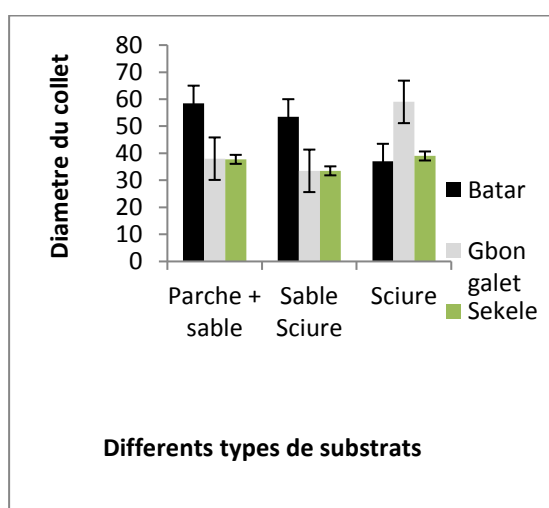


Figure 4: diamètre du collet

3.4 Nombre des feuilles

Le nombre des feuilles considérés en fonction des substrats est plus élevé sur le substrat sciure + sable (Figure 5). La différence observée, du point de vue statistique est significative (P-value=0.1837). En fonction des variétés, la variété Batar a le nombre de feuille le plus élevé (P-value=0.003072).

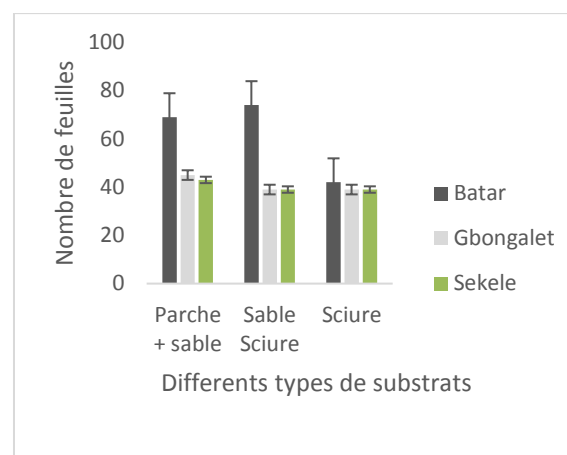


Figure 5 : Nombre des feuilles

3.5 Longueur de limbes

Les longueurs des limbes considérées en fonction des substrats présentent une différence significative (P-value= 0.1544). En fonction des variétés la différence observée n'est pas significative (P-value= 0.09961). La variété Batar semble être la meilleure. Le substrat Parche+sable favorise l'obtention des plantules avec des feuilles de plus grandes longueur (Figure 6).

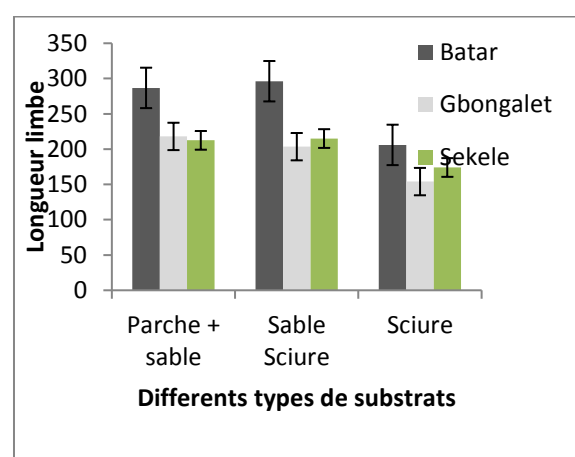


Figure 6 : Longueur limbe

3.6 Largeur de limbes

En fonction de substrats, aucune variation n'est observée en ce qui concerne les largeurs de limbes des plantules (P-value= 0.04036). En fonction de variétés Batar est celle qui présente une largeur de limbes plus importante même si la différence observée n'est pas significative (Figure 7).



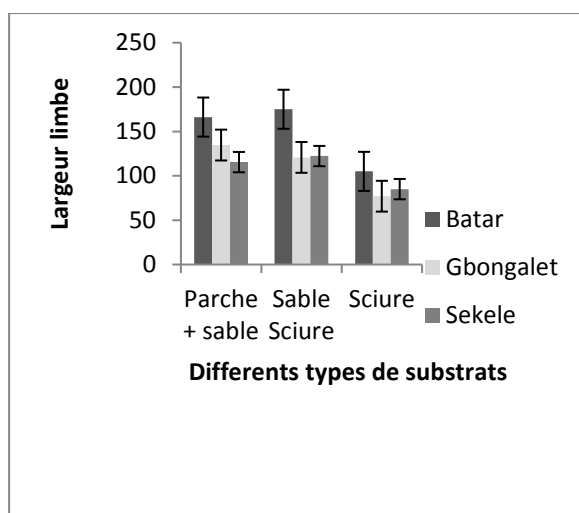


Figure 7 : Largeur limbe

3.7 Nombre des racines

Le nombre de racines en fonction du substrat est plus élevé en ce qui concerne la Sciure simple (Figure 8). Du point de vue statistique cette différence observée n'est pas significative ($P\text{-value} = 0.02309$). L'espèce Sékéle semble avoir un nombre de racines légèrement élevé, même si du point de vue statistique, cette différence n'est pas significative ($P\text{-value} = 0.2129$). Le substrat sciure produit beaucoup de racines.

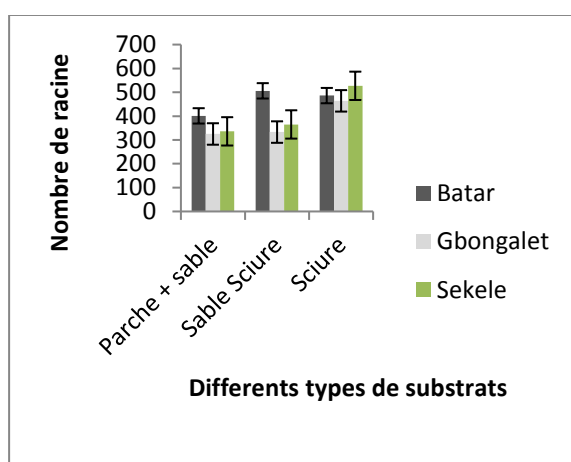


Figure 8 : Nombre des racines

3.8 Hauteur des tiges

Les hauteurs des plantules considérées en fonction des substrats ne présentent aucune variabilité. Cependant en fonction de variétés, on observe une différence significative en ce qui concerne la variété Batar qui a une meilleure hauteur ($P\text{-value} = 0.0008607$) par rapport aux autres (Figure 9).

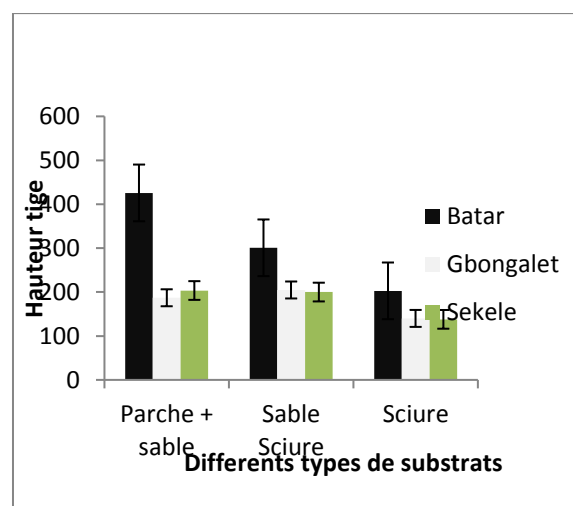


Figure 9 : Hauteur des tiges

DISCUSSION

Les résultats relatifs à la durée de reprise des différentes variétés indiquent que toutes les variétés utilisées sont de bonne qualité car leur durée de reprise tourne autour de 3 semaines. Des résultats similaires ont été obtenus en République du Congo et en République Démocratique du Congo avec des variétés locales [11] et [12].

En ce qui concerne la croissance au stade juvénile, les résultats attestent que la nature du substrat influence la durée et le taux de levée des plantules. Cependant en fonction de variété aucune différence n'a été observée. La technique de PIF constitue, un moyen pour la production en masse de vivo plants de bananiers plantains [13]. Toutefois, le développement, la croissance et le rendement des plants issus des PIF sont influencés par de nombreux facteurs dont le type de substrat utilisé. Le développement, la croissance et le rendement des plants issus de PIF sont influencés par de nombreux facteurs dont le type de substrat utilisé au cours de l'acclimatation. Le mélange sable + parche favorise une levée plus rapide avec un pourcentage très élevé (100%). L'émission des racines et des feuilles ont été également précausée avec ce type de substrat, cependant qu'aucune variabilité n'a été observée en fonction de différentes variétés utilisées. Les études réalisées par le Centre Africain de Recherche sur le Bananier Africain et Plantains (CARBAP) ont montré que l'utilisation d'un mélange de matériaux favorisant l'apport des éléments nutritifs et l'aération du substrat est nécessaire pour le développement du fragile système racinaire des vivo plants [14].

La variété Batar donne des plantules plus grandes en hauteurs par rapport à la variété Gbongalé qui produit des plantules de diamètre plus grand puis, la variété Sékéle qui produit beaucoup plus de racines. En effet la variété Batar qui semble avoir une meilleure croissance est une variété créée par le CARBAP. Des études similaires dans certains pays d'Afrique notamment au Cameroun, au Bénin et au République Démocratique du Congo attestent



que les variétés créées par le CARBAP présentent de meilleures performances par rapport aux variétés locales [15].

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont probants, bien que l'ensemencement a été fait au mois d'août, trois mois après la saison sèche et que la technique PIF est conseillée en saison sèche à cause de la chaleur qui active la levée des plantules et le nombre de plantules par pieds [13]. Une variabilité est observée entre le nombre de feuilles, le nombre de racines, le nombre de plantules par pied, la hauteur des plantules en fonction des variétés ainsi que les types des substrats. L'étude de la réponse variétale de cultivars de bananiers à la technique des PIF atteste que tous les cultivars ne réagissaient pas de la même façon. [16] et. [17].

CONCLUSION

L'étude a permis d'analyser les potentialités de production des semences de bananier par la méthode de PIF. La variété Batar créée par le CARBAP, présente une meilleure performance par rapport à Gbongale et Sékèlè qui sont des variétés locales en ce qui concerne, le nombre de pied par explant, la hauteur de plants, et la largeur limbe. Même si du point de vue statistique la différence observée est significative, la variété Gbongalé donne des plantules disposant de plus grandes feuilles et de diamètre plus grand. La variété Sékélé quant à elle produit des plantules disposant d'un plus grand nombre de racines. En ce qui concerne le substrat, le mélange parche+sable donne des résultats plus intéressants par rapport aux autres substrats. Ces résultats démontrent que, la variété Batar et le Substrat parche+sable peuvent s'avérer très intéressants dans le cadre d'une production durable. Bien qu'il y a une différence entre les paramètres de croissance en fonction de substrats et variétés, les trois substrats et variétés utilisés dans le cadre de cette étude présentent des potentialités pour la production des semences de bananier par les technique de plants issus de fragments.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1]. B.K Bakelana et T Muyunga. La production de bananes et de bananes plantain en République Démocratique du Congo. In Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire, Pioq, C., Fouré, E. and Frison, E.A. (eds). Bananas and Food Security : International symposium. INIBAP, 1998. 103-115.
- [2]. L. Temple. et M. Kwa., R Fogain, A Mouliom A Pefoura, Bikoi. Enjeux du plantain au Cameroun et amélioration des systèmes de production par une recherche-action participative In Acorbat. Memorias XV reunión. Realizada en Cartagena de Indias, Colombia.; Sesión cartel transferencia de tecnología, CARBAP, S/C CIRAD BP 2572 Yaoundé. 27 de octobre al 02 novembre 2002. pp.593-601.
- [3]. A Lassoudiere. Le bananier et sa culture. Quae, Versailles, 2007. pp. 383.
- [4]. P. Arias., C. Dankers, P. Liu, P. Pilkauskas., L'économie mondiale de la banane (1985-2002), FAO, Rome, 2004. 113p.
- [5]. F. Mialoundama, G. F Bakouétla., H. Boukoulou., I.R Tchouamo., F. Mbemba, E. S Koussafoula. S Petit., et Z Mboungou. Production de la banane (Musa sp.) dans le district de Mouyondzi, République du Congo. Journal of Animal & Plant Sciences, Vol.30, 2016. Issue 1: 4714-4726
- [6]. FAO (Food and Agriculture Organization). What is Agro-biodiversity? 2008 <http://www.fao.org/docrep/007/y5609e/y5609e01.htm> (consulté le 22/11/2011).
- [7]. E. Ngo-Samnick.. Production Améliorée du Bananier Plantain. Pro-Agro (Engineers Without Borders, Cameroon (ISF Cameroun)/Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation (CTA), Wageningen, The Netherlands. 2011.
- [8]. L. Sadomi., K. Tomekpe., M., F. COTE. Comparaison de l'efficacité de deux méthodes de multiplication rapide de plants de bananier à partir de l'étude des caractéristiques agronomiques d'un hybride de bananier plantain (Musa spp.) Fruits, vol. 2010. Pp 65 (1).
- [9]. M. Kwa. Activation de bourgeons latents et utilisation de fragments de tige du bananier pour la propagation en masse de plants en conditions horticoles in vivo, Fruits, 2003. Pp 58- 315–328.
- [10]. Y Boulvert., Carte phytogéographique de la République centrafricaine. ORSTOM. Notice Explicative, 104, Paris, 1986. Pp 131
- [11]. A Ognagna, F. Mialoundama. M. G. Bakouetila. Etude de la production des plants de bananiers et plantains (Musa (spp.) par la technique des PIF au Congo: Effets des substrats sur la croissance et le développement des plants en pépinière. International Journal of Neglected and Underutilized Species 2016. Pp 242-56.
- [12]. B. M Bangata., K. N., Mobambo M Kasongo., D Shungu, K Vuvu., P Vangu., A Omondi., C. Staver. Évaluation du potentiel prolifératif de six cultivars de bananier (cv. AAB, ABB, et AAA) par macropropagation en République Démocratique du Congo. J. Appl. Biosci. 2018. Pp 127: 12770-12784.
- [13]. C. M Koua, Tano. Effets de différents types de substrats sur la croissance des vivopants de bananiers plantain musa sp en phase d'acclimatation Mémoire de Master de Biologie et Protection des végétaux. UFR des Sciences de la Nature, Université de Côte d'Ivoire. 2014, 57 pages.
- [14]. J.P. Ma Yeki; B.M Ndong. ; E. C Ngnigone.; F. Molouba. ; D Demikoyo. ; S .Mibemu. et E.B Effa., - Influence de la composition des substrats sur le sevrage des vivopants de plantains (Musa sp) *Science Sud*, 3, 2010. Pp 16.
- [15]. D.E.F Thiémélé, S. Traoré, N. Aby, P. Gnonhouiri, N. Yao, K. Kobenan, E. Konan, A. Adiko, N. Zakra. Diversité et sélection participative de variétés locales productives de banane plantain de



Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences. 2017. Pp 114: 11324-11335

[16] C. Efanden, M. Kwa, L. Temple, T. Lescot. Partenariat en sélection participative sur bananiers plantains : l'expérience du Centre africain de recherches sur bananiers et plantains au Cameroun. Partenaires pour construire des projets de sélection participative, Mars 2005, Cotonou, Benin, 2005 pp.153-173.

[17] P. Lepoint, F. Iradukunda and G. Blomme. Macropropagation of Musa spp. In Burundi : A Preliminary Study. In : Guy Blomme, Bernard Vanlauwe and Piet van Asten (Ed.), Banana Systems in the Humid Highlands of Sub-Saharan Africa, Enhancing Resilience and Productivity, International conference organized by the Consortium for Improving Agriculture-based Livelihoods in Central Africa (CIALCA), Kigali, Rwanda, from 24 to 27 October 2011. pp. 58-65.



Identification et caractérisation agro morphologique de cinq variétés de blé dur (*Triticum durum*. Desf) adaptées aux conditions agro climatiques de la zone Office du Niger-Mali

Oumarou Goita¹, Hamara Dabo^{*1}, Bandiougou. Diawara¹, Sékou Sala Guindo¹, Aliou DaDDa¹, Bakary. Kouma¹ et Ousmane Niangaly²

¹Institut d'Economie Rurale,

² Institut Polytechnique Rurale de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou.

*Adresse correspondant : maradx2008@yahoo.fr

RESUME : La zone Office du Niger est une zone à forte contrainte thermique (température) pendant la période de culture de blé. L'effet année possède une part importante dans la variation du rendement grain. Une expérimentation au champ a été conduite dans les parcelles de la Sous Station de Recherche Agronomique de Kogoni pendant deux ans (2013/2014 et 2014/2015) afin de caractériser les meilleures variétés de blé dur. Le dispositif expérimental était un bloc de Fischer complètement randomisée avec cinq variétés de blé dur (traitement) en quatre répétitions. Le logiciel Genstat 12^{ed} a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Duncan au seuil de 5% pour la séparation des moyennes.

Les variables quantitatives mesurées ont montré en général la même tendance d'une année à une autre (Année1 et Année2). Cependant toutes les variétés ont un cycle semis-maturité compris entre 88 et 95 jours pour l'année1 et 86 et 89 jours pour l'année2. Les variétés Breghouata1 (5 640 kg ha⁻¹) et Secondroue (5 012 kg ha⁻¹) ont obtenu les meilleurs rendements en grains pour l'année1. Les mêmes variétés ont obtenu les meilleurs rendements grains pour l'année2, avec une légère diminution pour Breghouata1 (4 650 kg ha⁻¹) et Secondroue (4 205 kg ha⁻¹). Cependant la variété Hessept a donné le cycle semis maturité les plus longs 95 jours et 89 jours respectivement pour 2014 et 2015.

Mots-clés : blé dur, caractérisation, *Triticum durum* Desf, variétés, irrigué

I. INTRODUCTION

Le Mali importe actuellement plus de 103 971 t de grains du blé d'origines diverses, notamment de l'Europe, de la Russie ou de l'Amérique du Sud pour satisfaire les besoins nationaux qui représentent 187 100 t an⁻¹ (SPS/SDR 2015).

Actuellement le blé est essentiellement cultivé dans les cercles de Diré et Goundam (Région de Tombouctou) et dans la zone de l'office du Niger (ON) Région de Ségou. La Région de Kayes dispose également de ressources hydrauliques importantes et des conditions climatiques favorables à la culture de blé (O. GOITA 2004). Les superficies cultivées et les rendements obtenus avec les variétés vulgarisées sont faibles (1 à 2 t ha⁻¹) : la production totale estimée en 2014 était de 45 668 t sur une superficie de 55 704 ha avec un rendement moyen de 1 t ha⁻¹ (SPS/SDR 2015).

Au Mali, plusieurs facteurs constituent un frein au développement de cette filière entre autres, le non renouvellement des semences, la quasi-absence de la mécanisation agricole, les subventions accordées au blé Européen et Américain, l'enclavement des principales sites actuels de production augmentant considérablement les coûts de transports des intrants et d'évacuation de la production et l'insuffisance d'une large gamme variétale à haut potentiel de rendement (O. GOITA et B. DIAWARA, 2008). (T.

Moscal 1975; Ouattara et Ameziane 1989) ont estimé les besoins en eau des blé de cycle de 150 jours de 4500 à 6500 m³/ha. Les besoins bruts en eau du blé au Mali ont été évalué à 5000 m³/ha avec une efficacité globale de l'irrigation gravitaire de 60% (Jean-Pierre SANDWIDI et Amadou KEITA 1996). Les résultats obtenus par (Touré 2000) dans le cadre de la détermination des besoins en eau du blé sous gravitaire dans le cercle de Diré au Mali ont montré qu'il faut une consommation de 5000 m³ d'eau/ha en 10 ou 12 irrigations par campagne. Dans la zone Office du Niger (TANGARA et al., 2015) ont obtenus une consommation net en eau du blé varie de 3000-3800 m³/ha en 5 ou 8 irrigations avec une fréquence de 10 à 15 jours.

L'élargissement de la gamme variétale dans les zones de productions du blé au Mali notamment avec des variétés de blé dur s'avère nécessaire pour une diversité génétique et pour une résilience aux effets liés à la variabilité climatique. L'objectif de cette étude était d'identifier et de caractériser cinq (5) variétés de blé dur sous irrigation afin de contribuer à l'augmentation et à la valorisation de la production de blé dur au Mali.



II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 5 variétés de blé dur. Elles sont de provenance de l'ICARDA-Rabat-Maroc.

Tableau 1: liste du matériel végétal

Entry	Name	Source	Pédigrée
MaliDW-012	Secondroue	IDyT37-22	ICD06-1287-0AP-0AP-6AP-0AP-4AP-0THTD
MaliDW-001	Icarasha2	IDyT37-01	ICD99-0091-T-3AP-AP-10AP-AP
MaliDW-003	Breghouata 1	IDyT37-04	ICD099-0866-C-0AP-5AP-0AP-5AP-0AP
MaliDW-010	Miki3	IDyT37-20	ICD94-0994-C-10AP-0AP-2AP-0AP-9AP-0TR
MaliDW-009	Hessept	IDyT37-15	ICD06-0112-0AP-1AP-0AP-1AP-0THTD

2.2 Méthodologie

2.2.1 Site d'étude

L'essai a été conduit à la Sous Station de Recherche Agronomique de Kogoni (S/SRAK) 14°43'20,2" latitude Nord et de 6°01'45,8" de longitude Ouest, dans la zone de production rizicole de l'Office du Niger.

2.2.2 Dispositif expérimental

Le matériel végétal (Tableau 1) est mis en place dans un dispositif en blocs randomisés, constitué de cinq traitement ou chaque traitement correspond à une variété, avec quatre répétitions, elle a duré deux campagnes consécutives, de 20013/2014 et 2014/2015.

Chaque variété était sur une superficie de 12 m² (4 x 3m). Les parcelles élémentaires étaient séparées de 40 cm et les blocs de 1 mètres. Le semis est effectué en novembre et la récolte est faite au mois de mars.

2.2.3 Conduite de l'essai

Les travaux de préparations des sols ont été exécutés à l'aide d'un pulvérisateur à traction motorisée, à sec, sur une parcelle en jachère après un nettoyage.

Avant l'installation, un labour de 15 cm environ a été fait suivi d'un concassage des mottes et d'un nivellement pour mieux ameublir et préparer le lit de semis. Les billons ont été confectionnés avec une hauteur d'environ 10 cm. Le semis a été effectué sur ces billons en ligne continue à la dose de 0,12 kg de semences par parcelle élémentaire (100 kg ha⁻¹) suivi de l'épandage de la fumure organique bien décomposée et d'un apport d'eau (irrigation).

La fertilisation a été effectuée à la dose de 0,12 kg par parcelle élémentaire (100 kg ha⁻¹ de DAP) au semis et 0,18 kg d'urée par traitement (150 kg ha⁻¹ d'urée) en trois fractions dont 0,06 kg par traitement à la levée, 0,06 kg au tallage maximum et 0,06 kg à l'apparition de feuilles drapeaux. La moyenne des températures minimales et maximales et la vitesse du vent de janvier 2013 au décembre 2015 ont été collectées.

Les parcelles élémentaires ont été délimitées à l'aide de la méthode 3-4-5. Un épandage de la fumure organique a été effectué à raison de 12 kg par parcelle élémentaire (10 t ha⁻¹) suivi de la confection des billons. L'écartement entre les billons était de 25 cm. Chaque billon constituait une ligne de semis. Les autres opérations culturales dont le désherbage, les apports d'eau, et le gardiennage des oiseaux et des rats ont été faites à la demande. La récolte et le battage ont été effectués manuellement et par traitement.

2.2.4 Collecte des données et analyse statistique

Pour chaque variété, les mesures ont porté sur le cycle semis-maturité (CSM), hauteur des plants à la maturité (HP/cm), nombre de graines par épis (Nbr G/E), rendement (en tonne/hectare), les données climatiques ont été collectées notamment la température minimale, maximale et la vitesse du vent. L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée avec le logiciel Genstat 12 et le test de Duncan au seuil d'alpha 5 % a été utilisé pour la séparation.

III. RESULTATS

3.1 Evolution de la température minimale, maximale et la vitesse du vent en zone Office du Niger

La température minimale pendant la première campagne 2013/2014 a varié entre 19,5°C et 21,6°C et celle maximale a varié entre 36°C et 38°C pendant la période (Novembre 2013 à Mars 2014) de culture du blé dans la zone Office du Niger. Pour la deuxième année de campagne 2014/2015, la température minimale a varié entre 20,13°C et 21,95°C et maximale entre 35,65°C et 36,73°C dans la période (Novembre 2014 et Mars 2015) de production du blé dans la zone Office du Niger (ON). La diminution du rendement grain de la campagne 2014/2015 par



rapport à la campagne 2013/2014 pourrait être due à l'évolution de la température au mois de février 2015 (36,7°C) par rapport à février 2014 (33,8°C) et au léger retard pris dans l'installation des essais lors de la campagne 2014/2015.

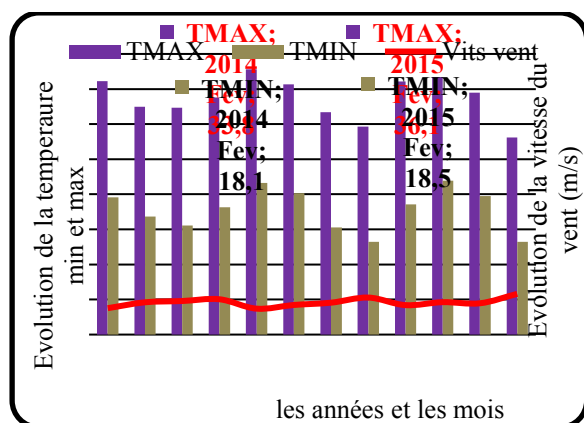


Figure1: Variation des températures moyennes et de la vitesse du vent de la période de campagne 2013/2014 et 2014/2015 (source site météorologique de la NASA www.power.larc.nasa.gov).

3.2 Date de maturité des différentes variétés de blé dur en zone Office du Niger

Les résultats d'analyse de la variance de la date de maturité des variétés de blé dur montrent une différence significative pour l'année et la variété au seuil de probabilité 5% ($P=0,05$) pour l'année et pour la variété ($P=0,03$). L'erreur standard pour l'année est de $SE \pm 0,43$ et pour la variété elle est de $SE \pm 1,040$. Pour l'année 1, la moyenne générale est de 90, c'est la variété Hessept qui a obtenu le cycle semi maturité le plus long avec 95 jours et les variétés Secondroue et Icarasha2 ont obtenu le cycle semi maturité le plus court avec 88 jours chacun. Pour l'année 2, la moyenne générale obtenue est 87 jours, la même tendance a été observée mais avec une légère diminution du cycle semi maturité. C'est la variété Hessept qui a obtenu le cycle semi maturité le plus long avec 89 jours et la variété Secondroue et Icarasha2 ont obtenu le cycle semi maturité le plus court avec 87 et 86 jours respectivement.

Tableau 2 : Résultats d'analyse de la variance du cycle semi maturité des différentes variétés de blé dur dans la zone de production de l'Office du Niger

	2014	2015
Variétés	Date de maturité	Date de Maturité
Secondroue	87,5	86,5
Icarasha2	87,5	85,5
Breghouata1	88,5	87
Miki3	90	88

Hessept	95	89
Moyenne Générale	89,7	87,2
SE (Variété)	1,04	
SE (Année)	0,43	
Probabilité 5% (année)	0,05	
Probabilité 5% (variétés)	0,03	

3.3 Hauteur moyenne des plants des différentes variétés de blé dur à la maturité

La différence entre les traitements n'est pas significative au seuil de probabilité 5% pour la variété ($P=0,562$) et pour l'année ($P=0,665$). L'erreur standard pour l'année est de $SE \pm 1,97$ et pour la variété elle est de $SE \pm 2,76$.

Pour l'année1, la moyenne générale obtenue est de 74,6 cm, c'est la variété Secondroue qui a obtenu la hauteur la plus longue avec 78,2 cm et la variété Miki3 a obtenu la hauteur la plus courte avec 67,5 cm. Par rapport à l'année2, la moyenne générale obtenue est de 76 cm, c'est la variété Icarasha2 qui a obtenu la hauteur la plus élevée avec 78,7 cm suivie de la variété Breghouata1 avec 77,2 cm. Par contre la Secondroue a enregistré la hauteur la plus faible avec 72 cm. Nous observons ici que la variété Secondroue qui avait eu la hauteur la plus élevée en année1 a obtenu la hauteur la plus faible en année2 (tableau 3). Ce qui pourrait être dû à une variabilité de la température et aux conditions de fertilité de la parcelle d'essai, mais aussi à un léger retard dans l'installation des essais en année2.

Tableau 3 : Résultats d'analyse de la variance de la hauteur moyenne des plants à la maturité

	2014	2015
Lignées/variétés	HP à la maturité	HP à la maturité
Secondroue	78,2	72
Icarasha2	77,3	78,7
Breghouata1	77	77,2
Miki3	67,5	75,8
Hessept	73	76,3
Grande Moyenne	74,6	76
SE (variété)		2,76
SE (année)		1,97
Probabilité 5% (année)		0,66
Probabilité 5% (variétés)		0,56

3.4 Nombre de Grains par épis des différentes variétés blé dur à l'Office du Niger

Résultats d'analyse de la variance du nombre de grain par épis des différentes variétés de blé dur ont montré



une différence hautement significative pour l'année au seuil de 5% ($p = 0,01$), mais pour le facteur variété, la différence n'est pas significative au seuil de probabilité 5% ($p = 0,513$). L'erreur standard pour l'année est de $SE \pm 1,20$ et pour la variété elle est de $SE \pm 3,94$.

Par rapport à l'année1, la moyenne générale obtenue est de 46, la variété Icarasha2 a obtenu le nombre de grain le plus élevé avec 54 grains par contre la variété Hessept avec 41 grains a obtenu le nombre de grains le plus faible.

Pour l'année2 la moyenne générale obtenue est de 29 grains. La variété Icarasha2 a obtenu le nombre de grain le plus élevé avec 32 grains, par contre la variété Hessept avec 25 a enregistré le nombre de grains le plus faible. Nous pouvons retenir que les mêmes tendances ont été observées sur les deux années, mais avec une baisse du nombre de grains à la deuxième année (l'année2).

Tableau 4 : Résultats d'analyse de la variance de l'évolution du nombre de grains par épis

	2014	2015
Lignées/Variétés	Nbre de Grains/ épis	Nbre de Grains/ épis
Secondroue	45	31
Icarasha2	53,5	31,5
Breghouata1	45	31
Miki3	44,5	26
Hessept	40,5	24,5
Moyenne Générale	45,7	28,8
SE (Variété)		3,94
SE (Année)		1,2
Probabilité 5% (variétés)		0,51
Probabilité 5% (année)		0,01

3.4 Rendement grains des différentes variétés de blé dur à l'office du Niger

Les résultats d'analyse de la variance du rendement grains des différentes variétés de blé dur montrent une différence significative au seuil de probabilité de 5% pour l'année ($p = 0,04$), par contre pour la variété la différence n'est pas significative ($p = 0,136$) au seuil de probabilité 5%, avec une erreur standard de $SE \pm 317,8$ pour l'année et une erreur standard de $SE \pm 269,3$ pour la variété. Pour l'année1, la moyenne générale obtenue est de 5 009 kg ha⁻¹ contre 3 064 kg ha⁻¹ pour l'année2, ce qui montre une diminution du rendement selon les années.

Pour l'année1 c'est la variété Breghouata1 qui a eue le rendement le plus élevé avec 5 640 kg ha⁻¹ suivie de la variété Hessept avec un rendement de 5 124 kg ha⁻¹ par contre la variété Miki3 a eu le rendement le plus faible avec 4 613 kg ha⁻¹. Pour l'année2 c'est la variété Breghouata1 qui a eu le rendement le plus

élevé avec 4 650 t ha⁻¹ suivie de la variété Icarasha2 avec un rendement de 4 205 kg ha⁻¹ par contre la variété Miki3 a eu le rendement le plus faible avec 3567 kg ha⁻¹.

Tableau 5: Résultats d'analyse de la variance du rendement grain des différentes variétés de blé dur dans la zone Office du Niger

	2014	2015
Lignées/variétés	Rdt grains (kg/ha)	Rdt grains (kg/ha)
Secondroue	5 012	3 980
Icarasha2	4 656	4 205
Breghouata1	5 640	4 650
Miki3	4 613	3 567
Hessept	5 124	3 778
Moyenne générale	5 009	3 064
SE (variété)		269,3
SE (année)		317,8
Probabilité 5% (année)		0,04
Probabilité 5% (variétés)		0,13

IV. DISCUSSIONS

La hauteur des plants a varié entre 67,5 à 95 cm avec une moyenne de 74,6 cm pour année 1, par contre pour l'année 2, la hauteur a varié de 72 à 77,2 cm avec une moyenne de 76 cm. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par (ALLAM A., tirichine a., madani h., benlamoudi w. et attali y 2015) qui étaient de 134,86 cm sur les variétés de blé dur Algérien, mais aussi supérieurs à ceux obtenus (70,84 cm) par (DABO 2015) sur les variétés de blé tendre dans la zone de l'Office du Niger. Selon (ARVALIS 2014) la hauteur de tige est aussi un facteur déclencheur de la verse. Dans les conditions environnementales de production du blé au Mali des variétés à taille courte sont recherchées compte tenue des vents (Harmattan) qui soufflent dans la zone pendant la période de maturité.

Pour le cycle semis-maturité, il varie entre 87,5 à 95 jours et une moyenne générale de 89,7 jours avec une précocité de 59 jours pour la campagne 2014. Ces résultats sont presque identiques à ceux obtenus (85-97 jours) par (Hamara DABO et al., 2016), sur les lignées de blé tendre en zone Office du Niger, ils sont inférieurs à ceux obtenus par (Couvreur F 1985) qui varie de 92 à 128 jours avec une précocité de 36 jours.

Selon (Couvreur F 1985), la précocité d'une variété est déterminée à partir de la durée de cycle semi-épiaison. D'après cet auteur, une variété est considérée comme précoce si la durée est inférieure à 100 jours; elle est semi précoce si la durée se situe entre 100 et 120 jours; et tardive si cette durée dépasse



120 jours. Sur la base de cette classification, les variétés caractérisées ont toutes un cycle semis-épiaison inférieur à 100 jours, donc nous pouvons les considérer toutes comme précoces. Ce qui est d'ailleurs recherché dans les conditions de production de blé au Mali lié surtout aux coûts du pompage dans les petits périmètres irrigués villageois (PPIV), la durée de la période fraîche (basse température) qui dépasse rarement les 5 mois (Novembre à Mars).

En ce qui concerne le nombre de grains par épis, il varie selon les années avec une moyenne générale de 45,7 grains pour la campagne 2014 et 28,8 grains pour la campagne 2015. Cette diminution du nombre de grains par épis pourrait être due à la variabilité des facteurs climatiques (température et le vent). Cependant ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par (Hamara DABO et al. 2016) sur les variétés de blé tendre en zone Office du Niger qui étaient de 48 grains pour la campagne 2015, mais avoisine ceux obtenus en 2014. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par (O. GOITA et B. DIAWARA 2007) avec les variétés de blé tendre dans la région de Ségou et Tombouctou, une moyenne générale de 41 grains par épis pour la campagne 2014, mais inférieurs aux nombres de grains (28,8) obtenues en 2015 dans la zone de production de l'Office du Niger.

Le rendement grains obtenu par les variétés de blé dur à la station de recherche agronomique de Kogoni varie d'une campagne à une autre avec des écarts de diminution avoisinant plus 61% de rendement grain. Cependant la moyenne générale obtenue est de 5 009 kg ha⁻¹ pour la campagne 2014 qui équivaut aux rendements obtenus par (O. GOITA et B. DIAWARA 2009). Pour la campagne 2015 les rendements obtenus sont inférieurs à ceux obtenus par (O. GOITA et B. DIAWARA 2009) mais supérieurs à ceux obtenus par (ALLAM .A., tirichine a., madani h., benlamoudi w. et attali y 2015). Ces résultats sont supérieurs aux rendements obtenus en Algérie sur les variétés de blé dur (Chennafi et al. 2010).

La variété Breghouata1 a enregistré le rendement le plus élevé et plus stable sur les deux campagnes de telle variété selon (Simane B., Peacock J.M., Struik P.C., 1993) est tolérant aux stress et il s'adapte grâce à leur plasticité de comportement à diverses situations contraignantes. Selon les résultats obtenus par (Bahlouli, Bouzerzour, et Benmahammed 2004) montrent que la stabilité de rendement est une caractéristique très complexe, dépendante de plusieurs autres variables.

La réduction du rendement grains de l'année2 par rapport à l'année1 pourrait être dû à un certains nombre de facteurs climatiques tels que la température, le vent et les conditions d'alimentations hydriques et nutritionnelles. Cette réduction de

rendement peut être due aussi à un léger retard prise dans la mise en place de l'essai (date de semis en année 2), le blé étant très sensible à la variabilité des températures (minimale et maximale).

V. CONCLUSION

Cette étude a consisté à identifier et caractériser des variétés de blé dur qui s'adaptent à la zone de production l'Office du Niger. Cependant, l'évaluation du niveau d'adaptation de ces variétés de blé dur a montré une variabilité entre les variétés testées. Cette variabilité a été notée au niveau du rendement grains, de la hauteur des plants, du nombre total de grains par épis. Les meilleurs rendements ont été obtenus par les variétés Breghouata1 (5 640 kg ha⁻¹ année 1, 4 650 kg ha⁻¹ année2) et Secondroue (5 012 kg ha⁻¹ année1 et 4 205 kg ha⁻¹ année2). Avec une diminution de rendement de l'année1 à l'année2 de 17% pour la variété Breghouata1 et de 16% pour la variété Secondroue. Ces variétés ont un rendement supérieur à la variété locale vulgarisée dans la région de Tombouctou de plus 15 %.

Par rapport à la hauteur des plants, les variétés Breghouata1 et Icarasha2 ont enregistré la hauteur la plus longue avec respectivement 78,2 cm et 77,3 cm pour l'année1 et les variétés Icarasha2 et Breghouata1 avec respectivement 78,7 cm et 77,2 cm pour l'année2. L'ensemble des variétés ont un cycle précoce avec un taux de précocité de 61 jours en moyenne.

Les variétés Secondroue, Breghouata1 et Hessept peuvent être retenues comme mieux adaptées aux conditions agro climatiques de la zone ON et très performantes avec un rendement stable sur les deux années d'essai dans la zone Office du Niger. Ces variétés peuvent être proposées pour une large diffusion après des tests de démonstration et de stabilité dans différentes zones agro écologique (zone production) du blé au Mali et inscrites au catalogue national des espèces et variétés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

ALLAM .A., tirichine a., madani h., benlamoudi w. et attali y. 2015. : «Evaluation agro morphologique des cultivars locaux de ble dur: triticum durum desf. cultives dans les palmeraies de la vallee d'oued righ (sud-est algerien)» Revue des BioRessources.

ARVALIS. 2014. «Institut du végétal région Auvergne. 2014 : Lute contre la verse physiologique des céréales, blé et orge» ARVALIS.

Bahlouli, F., H. Bouzerzour, et A. Benmahammed. 2004. «Etude des mécanismes de stabilité du rendement grain de quelques génotypes de blé dur (Triticum durum Desf.) sous climat semi-aride ». *Annales de la Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur* 1 (3).

Breghima TANGARA Brehima Traoré, Sékou Sala GUINDO, Oumarou GOITA, Hamara DABO,



Seydou SIDIBE. 2015. «Détermination de la dose et fréquence de l'irrigation gravitaire du blé tendre sur sol Danga dans la zone Office du Niger Mali».

Chennafi, H., A. Saci, N. Harkati, A. Adjabi, et A. Mébarkia. 2010. «L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi-aride». *Actes des quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Revue INRAA No. Spécial*, 879–887.

Couvreur F. 1985. «Formation du rendement du blé et risque climatiques» Perspectives agricoles, N° 95.

DABO Hamara. 2015. «Identification des variétés performantes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) adaptées aux conditions agro climatiques de la zone Office du Niger Mémoire de fin de cycle, IPR/IFRA de Katibougou».

Hamara DABO, Oumarou GOITA, Sekou Sala GUINDO, Ousmane NIANGALY, Mouctar COULIBALY, Dommo TIMBELY. 2016. «Contribution à l'identification des nouvelles variétés performantes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Adaptées aux conditions agro climatiques de la zone Office du Niger, Mali». *Afrique sciences (AS)*, 2016.

Jean-Pierre SANDWIDI et Amadou KEITA. 1996. «la gestion de l'eau et des infrastructures des petits périmètres irrigués. Améliorer les Performances des Périmètres Irrigués. Les Actes du Séminaire Régional du Projet Management de l'Irrigation au Burkina Faso du 24-26 Juillet 1996 Ouagadougou ».

O. GOITA. 2004. «Stratégie d'intégration de la culture de blé dans la zone officie du Niger : Rapport provisoire». Rapport de campagne.

O. GOITA et B. DIAWARA. 2009. «Amélioration des techniques culturales et introduction de variétés de Blé à haute valeur boulangère»

O. GOITA et B. DIAWARA. 2007. «Amélioration des techniques culturales et introduction de variétés de Blé à haute valeur boulangère» Rapport de campagne. 2008. «Note technique sur la culture du blé au Mali. Centre Régionale de Recherche Agronomique de Gao» Rapport de campagne.

Ouattara et Ameziane. 1989. «Effet de l'irrigation d'appoint en fin de cycle du blé (ou grossissement du grain)».

Simane B., Peacock J.M., Struik P.C., 1993. «Differences in development plasticity growth rate among drought. Resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var.durum).» *Plant and Soil*, 1993.

SPS/SDR. 2015. «SPC/SDR : Rapport de l'enquête Agricole de conjoncture EAC 2015/2016, Annuaire statistique Secteur Développement Rural 2015».

T. Moscal. 1975. «La culture du blé en zone Ouest Sahélienne, Saint Louis Sénégal».

Touré. 2000. «Estimation des besoins en eau du blé dans la zone de Diré au Nord du Mali».



Le manioc au Mali: évaluation préliminaire de la résistance variétale à la bactériose vasculaire (CBB) causée par *Xanthomonas phaseoli* pv *manihotis*

Moussa Kante^{1-4-5*}, Karim Dagno², Camilo E. Lopez-Carrascal³, Ousmane Koita⁴ et Boris Szurek⁵

¹Université de Ségou, Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale, Ségou, Mali

²Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali

³Université Nationale de Colombie, Faculté des sciences, Département de biologie, Colombie

⁴Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, USTTB, Bamako, Mali

⁵Institut de Recherche pour le Développement, IPME, UMR 186 IRD, Univ.Montpellier, Cirad, Montpellier, France

* Adresse de correspondance: moussa4ml@yahoo.fr

RESUME: Le changement climatique avec son corollaire d'effets néfastes sur l'environnement et ses acteurs n'épargne pas les végétaux d'intérêt agronomique. Parmi les effets du changement climatique sur ces végétaux, l'un des plus néfastes est l'augmentation de leur sensibilité aux maladies dites phytoparasitaires. Dans ce contexte, pour une meilleure exploitation agronomique, des études d'évaluation de la résistance variétale identifiant les plus aptes à une pratique durable sont d'une importance capitale. C'est ainsi qu'une série de travaux de recherche sont menées un peu partout dans le monde sur des cultures d'importance comme le manioc (*Manihot esculenta*), culture connue pour sa grande résilience, sa plasticité (peu exigeante quant à la qualité des sols et aux conditions climatiques). Cependant au Mali les travaux sur la culture du manioc restent très limités, bien que des constatations fassent état d'un intérêt accru pour sa production avec une augmentation continue du nombre de producteur. En outre, les connaissances sur les caractéristiques agronomiques dont la résistance des variétés locales aux maladies sont quasi-inexistantes, d'où un grand risque face à des maladies impulsées par le changement climatique comme la bactériose vasculaire du manioc(CBB) confirmée en 2016 dans le pays. Dans l'optique de combler cette insuffisance, des prospections menées en fin 2016 et 2017 dans les zones de production de Mopti, Ségou, Sikasso, Koulikoro, Bamako et Kayes, ont permis de collecter des boutures d'une vingtaine de variétés locales (cultivars) qui ensuite testées durant une année sur parcelle expérimentale. Puis de sélectionner 09 d'entre elles qui offraient les meilleures caractéristiques agronomiques (rendement, résistance au stress hydrique, aux maladies) et organoleptiques. Ces cultivars ont été inoculés dans des conditions semi-contrôlées (serre avec température ambiante) avec des souches de la bactérie *Xpm* responsables de la CBB, qui précédemment avaient été isolées à partir d'échantillons issus des zones de production. Nos séries d'observation à 7, 15, 21 et 28 JAP (Jour après plantation), notées suivant l'échelle de 1 à 5 [1], générant des données analysées avec l'approche AUDPC (Area Under Disease Progress Curve (surface sous la courbe de progression de la maladie)) nous indiquent que ces variétés locales maliennes sont globalement sensibles à l'exception d'une seule variété, V14 appelée Sotuba R ou Bla qui est tolérante/modérément résistante ($39 < \text{AUDPC} < 44\%$). Ces résultats actuels une fois consolidés et vulgarisés (promotion des meilleurs cultivars) peuvent permettre une pratique plus rentable et durable du manioc, une culture de base, bioénergétique, résiliente et donc d'avenir.

Mots clés: Manioc, résistance variétale, bactériose, changement climatique, Mali

I. INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta*) est une plante à tubercules présente tout au long de la ceinture intertropicale[2], source importante d'alimentation, elle est très appréciée pour sa facilité culturale, sa résilience au changement climatique et surtout comme une source non négligeable de revenu pour de nombreux petits producteurs [3]. En effet la culture de manioc n'implique pas l'acquisition d'intrants coûteux (engrais, etc.), de même les semences sont le plus souvent multipliées par voie végétative par le producteur agricole lui-même, à partir de ses propres pépinières. Par ailleurs, le manioc s'adapte à un large éventail de milieux en présentant une bonne tolérance au stress hydrique et à l'acidité des sols tout en

générant des rendements satisfaisants même sur des terres pauvres et marginalisées, ce qui fait de lui une des cultures les plus adaptées au changement climatique [4]. Il est très prisé à travers ces produits finis comme l'Attieké, le Gari, la semoule, ce qui fait qu'il représente la quatrième source de calories dans les pays tropicaux où plus de 700 millions de personnes en dépendent pour leur sécurité alimentaire [5]. Aussi même en cas de troubles civils, le manioc peut demeurer en terre sans surveillance et pourra être récolté ultérieurement sans connaître de réelles détériorations qualitatives. Il présente donc l'intérêt de rester disponible même après le déplacement temporaire d'un ménage [3]. L'importance du manioc pour la sécurité alimentaire



dans ces régions productrices d'Afrique subsaharienne comme la majeure partie des zones de production agricole au Mali tient à ses caractéristiques intrinsèques.

Situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, le Mali confronté à des crises socio-sécuritaires a récemment vu accroître de façon significative le nombre de ses producteurs et zones de production du manioc [5]. Cet intérêt s'explique tout d'abord par le besoin de diversification des productions agricoles (jusque que là essentiellement céréalière) et aussi par les multiples avantages du manioc détaillés plus haut, surtout l'aspect résilience climatique très souhaité dans un contexte sahélien. En outre cet intérêt s'est manifesté par la mise en place de points-focaux au niveau des services techniques agricoles et surtout la création de la Comité Malien de Développement du Manioc-Comadem, démontrant à suffisance une réelle volonté de dynamiser ce secteur de production en pleine expansion dans le pays [6,7]. Toutefois, de nombreuses contraintes demeurent dans les zones de productions, comme la méconnaissance de la nature des problèmes phytosanitaires, qui par moment impactent très négativement la production de manioc. Parmi les ennemis du manioc, la maladie bactérienne dite bactériose vasculaire du manioc (CBB, Cassava Bacterial Blight en Anglais) causé par *Xanthomonas phaseoli pv manihotis* (Xpm) [8] a été identifié sur des échantillons provenant de zones de production du Mali [9].

En effet au Mali comme dans bon nombre de pays producteur, le manioc est menacé par la CBB [10] l'une des plus importantes bactérioses du manioc [11] avec par moment des effets très dommageable sur la production (13 à 100 % de réduction [12]. Cette maladie est essentiellement propagée par les boutures [12,13], la voie de multiplication du manioc la plus utilisée en Afrique et dans les autres régions de production [14]. Ce qui fait que le risque d'expansion de la maladie est amplifié, surtout par le contexte actuel de la mondialisation qui a considérablement accru les mouvements internationaux de végétaux et de produits végétaux par le biais des échanges commerciaux et des déplacements humains [15]. Cela a pour conséquence, l'introduction d'agents pathogènes dans de nouvelles zones agricoles, d'où une augmentation des risques épidémiologiques à la fois en termes de fréquence et de variabilité des origines géographiques. En Afrique de l'Ouest, le Mali en tant que pays enclavé, ayant d'importants échanges avec ces pays voisins surtout avec deux d'entre eux, où récemment la CBB a été confirmée de façon moléculaire (Burkina Faso [16] et Cote d'Ivoire [17], a vu à son tour (Mali) la maladie être confirmée [18] toutefois sans grande connaissance sur ses populations Xpm.

La gestion durable de toutes maladies végétales est fortement liée à l'usage de variétés résistance [19]. En raison du long cycle de croissance et de la multiplication végétative du manioc, l'approche la

plus appropriée pour lutter contre la CBB consiste à cultiver des cultivars résistants, en tant qu'élément d'un système de lutte intégré [20]. Des génotypes avec différents niveaux de tolérance à l'infection ont été signalés lors de travaux antérieurs [21]. Aussi des études menées indiquent que la résistance des cultivars de manioc africains à la CBB est polygénique et héréditaire [22], car introgressé à partir de croisements interspécifiques avec l'espèce sauvage *Manihot glaziovii*. Un haut niveau de polymorphisme dans la diversité génétique et la résistance à la CBB a été observé parmi les génotypes de manioc. Jorge & Verdier (2002) [23] ont identifié six régions du génome du manioc contrôlant la résistance aux souches Xpm, confirmant le caractère polygénique de la résistance. Les mécanismes de défense du manioc contre Xpm ont été observés dans le système vasculaire des tiges de plants de manioc infectés, avec des réactions différentes comparant les cultivars sensibles et résistants [24]. De plus, une forte variabilité des réponses des plantes a été observée en comparant les génotypes de manioc après inoculation artificielle de tiges et de feuilles dans des conditions contrôlées [25].

Compte tenu de tout ce qui précède, des actions afin d'amoindrir les obstacles au développement du manioc au Mali et surtout pour mieux entretenir les initiatives de développement de sa production, sont pertinentes. C'est ainsi que nous jugeons comme action stratégique dans un premier temps, de mieux encadrer ce secteur en le dotant des outils adéquats en terme de connaissance et de compétences technico-scientifiques sur sa production, afin de conseiller au mieux les producteurs pour une pratique durable et raisonnée. Dans un second temps il est opportun de doter les producteurs de matériel végétal sain apte à une production satisfaisante et durable, résiliente aux contraintes bio et abiotiques.

C'est dans cette optique que notre présent travail vise à répondre à la question suivante : Quelles sont les variétés de manioc qui offrent une meilleure tolérance-résistance à Xpm dans le contexte malien de production ? Pour se faire les objectifs assignés étaient de: (i) Recenser et collectionner les variétés de manioc cultivées localement (cultivars maliens) pour déterminer leur vraie identité, leur lien génétique ; (ii) Tester la résistance à la CBB des variétés locales et préconiser (vulgariser) les plus adaptées;

II. MATERIELS ET METHODES

2.1 Matériel de plantation (variétés utilisées)

Les boutures utilisées (tableau 1) sont issues d'une campagne de collecte dans les différentes zones agroécologiques (ZAE) de production de manioc au Mali. Elles ont permis de mettre en place une collection nationale de variétés de manioc cultivées (locales et améliorées), implantée en plein champ à la station du CRRA-Sotuba pour servir réserve pour les tests (agronomique, criblage variétale). Cette



collection a servi pour constituer l'échantillon (16 cultivars) soumis au génotypage. Aussi, c'est à partir d'elle qu'a été sélectionné une sous collection de huit variétés (ce nombre a été fonction de la logistique présente (serre, pot,...)), qui se comportait comme les plus aptes sur le plan agronomique, alimentaire/organoleptique et surtout phytoparasitaire (résistance-tolérance). Les critères

de choix de ces huit variétés sont entre autres: (i) le comportement morphologique dans la collection de germoplasme, (ii) la disponibilité d'un effectif permettant le test de criblage (screening) ; (iii) la popularité de la variété côté utilisation (qualité/appréciation organoleptique) par les populations des zones productrices.

Tableau 1 : Collection de manioc mise en essai à la station du CRRA-Sotuba

N°	Code	Appellations locales (ID)	Région d'origine	ZAE	Génotypage
1	V01	Segou 1_poste (V3)	Segou	3	Oui
2	V02	Farako 2 (Ampong)	Sikasso	4	Oui
3	V03	Loulouni (Bonoua)	Sikasso	4	Oui
4	V04	Farako locale	Sikasso	4	Oui
5	V05	Farako 1 (Ghana N1)	Sikasso	4	Oui
6	V06	Inconnu (Sika)	Sikasso	4	Oui
7	V07	Fanaka	Segou	3	Oui
8	V08	Faux Billet	Mopti	2	Oui
9	V09	Segou 2_poste(VG)	Segou	3	Oui
10	V10	Farako 3 (Ghana N2)	Sikasso	4	Oui
11	V11	Dabokan	Segou	3	Oui
12	V12	Sikasso	Sikasso	4	Oui
13	V13	Farako local 2	Sikasso	4	Oui
14	V14	Sotuba R (Bla)	Bamako	3	Oui
15	V15	Samanko locale	Koulikoro	3	Non
16	V16	Kita Moha	Kayes	3	Oui
17	V17	Kita 1	Kayes	3	Non
18	V18	Kita 2	Kayes	3	Oui
19	V19	Kita 3	Kayes	3	Non
20	V20	SG107	Colombie-France		Non

ZAE=Zone Agroécologique ; 2=ZAE Sahélienne ; 3=ZAE Soudanienne ; 4=ZAE Soudano-guinéenne

2.2 Génotypage des cultivars maliens

Pour chaque variété sélectionnée, des échantillons de feuilles ont été prélevés dans la parcelle expérimentale et séchés avec du gel de silice dans un récipient et amenés au Centre bioscience de l'IITA à Ibadan (Nigeria) pour l'extraction d'ADN et le génotypage. Les marquages moléculaires (génotypage) ont été réalisées à l'aide de marqueurs

SSR (Simple Sequence Repeat) (tableau 3), au nombre de 24, qui sont connus pour être hautement polymorphes et ont un fort potentiel de discrimination entre les variétés étroitement apparentées, en particulier lorsque la méthode d'électrophorèse capillaire est utilisée pour l'analyse des fragments et la détermination des d'allèles.

Tableau 2 : Différentes variétés sélectionnées pour les tests d'inoculation



Test 1		Test 2	
Code	Appellations locales	Code	Appellations locales
V12	Sikasso	V01	Segou 1_Poste ou V3
V05	Farako1 ou Ghana N1	V02**	Farako2 ou Ampong**
V14	Sotuba R. ou Bla	V09**	Segou2-Poste ou VG**
V09**	Ségou 2-Poste ou VG **	V14	Sotuba R. ou Bla
V04	Farako locale	V15	Samanko locale
V02**	Farako 2 ou Ampong**	V20	SG107

**Variétés présents dans les 02 tests

Tableau 3 : Ensemble des marqueurs SSR utilisés pour le génotypage des 16 cultivars maliens, leurs groupes de liaison et leurs positions et séquences d'amorces.

SSR	Taille [26]	Position	Amorce gauche (avant 5' - 3')	Amorce droite (Reverse 5' - 3')
SSRY98	1	41,371	ACCAATCCAAGCTGCAAATC	GTGATTGGTAGTGGTGGCCT
NS166	1	92.179	ACAAAAGCAATCAGGCAAGC	TTGTGCACCATGAAACCATT
SSRY81	2	84,64	GGCGATTTCATGTCATGCTT	TGATTTTCTGCGTGATGAGC
SSRY27	4	77.028	CCATGATTGTTTAAGTGGCG	CCATTGGAGAAGCTTGGCAAC
SSRY12	5	79,67	AACGTGCAAACCATTCTACTTGC	GCCAGCAAGGTTTGCTACAT
SSRY191	5	21.418	TTTCATGAACAACCTTTCTGGGTA	TGTTGGCTGAGAAAGCAAGA
SSRY83	6	28.049	TGGCTAGATGGTGATTATTGCTT	TGCTTACTCTTTGATTCCACG
SSRY184	6	41.082	TCATCCCAAAAATACCTCTAACA	CTCCGACAAGCATGTGAATG
SSRY272	7	13,762	ACTCGTGGGATCTTCCCTTT	CTGGAACCTCTGGCTCTCAC
SSRY69	7	111.909	CGATCTCAGTCGATACCCAAG	CACTCCGTTGCAGGCATTA
NS300	8	37,867	TGAGAATTGTTGATTCCCAAGTT	GCCAGGCTTTCCTGTGATAG
NS1052	8	60.452	GAGTGTGTCCGGCAGTTTC	CCATTCCATGGGTTTGTGTT
SSRY119	10	20,781	AACATAGGCATTAAGTTTGGA	GCAAATGTGTTTCAATATAAGGC
NS928	10	70,98	GATACCCACAAGCCCAAGA	GACCCACCCATCCACTAGAA
ESTsSSRY19	11	37.073	GAGAAGTGGTTGGGGTTTCA	TCAAGAGCTGGACTTGAGGAA
SSRY66	11	56,558	ATCTCAGCTTCCAACCTTTTCACT	CGAAATGCTTGGAGACAGGTATAG
SSRY295	11	75.199	GCTTAGCTTATCCTTGGACCTTG	AGACAAGCACCCACCAGAAT
SSRY251	11	77.068	AGTCTCTACAGCCAAGTAGCATCT	GCGTTGACGACGTCCATAAT
NS717	11	91,7	GCCAAATCGCCAAGGTAATA	GGTGAGTGATAAGGTTACGGC
SSRY182	12	5.249	GGAATTTCTTGTCTATGATGCC	TTCTTTTACAACTTCTGGACGC
SSRY1	13	37,383	GCAGTGCCGCTAATAGTTT	CCAAGAGATTGCACTAGCGA
SSRY169	14	22.157	ACAGCTCTAAAACTGCAGCC	AACGTAGGCCCTAACTAACCC
NS1021	14	58.015	TCACAATGAAGCCAGTGAA	TTGTATCTGAGCCTTGCGTG
SSRY107	15	0,234	CCATTTTCTCTTGCTTCTGTCA	TGGTTTGAAGTCCTATAAAATCCT T

2.3. Criblage/screening de cultivars maliens:

2.3.1. Dispositif expérimental, plantation et observation:

Les variétés utilisées pour les tests de screening (tableaux 2) sont au nombre de 10 dont 09 cultivars locaux et améliorés parmi la collection malienne et d'un génotype résistant, la variété SG107 [54] originaire de la Colombie (tableau 1), obtenue dans la collection de l'IRD de Montpellier en France. Les boutures ont été plantées dans des pots en plastique contenant de la terre et placées dans une serre en condition semi-contrôlée (25 à 30°C et une humidité relative de 90%) au niveau du CRRA-Sotuba de Janvier à Mars 2019 (test 1) et de Mai à Juillet 2019 (test 2). Chaque pot contenant une bouture était

quotidiennement arrosé avec l'eau de robinet. Nous avons effectué deux tests qui pour des modalités pratiques liées à la logistique ne pouvaient contenir chacun que six génotypes de manioc. Chacun des six génotypes, était répété cinq fois (05 plants) et donc inoculé en groupe de 30 avec chacune des 03 souches. Les plants témoins ont été percés à l'aide de cure-dents stériles sans inoculum.

2.3.2. Inoculation des plantes

Trois souches hautement virulentes de Xpm ont été utilisées. Il s'agissait de S1=CIO151, la souche de référence originaire de la Colombie et de deux (02) du Mali, à savoir S2=SDK1-6 et S3=Ksa3-11. Ces souches ont été choisies, pour celles maliennes



parce qu'elles sont parmi les plus représentatives de la diversité génétique des Xpm du Mali. Quant à la CIO 151, c'est une souche de référence puisque connue pour sa grande virulence et complètement séquencée.

L'inoculum s'obtient à partir du stock de conservation, ainsi les trois souches bactériennes sont préalablement cultivées pendant 48 h sur du milieu LPGa (Extrait de levure 5 g l⁻¹, Peptone 5g l⁻¹, Glucose 5 g l⁻¹, Agar 15 g l⁻¹) [23] puis dilué dans du MgCl₂ pour préparer un inoculum de 10⁶ UFC / ml (DO_{600 nm}: 0,002). Pour cela ajouter 10 ul de la suspension bactérienne à 10 mL MgCl₂ (10 mM). Par la suite, des plantes vigoureuses de six semaines (un mois et demi) ont été inoculées au niveau de leur tige, à l'aide de cure-dent stérile imbibé d'inoculum de chacune des trois Xpm [27]. Pour précision la perforation a eu lieu entre le deuxième et la troisième feuille en comptant à partir du sommet.

2.3.3 Évaluation l'agressivité/résistance des souches/plantes sélectionnées : Techniques d'évaluation, paramètres évaluation/cribleage

L'évaluation des symptômes est effectuée conformément à la proposition de Restrepo et al. [21], dans laquelle aux 7, 15, 21 et 30 JAI (Jour Apres Inoculation), avec pour échelle de notation : 0 = Pas de symptômes; 1 = Zone translucide et nécrose au point d'inoculation ; 2 = exsudation au niveau de la tige; 3 = Une ou deux feuilles flétries; 4 = Trois feuilles flétries ou plus; 5 = Plante morte. Une fois que les symptômes évalués ; le calcul de l'AUDPC (Area Under Disease Progress Curve (surface sous la courbe de progression de la maladie)) se fera selon la formule suivante :

$$AUDPC = \sum_i \frac{(D_i + D_{i-1}) * (t_i - t_{i-1})}{2}$$

Où D correspond à l'ampleur de la maladie en fonction des jours de symptômes observés et t après l'inoculation, avec i = 7, 15, 21 et 30 jours. Suivant la base du pourcentage d'AUDPC de chaque souche (moyenne des valeurs AUDPC les plus élevées des trois souches considérées comme 100%) établit par Banito et al., 2008[13] modifiée par Rache et al. (En prep.) , des groupes de résistants (0-39%), modérément résistants (39-44%), modérément sensible (44-49%) et des génotypes sensibles (49-

100%), sont formés. Après avoir ajouté les valeurs AUDPC des trois souches (total AUDPC), des groupes de génotypes résistants, modérément résistants, modérément sensibles et sensibles ont été définis en utilisant les mêmes plages de pourcentage que ci-dessus.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Résultats

3.1.1. Génotypage des cultivars maliens

A partir de l'analyse de l'arbre de descendance ou dendrogramme déterminant la relation génétique entre les variétés de manioc testées en station (figure 1) , on constate que l'échantillon V12 est isolé des autres variétés de manioc, ce qui pourrait signifier qu'il a une ascendance très différente des autres variétés. Tandis que les échantillons V01 et V08 sont identiques et que les échantillons V10, V14 et V16 sont également identiques. C'est ainsi que sur les seize cultivars locaux emmenés à l'IITA d'Ibadan, tous originaires des zones de cultures concernées par nos prospections, au final nous distinguons douze génotypes (selon le typage SSR). Ce résultat contredit l'hypothèse des seize génotypes selon les appellations des agriculteurs. Toute chose qui montre qu'un même génotype peut avoir des appellations distinctes d'une zone de production à une autre. Ces résultats nous ont permis une optimisation du criblage, à travers un choix des variétés à tester fonction des groupes (cluster obtenu) (figure 2).

Le dendrogramme obtenu à partir de l'estimation de la distance génétique (Figure 2) nous indique que les 16 variétés de manioc forment trois groupes représentés par la couleur jaune (Groupe 3), rouge (Groupe 2) et bleu (Groupe 1). C'est ainsi que le groupe 1 ne comprend qu'une seule variété (V12), qui serait très éloigné en terme de descendance des autres variétés; le groupe 2 comprend 10 variétés: V01, V05, V06, V07, V 08, V10, V11, V13 et V16 ; le groupe 3 comprend 5 variétés: V02, V03, V04, V09 et V18.

Une analyse croisée (tableau 1 ; figure 1 et 3), nous permet de dire que les génotypes de manioc présents au Mali, sont déployés de façons hétérogènes dans les différents ZAE, toutefois la région de Sikasso est celle qui possède la plus grande diversité donc de ressource génétique de manioc.





Figure 1 : Arborescence UPGMA de regroupement hiérarchique (dendrogramme) calculée à partir de la distance de partage des allèles par paire à l'aide de 24 SSR

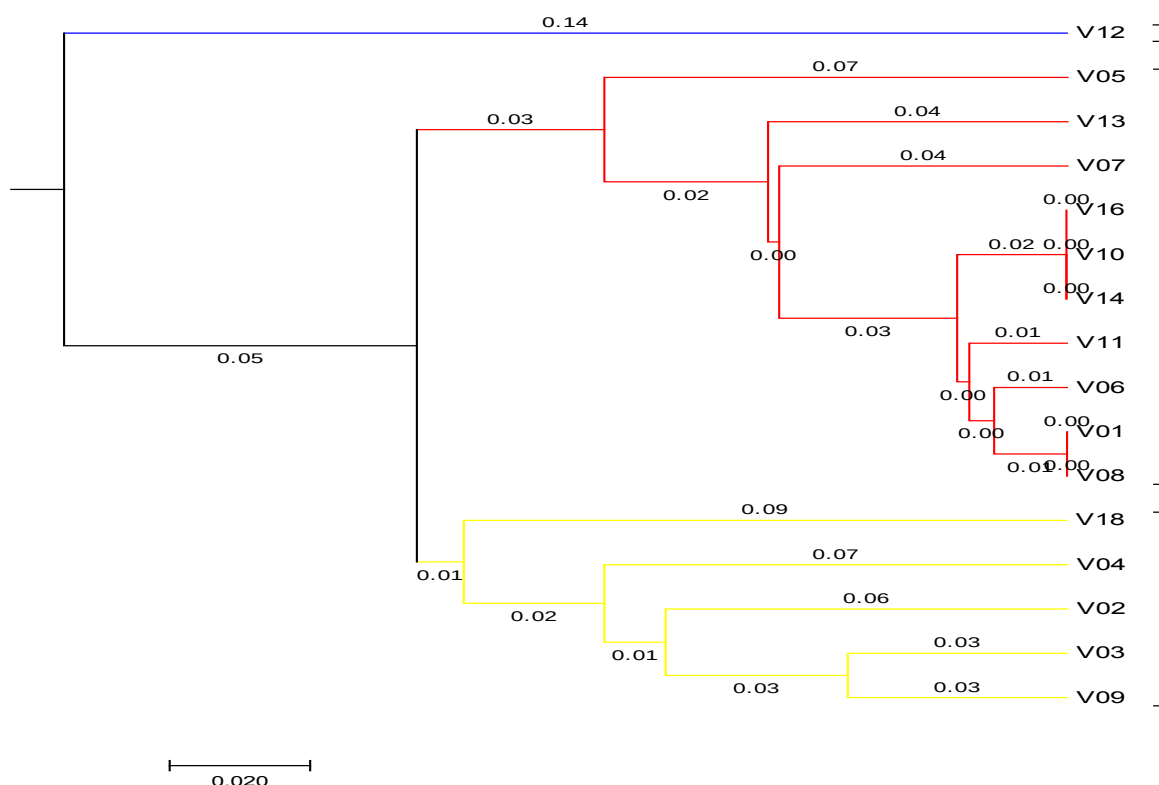


Figure 2 : Un clustering hiérarchique (dendrogramme) montrant les trois clusters différents

3.1.2. Sélection des meilleurs cultivars (génotype tolérant-résistant)

Nos résultats (tableaux 4, 5,6) indiquent une plus forte sensibilité des variétés locales, en comparaison

avec la variété de référence V20 (SG107). La meilleure en termes de tolérance parmi les variétés testées, était la V02 (Farako2 ou Ampong).



Tableau 4 : Comportement (AUDPC) des variétés du Test 1 de criblage variétal

Souches	V12	V05	V14	V09	V04	V02	GV	Provenance
S1	S (76,6±8,8)	NE	S (75,7 ±9,4)	S (76,3±13,9)	S (74,3 ±14,0)	S (57,4±15,4)	I	Colombie
S2	S (73,5±ND)	R (31,5±24,7)	MS(46,7±5,3)	S (66,5±9,9)	S (77±7)	S (51,3±2)	II	Ségou/Mali
S3	S (73,5±19,8)	S (64,2±8,3)	S (57,7±7,9)	S (57,8±42,1)	S (74,9±9,1)	S (75,8±8,8)	II	Koulikoro/ Mali

Tableau 5 : Comportement (AUDPC) des variétés du Test 2-repetition 1 de criblage variétal

Souches	V01	V02	V09	V14	V15	V20	GV	Provenance
S1	S (66,5±19,8)	R (35±ND)	S (50,2 ±20,5)	S (59,5±ND)	S (54,3 ±17,5)	S (58,3±22,8)	I	Colombie
S2	S (73,5±ND)	R (31,5±24,7)	MS(46,7±5,3)	S (66,5±9,9)	S (77,0±7)	S (51,3±2)	II	Ségou/Mali
S3	S (73,5±19,8)	S (64,2±8,3)	S (59,5±9,9)	S (57,8±42,1)	S (72,1±11,5)	NE	II	Koulikoro/ Mali

S1=CIO151 ; S2=SDK1-6 ; S3=Ksa 3-11 ; GV : Groupe de virulence relative

Tableau 6 : Comportement (AUDPC) des variétés du Test 2- répétition 2 de criblage variétal

Souches	V01	V02	V09	V14	V15	V20	GV	Provenance
S1	S(56,5±14,8)	S (70±14,8)	S (55,1 ±16)	MS(47,3±37,3)	S (49±19,6)	S (59,5±18,5)	I	Colombie
S2	S (61,3±7,4)	S (50,2±26,7)	S (57,6±16,1)	S (52,5±11,9)	S (44,8±14,6)	R (35±ND)	II	Ségou/Mali
S3	S (77±4,9)	MS (45,5±19,8)	S (65,3±8,8)	MR(42,7±16,5)	S (72,6±18,2)	S (58,6±25,6)	II	Koulikoro/ Mali

S1=CIO151 ; S2=SDK1-6 ; S3=Ksa 3-11 ; GV : Groupe de virulence relative

Les données présentées sont la moyenne de la somme d'AUDPC en unités arbitraires à 28 dpi à partir de cinq répétitions par génotype. En référence à **Rache et al. (En préparation)** un génotype a été considéré comme résistant, (R) si $\sum \text{AUDPC} \leq 39$, modérément résistant (MR) si $39 < \sum \text{AUDPC} < 44$, modérément sensible (MS) lorsque $44 < \sum \text{AUDPC} < 49$ et sensible (S) lorsque $\sum \text{AUDPC} \geq 49$, NE: non évalué.

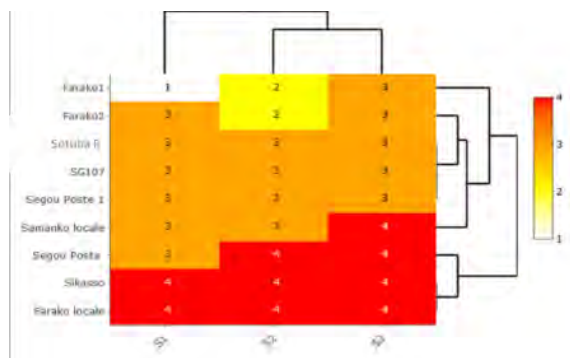


Figure 3: Niveau d'agressivité des souches appliquées et de résistance des variétés testées (Diagramme obtenu à partir de la plateforme *bioinfo-shiny.ird.fr*)

Une analyse de l'agressivité des trois souches utilisées (figure 3) nous donne par ordre d'importance : S3 (sdk1-6), S2(Ksa3-11) puis S1(CIO151). Ces résultats permettent de dire que les souches de profils génétiques les plus présents au

Mali (sdk1-6, Ksa3-11) sont plus agressives que la souche de référence (CIO151).

Quant à la résistance des variétés testées, dix au total (tableau 2), dans le premier test (tableau 4) la V05 (Farako1 ou Ghana N1) qui est une variété améliorée originaire du Ghana est celle qui offre un meilleur comportement face aux souches Xpm utilisées. Quant aux tests 2 (répétitions 1 et 2) c'est la V02 (Farako 2 ou Ampong) également une variété améliorée originaire du Ghana, qui offre un meilleur comportement comparativement à V20 (SG107), qui est la variété témoin qui est connue (la variété de référence) pour sa résistance face à Xpm. Nos résultats actuels (Tableau 5 et 6) indiquent que cette variété (V20, qui est SG107) est plutôt tolérante que résistante.

Parmi toutes les variétés locales, c'est la V14 (Sotuba R. ou Bla) qui est la seule variété locale plus tolérante par rapport à SG107 (variété témoin).

Les variétés V01, V04, V12, V15, sont très sensibles aux Xpm utilisées lors de ces tests. Tandis que V14, V09, peuvent être perçues comme peu sensibles (donc modérément tolérantes), V20, V14 comme tolérantes.



Celles qui offrent un meilleur comportement à l'analyse des trois tableaux sont : V05 et V02.

Cependant en comparant les variétés présentes dans les 02 tests, en cooccurrence V02 et V09 on se rend compte d'une très grande variabilité dans les résultats d'un test à un autre. Nos résultats indiquant que peu de résistance sont manifestés par les variétés locales, et parmi elle Sotuba R., est la meilleure variété face à Xpm. En somme à l'échelle locale, la Sotuba R. ou Bla peut être considéré comme le cultivar maliens d'intérêt, à mieux explorer et si confirmation, promouvoir et diffuser

3.2 Discussion

La culture du manioc ayant sérieusement pris un coup d'accélérateur au Mali ces vingt dernière année [7], la bibliographie sur cette culture à l'échelle nationale reste très pauvre, et celle sur les maladies est quasiment inexistante, d'où un secteur sevré en terme de documentation nationale. En conséquence au Mali rarement des notes en lien avec les maladies du manioc sont disponibles et spécifiquement sur la CBB, aucune n'a été jusqu'à ce jour établie officiellement. D'où l'intérêt des études récentes à l'IRD et l'IER, qui ont permis de démontrer que Xpm est présente dans plusieurs zones de production du manioc [18].

Par ailleurs, à l'heure actuelle, des études de diversité de Xpm ont principalement été menées sur des souches originaires d'Amérique Latine [53] témoignant d'une forte variabilité de l'agent pathogène dans cette région du monde proche des centres d'origines du manioc Tandis qu'en Afrique, les quelques rares études sur Xpm menées sont contradictoires [28],[29],[30].

Quant à la diversité des variétés de manioc, des travaux récents comme celui de [31], indique que traditionnellement, la caractérisation de la diversité des variétés de manioc se fait à partir des attributs morphologiques, compte tenu de la façon dont ils sont reconnus par les producteurs. Ainsi, bien que le critère plus général et largement utilisé par les différents communautés locales qui stipulent l'existence de deux types de manioc : doux et amer. A cela s'ajoute l'usage des marqueurs moléculaires qui a beaucoup évolué avec l'ascension de la biologie moléculaire. Pour ce second cas particulier, les premières études au début des années 1990 reposaient sur des analyses d'AFLP [32 ,33]. Plus tard, ils ont commencé à utiliser les microsatellites ou SSR, qui sont encore utilisés aujourd'hui [34],[35], [36],[37] ,[38],[39] comme le cas de notre étude, suivis des SNP [40], [41], sans oublié le cas de la technique AFLP [33], [42].

Quel que soit le type de marqueur utilisé, les études sur la diversité génétique du manioc ont révélé surtout une grande diversité trouvée en Amérique du Sud, en particulier dans la région de l'Amazonie, comme prévu pour être le centre d'origine géographique du manioc cultivé [35], [42],[43],

[44],[45]. Les études sur la diversité génétique en Afrique montrent également une grande variabilité des populations de manioc de cette région [37]. Ce constat conduit à considérer cette région comme le deuxième centre de diversification [36] surtout que les études sur la diversité en Asie ont montré qu'il existe une diversité génétique plus faible du manioc, qui est peut-être liée à sa récente introduction et à la gestion commerciale de la culture [46], [47]. Nos résultats issus du génotypage des variétés récoltés en zone de production au Mali, confirme la diversité existante en Afrique.

Etant donné qu'une connaissance fondamentale de l'interaction entre les cultivars/variétés de manioc et les souches bactériennes devrait aider à la sélection de cultivars présentant une résistance durable [48], des travaux de criblage de variétés de manioc avec des souches locales sont nécessaires [23], [49], [50]. C'est ainsi que les cultivars locaux et améliorés, sont ici caractérisés pour examiner leur réaction à Xpm , afin de trouver des génotypes ayant un bon niveau de résistance, qui pourraient être recommandés aux producteurs dans le cadre d'un système intégré de contrôle de la CBB. Pour se faire lors de la présente étude des génotypes de manioc sélectionnés et un témoin issu de la collection internationale ont été inoculés avec 03 souches Xpm du Mali et leur réaction a été évaluée.

Ce travail qui constituait le screening ou criblage variétal, a permis de constater une forte sensibilité de la plupart des variétés adoptées dans les zones de production au Mali. Cette constatation est à confirmer par une étude complémentaire étant entendu son importance, vu qu'elle peut servir d'outil de décision dans le choix des variétés vulgarisables. Surtout que que des travaux en Colombie [21] ont montrés que la plupart des cultivars présentant une résistance en serre ont également manifesté une résistance en champ. Et qu'au Bénin [13] , il a été démontré que la sévérité de la bactériose du manioc est corrélée négativement au rendement en racines de manioc dans les parcelles inoculées artificiellement dans différentes zones agroécologiques. Au Nigeria [50], Togo [20], Côte d'Ivoire [51] des travaux de criblages ont été menés avec succès pour identifier certaines des variétés tolérantes à Xpm.

Exigence actuelle : nécessité de variétés résistantes pour une meilleure résilience au changement climatique

Le réchauffement climatique s'accompagnera d'une augmentation du CO2 atmosphérique [4], et bien que les deux facteurs favorisent la productivité végétale de C3, chez des plantes à tubercules comme les pommes de terre , le manioc, cette productivité accrue s'accompagnera de fortes augmentations des défis biotiques (maladies et ravageurs) et abiotiques (sécheresse, chaleur, conditions météorologiques défavorables et non saisonnières) qui pourraient diminuer le rendement des plantes et accroître



l'incertitude des cultures [52]. Les variétés précédemment adaptées peuvent ne plus être robustes dans la même localité géographique en raison d'un manque de résistance / tolérance à ces facteurs biotiques et abiotiques. Ces facteurs sont interdépendants, les variétés de résistance stressées peuvent avoir une résistance atténuée dans différents environnements, une résistance peut être nécessaire à des stades de développement différents de ceux précédemment requis, la résistance peut être dépassée par la taille de la population des ravageurs et des maladies, et de nouveaux ravageurs et maladies peuvent apparaître [52]. Une connaissance fondamentale de l'interaction entre les cultivars de manioc et les souches bactériennes devrait aider à la sélection de cultivars présentant une résistance durable.

IV. CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus, nous déduisons une plus forte sensibilité à la CBB des variétés locales maliennes, en comparaison avec la variété de référence V20 (SG107), qui elle est améliorée, tout comme la plus performante en termes de tolérance à l'issue de notre étude : V02 (Farako2 ou Ampong), originaire du Ghana. En conséquence pour une pérennisation de la productivité du manioc au Mali, la V14 (Sotuba R. ou Bla), qui est la meilleure parmi les variétés maliennes testées, mérite une plus large vulgarisation à travers un déploiement massif dans les zones de production.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui multiforme et constant de l'IRD, du CRRA de Sotuba à travers le staff du Dr Karim DAGNO, particulièrement Seguerema OUOLOGUEME, aussi grâce à l'assistance technique d'Ibrahim KEITA au LBMA et surtout aux soutiens financiers et administratifs de la JEA-COANA et de l'Université de Ségou. Un Merci spécial aux collaborateurs de l'IITA d'Ibadan au Nigeria (Ruth, Dr I. Rabbi, Dr P. Kulakow).

REFERENCES

- [1] Restrepo S., Velez C. M., and V. Verdier, 2000. *Measuring the genetic diversity of Xanthomonas axonopodis pv. manihotis within different fields in Colombia*. Phytopathology, 90(7), 683–690. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.7.683>
- [2] Prakash A., 2015. *Global Cassava Trends. State of cassava global and in the region*. In : *Regional Conference on cassava in the Caribbean and Latin America*. Conference Report 10-12 February 2014. FAO. In line: <http://www.fao.org/3/a-i4548e.pdf>.
- [3] FAO, 2013. *Produire plus avec moins: Le manioc Guide pour une intensification durable de la production 3* : 129p.
- [4] Jarvis A., Villegas J. R., Campo B. V. H., Navarro-racines C., 2012. *Is Cassava the Answer to African Climate Change Adaptation?* Published in *Tropical Plant Biology*, DOI: 10.1007/s12042-012-9096-71*Original paper available at <http://www.springerlink.com/content/n36675226277455j/>
- [5] Kouakou J., Nangananga S., Plagne-ismail C., Mazalo Pali A., et Ognakossan K.E., 2015. *Production et transformation du manioc*, Collection PRO-AGRO, ISF-Cameroun et CTA, Wageningen, Pays-Bas, 40 p., texte intégral en ligne.
- [6] FAO, 2016. *Cassava in the Caribbean region "A look at the potential of the crop to promote agricultural development and economic growth Cassava"*. Bridgetown: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Clayuca Corporation and Inter American Institute for Cooperation on Agriculture.
- [7] Dembele D., Diarra B., Sanogo F., Bengali M., Ballo A., Samake O., Sissoko M., 2013. *Evaluation de variétés locales de manioc et de patate douce au Mali*, Rapport final de projet (PPAAO/WAAPP), 52p.
- [8] Constantin E. C., Cleenwerck I., Maes M., Baeyen S., Van Malderghem C., De Vos P., & Cottyn B., 2016. *Genetic characterization of strains named as Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae leads to a taxonomic revision of the X. axonopodis species complex*. Plant Pathology. <https://doi.org/10.1111/ppa.12461>
- [9] Kanté M., 2016. *Analyse de la diversité de Xanthomonas axonopodis pv manihotis (Xam) au Mali*. Mémoire master 2. Montpellier SupAgro-France. 77P.
- [10] Lozano J.C., 1986. *Cassava Bacterial Blight: A manageable disease*. Plant Dis. 70: 1089-1093.
- [11] Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., ... & Toth I. A. N. (2012). *Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology*. Molecular plant pathology, 13(6), 614-629.
- [12] Harris K. P., Martin A., Novak S., Kim S.H., Reynolds T., & Anderson C. L., 2015. *Cassava Bacterial Blight and Postharvest Physiological Deterioration Production Losses and Control Strategies*.]
- [13] Banito A., Kpemoua K. E., & Wydra K., 2008. *Expression of resistance and tolerance of cassava genotypes to bacterial blight determined by genotype x environment interactions*. Journal of Plant Diseases and Protection, 115(4), 152–161. <https://doi.org/10.1007/BF03356261>



- [14] Vernier, P., N'Zué, B., & Zakhia-Rozis, N. (2018). *Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle* (Éditions Q; Agricultures tropicales en poche, Ed.). Retrieved from <https://www.quae-open.com/produit/87/9782759227099/le-manioc-entre-culture-alimentaire-et-filiere-agro-industrielle>
- [15] Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J., Esker P., McRoberts N., & Nelson A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>.
- [16] Wonni I., Ouedraogo L., Dao S., Tekete C., Koita O., Geradine T., Portier P., Szurek B. and Verdier V. ,2014. *First Report of Cassava Bacterial Blight caused by Xanthomonas axonopodis pv. manihotis in Burkina Faso*. *Plant Disease*, 99(4), p 551.
- [17] Koné , D., Dao, S., Tekete, C., Doumbia, I., Koita, O., Abo, K., ... & Verdier, V. (2015). *Confirmation of Xanthomonas axonopodis pv. manihotis Causing Cassava Bacterial Blight in Ivory Coast*. *Plant Disease*.
- [18] Kante, M., Flores, C., Moufid, Y., Wonni, I., Hutin, M., Thomas, E., ... & Koita, O. (2020). *First Report of Xanthomonas phaseoli pv. manihotis, the Causal Agent of Cassava Bacterial Blight, in Mali*. *Plant Disease*, PDIS-12.
- [19] Castiblanco L. F., Juliana G. , Rojas A., Osorio D., Gutiérrez S., Bodnar A. M., Perez-Quintero A. L., Koebnik R., Szurek B., López C., Restrepo S., Verdier V., Berna A. J.,2013. *TALE1 from Xanthomonas axonopodis pv. manihotis acts as a transcriptional activator in plant cells and is important for pathogenicity in cassava plants*. *Molecular plant pathology* (2013). vol. 14, no 1, p. 84- 95.
- [20] Wydra K., Banito A., & Kpemoua K. E. (2007). *Characterization of resistance of cassava genotypes to bacterial blight by evaluation of leaf and systemic symptoms in relation to yield in different ecozones*. *Euphytica*. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9335-9>
- [21] Restrepo, S., Duque, M. C., & Verdier, V. (2000). *Resistance spectrum of selected Manihot esculenta genotypes under field conditions*. *Field Crops Research*, 65(1), 69-77.
- [22] Hahn, S. K., Terry, E. R., Leuschner, K., Akobundu, I. O., Okali, C., & Lal, R. (1979). *Cassava improvement in Africa*. *Field Crops Research*, 2, 193-226.
- [23] Jorge, V., & Verdier, V. (2002). *Qualitative and quantitative evaluation of cassava bacterial blight resistance in F1 progeny of a cross between elite cassava clones*. *Euphytica*, 123(1), 41–48. <https://doi.org/10.1023/A:1014400823817>
- [24] Kpémoua, K., Boher, B., Nicole, M., Calatayud, P., & Geiger, J. P. (1996). *Cytochemistry of defense responses in cassava infected by Xanthomonas campestris pv. manihotis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 42(11), 1131-1143.
- [25] Zinsou, V., Wydra, K., Ahohuendo, B., & Hau, B. (2005). *Genotype × environment interactions in symptom development and yield of cassava genotypes with artificial and natural cassava bacterial blight infections*. *European Journal of Plant Pathology*, 111(3), 217-233.
- [26] Rabbi, I. Y., Kulembeka, H. P., Masumba, E., Marri, P. R., and Ferguson, M. (2012). *An EST-derived SNP and SSR genetic linkage map of cassava (Manihot esculenta Crantz)*. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(2), 329-342.
- [27] Verdier, V., & Restrepo, S. ,1997. *Répartition géographique de la bactériose vasculaire du manioc en Colombie et variabilité de l'agent pathogène*. *Les Cahiers de La Recherche Développement*, 44, 16–26.
- [28] Ogunjobi A. A., Fagade O. E., & Dixon A. G. O. ,2006. *Molecular variation in population structure of Xanthomonas axonopodis pv manihotis in the south eastern Nigeria*. *African Journal of Biotechnology*, 5(October), 1868–1872. <https://doi.org/10.4314/ajb.v5i20.55891>
- [29] Assigbetsé K., Verdier V., Wydra K., Rudolph K. & Geiger J. P., 1998. *Genetic variation of the cassava bacterial blight pathogen, Xanthomonas campestris pv. manihotis, originating from different ecoregions in Africa*. In : IX International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Madras, India. p. 223-229.
- [30] Chege M. N., Wamunyokoli F., Kamau J., & Nyaboga E. N. (2017). *Phenotypic and genotypic diversity of Xanthomonas axonopodis pv. manihotis causing bacterial blight disease of cassava in Kenya*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 5(02), 38–44. <https://doi.org/10.7324/jabb.2017.50206>
- [31] Perez D., Mora R., & Lopez-Carrascal C., 2019. *Conservation of the cassava diversity in the traditional cultivation systems of the Amazon*. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 202–212. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428>
- [32] Roa AC, Maya MM, Duc MC, Tohme J, Allem AC, Bonierbale MW, 1997. *Analyse AFLP des relations entre manioc et autres espèces de Manihot* . *Théor Appl. Genet*; 95: 741-750. Doi: <http://doi.org/10.1007/s001220 050620>



Ogunjobi A. A., Dixon A. G. O., et Fagade O. E, 2007. *Molecular Genetic Study Of Cassava Bacterial Blight Casual Agent In Nigeria Using Random Amplified Polymorphic DNA*. *Electron J Environ Agr Food Chem*, 6, 2364-2376.

[33] Elias M., Panauda O., Roberta T., 2000. *Évaluation de la variabilité génétique*

dans une culture traditionnelle de manioc (Manihot esculenta Crantz) système, en utilisant des marqueurs AFLP. *L'héritage*: 85: 219-230.

[34] Chavarriaga AP, MM Maya, Bonierbale MW, Kresovich S, Fregene MA, Tohme J, et al., 1998. *Microsatellites dans le manioc (Manihot esculenta Crantz): Découverte, héritage et variabilité*. *Théor Appl. Genet* :97 (3): 493–501. Doi: <http://doi.org/10.1007/s001220050922>

[35] Elias M, MCKey D, 2001. *L'écologie de la reproduction non gérée de plantes domestiquées dans les agro-écosystèmes traditionnels: exemple impliquant le manioc et un appel de données*. *Loi Oecol.*; 21 (3): 223-230. Doi: <http://doi.org/10.1016/S1146->

609X (00) 00053-9

[36] Fregene MA, Suarez M, Mkumbira J, Kulembeka H, Ndedya E, Kulaya A et al., 2003. *Diversité de marqueurs de répétition de séquence simple dans les variétés locales de manioc: diversité génétique et différenciation dans une culture à reproduction asexuée*. *Théor Appl. Genet*; 107 (6): 1083-1093. Doi: <http://doi.org/10.1007/s00122-003-1348-3>

[37] Kizito EB, Bua A, Fregene M, Egwang T, U Gullberg, Westerbergh A. (2005). *L'effet de la maladie de la mosaïque du manioc sur le patrimoine génétique diversité du manioc en Ouganda*. *Euphytica*.(2005); 146 (45): 45–54. Doi: <http://doi.org/10.1007/s10681-005-2959-3>

[38] Montero RM, Correa AM, Siritunga D., 2011. *Différenciation moléculaire et diversité du manioc (Manihot esculenta) pris à partir de 162 endroits à travers Porto Rico et évalué avec des marqueurs microsatellites*. *Plantes AoB*; 11: 1–13. Doi: <http://doi.org/10.1093/aobpla/plr010>

[39] Tovar E, Bocanegra JL, C Villafañe, Fory L, Velasquez A, Gallego G, Moreno R, 2015. *Diversité et structure génétique de variétés locales de manioc et leurs espèces sauvages apparentées (Manihot spp.) en Colombie révélé par répétition de séquence simple*. *Plante Genet Resour-C*. 2015; 14 (3): 200-210. Doi: <http://doi.org/10.1017/S1479262115000246>

[40] Kawuki RS, Ferguson M, Labuschagne M, Herselman L, Kim DJ, 2009. *Identification, caractérisation et application de single polymorphismes nucléotidiques pour l'évaluation de la diversité chez le manioc (Manihot esculenta Crantz)*. *Mol. Race* 2009; 23 (4): 669–684. Doi: <http://doi.org/10.1007/s11032-009-9264-0>

[41] Peña-venegas C, Stomph TJ, Verschoor G, Lopez-lavalle LAB, Struik PC, 2014. *Différences de diversité parmi Cinq ethnies de l'Amazonie colombienne*. *La diversité*; 6 (4): 792–826. Doi: <http://doi.org/10.3390/d6040792>.

[42] Tiago AV, Rossi AAB, Tiago PV, Carpejani AA, Silva BM, Hoogerheide ESS, et al. 2016. *Diversité génétique dans les races locales de manioc*

cultivé dans des fermes d'Alta Floresta-MT, au Brésil. *Genet Mol. Res.*; 15 (3): 1–10. Doi: <http://doi.org/10.4238/gmr.15038615>

[43] Olsen KM, Schaal BA. *Preuve de l'origine de Manioc: Phylogéographie de Manihot esculenta*. *PNAS*.1999; 96 (10): 5586-5591. Doi: <http://doi.org/10.1073/pnas.96.10.5586>

[44] Allem AC, 2002. *Les origines et la taxonomie du manioc*. Dans: Buttes RJ, Thresh JM, Bellotti A, éditeur (s). *Manioc: biologie, Production et utilisation*. Brasilia: CABI. p. 1–16. Doi: <http://doi.org/10.1079/9780851995243.0001>

[45] Peroni N, Hanazaki N, 2002. *Diversité actuelle et perdue de cultures variétés, en particulier le manioc, cultivé en culture cachée dans la forêt atlantique brésilienne*. *Agric Écosystème. Environ*. 2002; 92 (2-3): 171-183. Doi: [http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00298-5](http://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00298-5).

[46] Wang W, Feng B, Xiao J, Xia Z, Zhou X, Li P, et al., 2014. *Manioc: génome d'un ancêtre sauvage aux variétés cultivées*. *Nat. Commun*. 5.5110: 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms6110>

[47] Lamprecht M., 2015. *Diversité génétique et sélection de variétés de manioc (Manihot esculenta Crantz) produites à petite échelle par des agriculteurs de fermes du nord et du centre du Vietnam (mémoire de maîtrise)*. Uppsala: Département du développement urbain et rural, Université suédoise des sciences agricoles; 2015. 55 p.

[48] Adhikari, T. B., Gurung, S., Hansen, J. M., & Bonman, J. M. (2012). *Pathogenic and Genetic Diversity of Xanthomonas translucens pv. undulosa in North Dakota*. *Phytopathology*, 102(4), 390–402. <https://doi.org/10.1094/phyto-07-11-0201>

[49]- Mamba-Mbayi, G., Tshilenge-Djim, P., Nkongolo, K., & Kalonji-Mbuyi, A. (2014).



Characterization of Congolese Strains of Associated with Cassava Bacterial Blight. American Journal of Plant Sciences, 5(April), 1191–1201. Retrieved from http://file.scirp.org/pdf/AJPS_2014040411011121.pdf

[50] Akinola, P., Olanloye, R., & Olufunmilayo, A. (2012). *Rapid screenhouse assessment of bacterial blight in cassava genotypes in Nigeria*. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 45(5), 574–584. <https://doi.org/10.1080/03235408.2011.588048>

[51] Affery A. M., Abo K., N'guessan A. C., Bolou, B. B. A., Tuo S., Wonni I., ... Kone D. ,2018. *Caracterisation moleculaire et selection de varietes de manioc résistantes contre Xanthomonas axonopodis PV. Manihotis EN COTE D'IVOIRE*. *Agronomie Africaine*, 30(December), 261–269. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/330422126_...

[52] Campos, H., & Ortiz, O. (2019). The Potato Crop. In Hugo Campos - Oscar Ortiz (Ed.), *The Potato Crop*. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-2340-2>

[53] Restrepo S., Vélez C. M., and Verdier V. (2000). Measuring the genetic diversity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* within different fields in Colombia. *Phytopathology*, 90(7), 683–690. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.7.683>

[54] Bodnar, A. M., Mariel, L., Gómez, C., Bernal, A., Szurek, B., Ernesto, C., & Carrascal, L. (2014). *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* on cassava Plants Comparación de métodos de inoculación para evaluar el crecimiento de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* en plantas de yuca. 20(2), 47–55.



Rainfall Variability Across Koda Catchment, Southern Part of Mali, West Africa

Oumou Diancoumba^{1,2}, Adama Touré³, Hamadoun Bokar³ and Mohamed Traoré³

¹Graduate Research Program on Climate Change and Water Resources, West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use, Department of Applied Hydrology, University of Abomey-Calavi, Cotonou, Abomey-Calavi, Benin

²Ecole Normale Supérieure de Bamako, Bamako, Mali

³Ecole Nationale d'Ingénieurs ENI-ABT, Bamako, Mali

Corresponding author's email address: oumoudianc@gmail.com

SUMMARY: The fluctuation over rainfall pattern affects the economy and living life system of West Africa especially in Mali where the rained agriculture is one of the main income sources. It is therefore important to evaluate the variability in rainfall patterns over the whole country of Mali in general, in particularly its southern part (Koda catchment). This study analyses, at local and regional scales, the rainfall variability across Koda catchment for the period 1986-2017. Rainfall data recorded from three meteorological stations (Bamako, Katibougou and Toubougou) are used. The standard precipitation index has been estimated in order to characterize the inter annual variability of rainfall. In addition, the non parametrical Pettitt's method, Heghinian test and Hubert Segmentation have been evaluated using Khronostat software in order to detect the break point in the rainfall series. Some break points have been detected for example 1988, 1991, 2006, 2015 and 2016. These failures have resulted in a deficit in three years representing by 1991 (13 %), 2006 (36%) and 2016 (39%) and an excess in two years 1988 (16 %) and 2015 (21%). The study shows the number of years having suffered a severe drought over the period 1986–2016. The spatiotemporal variability of precipitations at Koda catchment scale has been done.

Keywords: Rainfall variability; SPI; Break point; Koda Catchment; Mali

I. INTRODUCTION

The variability of the rainfall patterns affects many aspects of daily life. It could affect the economy of a given place where agriculture is the main activities of the inhabitants. Any change or variability of the precipitation regime led to the change in water resources [0-0].

According to [0], the change on temperature and rainfall constitute the key climate variables that will impact the hydrological regimes and the change could become more significant in the future [0]. The good understanding of the change on rainfall patterns is crucial for socio economic management. The lack of water is generally caused by the unfavorable weather conditions specially the long droughts periods. The prolonged droughts add to the rapid population growth led to augment the water demand of the inhabitants. Therefore, the study related to any change on the precipitation regime is required to understand the climate and to investigate its different impacts. Several studies have been done related to the analysis of rainfall regime over the world at large and small scale [0-0]. Some studies have investigated in West Africa the climatic variability in the past decades. Most of these studies showed the drought in the period 1960-1970 [0 -0].

The drought period is characterized by decreasing 20% to 30 % of precipitation combining by a decrease of river discharge [0-0]. Some few studies have been done in Mali to characterize the rainfall regime patterns for example [0] analyzed the climatic variability over Kolondieba catchment in the southern part of Mali. This study highlighted the

magnitude of drought for 1960-2008 periods and described two break points 1969 and 1992. There is no study done over Koda catchment related to the rainfall variability. Therefore, there is a need to characterize the rainfall variability across this catchment for the past decades.

The main objective of this study is to characterize the spatiotemporal variability of rainfall at local scale especially in the southern part of Mali for the past 30 years (1986-2017).

II. METHODOLOGY

2.1 Study area

The study area is a catchment named Koda and located in the semi arid zone of West Africa. It represents the southern part of Mali at 120 km in the North of Bamako (capital of Mali), containing Koulikoro, Kati and Kolokani. Koda catchment is situated between Latitudes 13° 56'00" N and 12° 57' 80 " N; and Longitudes 7° 30' 8" W and 8° 28' 5 " W.. With an area of about 4921 Km², the Koda catchment is part of the Sudano-Sahelian climate zone. The overall annual average of rainfall for the last 30 years (1987-2016) is varying between 500.4 mm in 1992 and 1164.3 mm in 1988 at Katibougou station, while the overall mean over 30 years (1987-2016) is 836 mm [0]. The mean annual temperature is about 28.3°C with minimal temperature varying from 15°C to 26.6 °C and the maximal temperature ranges from 31.4 °C to 40.5 °C. The elevation in the study area decreases from South with 588 masl above sea level to 298 masl (North) [0]. The study catchment is surrounded by three stations Bamako, Katibougou and Toubougou (Figure 1)



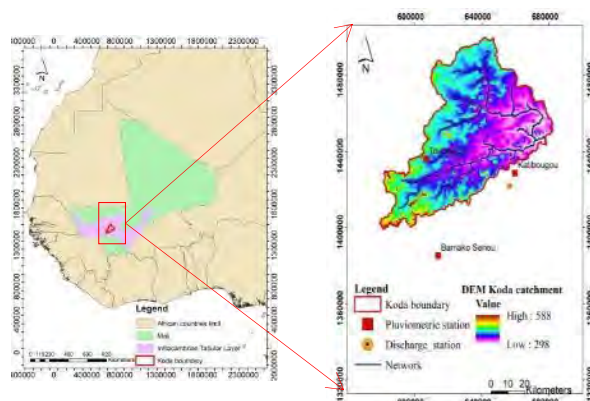


Figure 1. Localization of the study area

2.2 Data

The daily climatic data recorded at Bamako and Katibougou stations has been collected from the National Meteorological Agency of Bamako, Regional Meteorological Agency of Katibougou and from field. The annual rainfall data of the station of Toubougou has been collected from field collected by farmers. The datasets of the station of Bamako and Katibougou cover 30 years (1987-2016) and 31 years (1986 -2016), respectively. The dataset collected from the station of Toubougou, covering about 17 years (2001-2017).

At the Bamako station, the annual averages of rainfall over the studied 30 years are ranged from 644.3 mm (in 2007) to 1,205 mm (in 2008). The overall annual mean from 1987-2016 is about 862.62 mm. The overall annual averages of rainfall for the studied 30 years (1987-2016) vary between 500.4 mm (in 1992) and 1,164.3 mm (in 1988) at Katibougou station. While the overall mean over 31 years (1986-2016) is about 836 mm. The overall annual mean rainfall for the period between 2001 and 2017 for the station of Toubougou is 729.1 mm with 207 mm and 1123 mm respectively as minimum and maximum annual rainfall. The coefficient of variation (CV) has been calculated for the datasets using this relationship $CV = \sigma / m$ Where σ is the standard deviation and m is the mean value. For all the three stations, the calculated CV is less than 50%, which means that the datasets are homogeneous.

2.3 Method

Daily and monthly climatic data recorded from two meteorological stations (Bamako and Katibougou) and yearly rainfall data of Toubougou are used. Standard Precipitation Index (SPI) has been used in order to characterize the inter-annual variability of rainfall. In addition; the non-parametric Pettitt method (1979), Lee and Heghinian test (1977) and the Hubert test (1989) have been applied using Khronostat in order to detect the rupture point in the rainfall series.

2.3.1 Standard Precipitation Index (SPI)

We used the Standard Precipitation Index to characterize wet and dry years within the Koda catchment. In the current study, the 6 month time scale was computed for the period 1987-2016. The SPI of 6 months for the period 1987 to 2016 was used because in the Koda catchment the rainfall has a unimodal distribution from June to October [0]. It is also confirmed by [0] that the use of SPI for 6 months time scales for a unimodal rainy season is standard. The values of SPI are interpreted in the Table 1

Table 1. SPI values after [20]

SPI values	Description
≥ 2	Extremely wet
1.5 to 1.99	Very wet
1 to 1.49	Moderately wet
-0.99 to 0.99	Near normal
-1 to -1.49	Moderately dry
-1.5 to -1.99	Severely dry
≤ -2	Extremely dry

2.3.2 Break point detection

The four statistical tests used in study are: the non-parametric Pettitt method (1979), the U-statistic of Buishand, the Lee and Heghinian test (1977) and the segmentation of Hubert (1989). The Pettitt method and Heghinian tests are applied to detect single break point while the segmentation of Hubert is used to detect multiple break points. These tests have been applied to the rainfall datasets through Khronostat 1.01 software developed by IRD- Orstrom [0].

III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Standard Precipitation Index for 6 months (SPI-6)

The Figure displays the results of the Standard Precipitation Index for 6 months (SPI-6) for the station of Bamako. All the values are between -0.99 and 0.99 (considering as near normal) except for the year 1991 with a SPI value less than -2.5, which is interpreted as extremely dry. The studied 30 years in this present work are considered as near normal are represent 87 % of the 30 years rainfall datasets while 1991 is only year defined as extremely dry with about 3.33 %.

For the Katibougou station (Figure), Most of the Standard Precipitation Index, for 6 months from 1987 to 2016 are interpreted as Near normal, the values of SPI ranged from -0.99 to 0.99 except some dry years such as the years 1987 and 2006 which were moderately dry with SPI values of -1.5 and -1



respectively, and the year 1993 considered as Severely dry. Only one year (1988) was considered as moderately wet with the value of SPI is between -1.5 to -2.

The years considered as near normal represent 87 % of the rainfall datasets (30 years) while the years defined as moderately dry are about 6.66 %. The remaining years interpreted as severely dry and moderately wet are represent 3.33 % each.

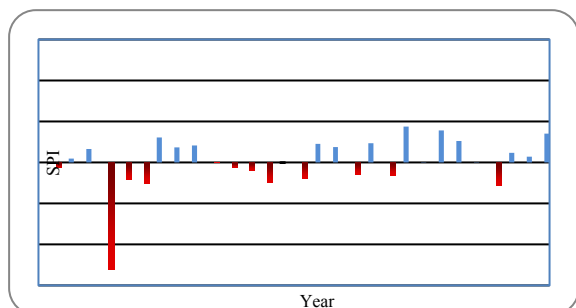


Figure 2. Results of Standard Precipitation Index (SPI-6) for the station of Bamako

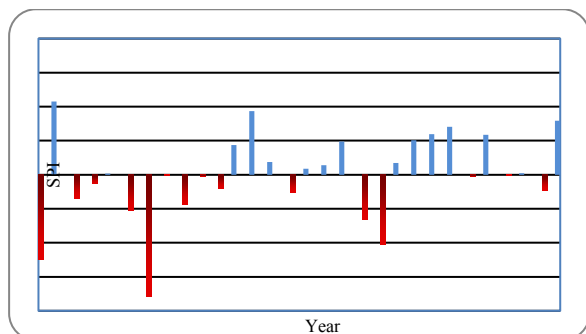


Figure 3. Results of Standard Precipitation Index (SPI-6) for the station of Katibougou

3.2 Break point detection

The results obtained from the statistical tests applied to three pluviometric datasets (Table 4.2) are described as following.

The period 1986–2017 cannot be considered as a stationary series, since, in the test of Pettitt (1979) and the U-statistic of Buishand tests, the zero hypothesis of absence of break is rejected at the 99% confidence level.

The Lee & Heghinian test (1977) allows one to detect a break point in the record in the three stations in 2006, 2015 and 2016 with a *posteriori* probability density function mode of the break point position: 0.0669 in 2006, 0.0769 in 2015, and 0.1175 in 2016. Finally, the procedure of segmentation of Hubert (1989) gives a significance level of the test of Scheffé at 1%, which is considered as adequate.

The climate change in this catchment is characterized by some major breaks rainfall occurring in 1988, 1991, 2006, 2015 and 2016, as presented in **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

These failures have resulted in a deficit in three years represented by 1991 (13 %), and 2016 (39%) and an excess in two years 1988 (16 %), 2006 (36%) and

2015 (21%). The study shows the number of years which experienced severe droughts over the period 1986–2016 (Table 2).

Table 2. Detection of break points over the three pluviometric stations

Stations	Period	Break point
Bamako	1987-2016	1991* 2015**
Katibougou	1986-2016	1988* 2006**
Toubougou	2001-2017	2016**

* Pettit test, ** Lee and Heghinian test

The year 1988 is characterized as wet year with an excess of 16 %. The year 1988 has been defined as a break point through Lee and Heghinian test by [0 ; 0] in southern part of Mali. The second break point is the year 1991 with 13.4 %. The drought of 1991-1992 has been described by many authors across Africa. It has been detected by many studies over Bani basin in Mali [0; 0; 0] with 13 % of decrease in rainfall. The break point of 2006 has been detected by Lee and Heghinian test as a wet year with 38% in Katibougou. It has been defined across Koda catchment as a year extremely wet through the Standard Rainfall Index SPI analysis. According to Organisation Météorologique Mondiale [0] the period 2006-2010 has been considered as wet period. The years 2006-2007 are defined extremely wet based on the flooding event occurred in this period over the world. The years 2015 and 2016 have been detected as respectively break points with excess of 21 % and a deficit of 39 %. The break points of the 2015 and 2016 should be confirmed by the future studies.

IV. CONCLUSION

The results show a modification of rainfall over the years across the Koda catchment. The decrease in annual rainfall is one of the important factors to characterize the variability of the hydrologic regime. In semi-arid and arid zones, the hydrological regime of catchments is sensible to climate. A small change of the amount of the annual rainfall could have important effects on hydrological cycle. The results could be a guide for future studies and also be a great tool for water resources management.

ACKNOWLEDGMENT

This paper was extracted from a Doctoral Research carried out in the framework of the West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL, www.wascal.org) project funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Our sincere appreciation to the BMBF for this great support. We thank the National Meteorological Agency of Bamako and the Regional Meteorological Agency of



Koulikoro (Katibougou) and farmers within the basin for providing climate data.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- [1] Bokar, H., Mariko, A., Bamba, F., Diallo, D., Kamagaté, B., Dao, A., ... Kassogue, P. (2012). Impact Of Climate Variability On Groundwater Resources In Kolondieba Catchment Basin , Sudanese Climate Zone In Mali. *IJERA*, 2(5), 1201–1210.
- [2] Diancoumba, O., Bokar, H., Toure, A., Kelome, N. C., & Preko, K. (2020). Characterization of Groundwater Recharge Using the Water Table Fluctuation Method in the Koda Catchment, Mali. *Cloud Publications, International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 8(1), 665–681. <https://doi.org/10.23953/cloud.ijaese.446>
- [3] Wuebbles, D. J., & Ciuro, D. (2013). Radiatively important atmospheric constituents. *Engineering Response to Climate Change, Second Edi*(CRC Press.), 45–80. <https://doi.org/doi.org/10.1201/b14051>
- [4] Toure, A., Diekkruiger, B., & Mariko, A. (2016). Impact of Climate Change on Groundwater Resources in the Klela Basin, Southern Mali. *Hydroogy*. <https://doi.org/10.3390/hydrology3020017>
- [5] Bodian, A., Dacosta, H., & Dezetter, A. (2011). Caractérisation spatio-temporelle du régime pluviométrique du haut bassin du fleuve Sénégal dans un contexte de variabilité climatique CARACTÉRISATION SPATO-TEMPORELLE. *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, Volume V*(January). <https://doi.org/10.4000/physio-geo.1958>
- [6] Majid, J. (2016). Trend and Homogeneity Analysis of Precipitation in Iran. *Climate*, 4, 1–17.
- [7] Kabo-Bah, A. ., Diji, C. ., Nokoe, K., Mulugetta, Y., Obeng-Ofori, D., & Akpoti, K. (2016). Multiyear Rainfall and Temperature Trends in the Volta River Basin and their Potential Impact on Hydropower Generation in Ghana. *Climate*, 4, 1–17.
- [8] Mahé, G., & Olivry, J. . (1995). Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, 6, 109–117.
- [9] Mahé, G., Olivry, J. ., Dessouassi, R., Orange, D., Bamba, F., & Servat, E. (2000). Relation eaux de surface – eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali. *C. R. Acad. Sci*, 330, 689–692.
- [10] Servat, E., Paturel, J. ., Brou, K., & J.F, B. (1995). Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne: Cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. *Sécheresse*, 6, 95–102.
- [11] Paturel, J., Servat, E., Kouame, B., Lubes-Niel, H., Fritsch, J. ., & Masson, J. . (1997). Manifestation d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. *IASH*, 240, 21–30.
- [12] L'Hôte, Y., Mahé, G., Some, B., & Triboule, J. P. (2002). Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. *J. Sci. Hydrol*, 47, 563–572.
- [13] Lebel, T., & Vischel, T. (2005). Climat et cycle de l'eau en zone tropicale: un problème d'échelle. *C. R. Geosci*, 337, 29–38.
- [14] Kamagaté, B. (2006). *Fonctionnement hydrologique et origines des écoulements sur un bassin versant de milieu tropical de socle au Bénin: bassin versant de la Donga (haute vallée de l'Ouémé)*. Université de Montpellier II, France.
- [15] Dao, A., Kamagate, B., Mariko, A., & Bokar, H. (2010). Variabilité Climatique et Réponse Hydrologique du Bassin Versant Transfrontalier de Kolondieba au Sud du Mali, (July).
- [16] Diancoumba, O., Nouredine, G., Bokar, H., Toure, A., Taoufik, H., Zoubeida, B., & Kelome, N. C. (2018b). Hydrogeological Modelling using Gardenia Model in the Koda catchment, Mali. *Journal International Sciences Et Technique de l'Eau et de l'Environnement, III*(ISSN (electronic):1737-9350, ISSN (printed): 1737-6688), 95–100.
- [17] Diancoumba, O., Toure, A., Bokar, H., & Kelome, N. . (2019). *Modelling of Groundwater Dynamics Using Visual Modflow in the Koda Catchment, Mali, Poster presented at AGU Fall Meeting 2019 in San Francisco, CA, USA*.
- [18] Diancoumba, O., Bokar, H., Toure, A., & Kelome, N. C. (2018a). *Estimating Groundwater Recharge Using Water Table Fluctuations Method in the Koda Catchment, Mali. Poster presented at Colloque scientifique international « Observation et prévision des pluies, impacts sur les crues » Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Avril 2018*.
- [19] Toure, A. (2017). *Impacts of Climate Change and Population Growth on Groundwater Resources: Case of the Klela Basin in Mali, West Africa*. DOCTOR of Philosophy (PhD) of the University of Abomey-Calavi (Benin Republic) In the framework of the Graduate Research Program on Climate Change and Water Resources (GRP-CCWR).



- [20] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*.
- [21] IRD-Orstom. (1998). *KhronoStat version 1.0. Logiciel, IRD, Montpellier*.
- [22] Goula, B. T. A., Savane, I., Konan, B., Fadika, V., & Kouadio, G. . (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *La Revue Électronique En Sciences de l'environnement, Volume 7*(Numero 1).
- [23] OMM. (1996). *Guide des pratiques hydrologiques: acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Publication OMM no. 168. OMM (World Meteorological Organization), Genève, Suisse. OMM (World Meteorological Organization), Genève, Suisse*



Amélioration de la production et la productivité de la riziculture de bas-fond à M'Pegnesso pour satisfaire le marché de Sikasso

Djibril Doumbia¹, Hamadou Amadou² et Abdoul Kader Sidibe¹

¹Université de Ségou

²Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso, Institut d'Economie Rurale

Email : djibrildoumb6@yahoo.fr

RESUME : L'objectif de cet article est de contribuer à l'amélioration de la production du riz de bas-fond à travers des bonnes pratiques agricoles par la méthode Champ Ecole Producteurs. La riziculture de bas-fond est une activité qui a une importance socio-économique dans la troisième région administrative du Mali. A M'Pegnesso, la mauvaise application des bonnes pratiques agricoles de la riziculture de bas fond, non utilisation des variétés améliorées productives, la méconnaissance des variétés améliorées adaptées par franges hydriques sont des contraintes majeures. Les tests étaient installés en Champ Ecole Producteurs dans deux conditions hydriques (franges basse et moyenne) chez huit (08) producteurs dont quatre (04) par frange. Des résultats issus des analyses statistiques, il ressort une différence significative entre les bonnes pratiques agricoles et la pratique paysanne. Le rendement moyen des bonnes pratiques agricoles en zone moyenne et basse était respectivement de 2 905 kg/ha et 2 794 kg/ha contre 826 kg/ha et 732 kg/ha pour la pratique paysanne. Pour les marges brutes, elles étaient de 293 000 FCFA pour les bonnes pratiques agricoles contre moins de 46 600 FCFA pour la pratique paysanne en frange moyenne et la même tendance en zone basse avec 283 300 FCFA et moins de 39 100 FCFA respectivement pour les bonnes pratiques agricoles et la pratique paysanne.

Mots clés : bas-fond, bonne pratique agricole, champ-école-producteur, marge brute, M'Pegnesso, riziculture.

INTRODUCTION

Au Mali, la riziculture se pratique dans toutes les régions du pays. Toutefois, les principales régions de production sont : Ségou 58.8%, Mopti 15.6%, Sikasso 12.7% et Tombouctou 8.6%. La seule production du riz génère 5% du PIB du pays, soit environ 220 milliards de FCFA par an. Sa part dans la valeur ajoutée augmente avec l'intensification des flux commerciaux vers les zones urbaines. Depuis quelques années, il est devenu la deuxième céréale la plus consommée au Mali après le mil et l'aliment clef pour une politique de sécurité alimentaire sur le long terme (CSP 2016).

La zone d'étude qui est la région de Sikasso avec une superficie de 14 079 ha de bas-fond emblavée pour la riziculture, joue un rôle important dans le développement du pays et particulièrement dans le domaine de la production agricole. Le bas-fond de M'Pegnesso, situé 18 km de la ville de Sikasso, fait l'objet d'actions de recherche autour de la production et de la productivité du riz de bas fond, afin de contribuer à améliorer la chaîne de valeur riz blanc.

Les principales contraintes liées à l'amélioration rizicole de ce bas-fond sont essentiellement d'ordre variétal (non utilisation des variétés améliorées productives), la mauvaise application des bonnes

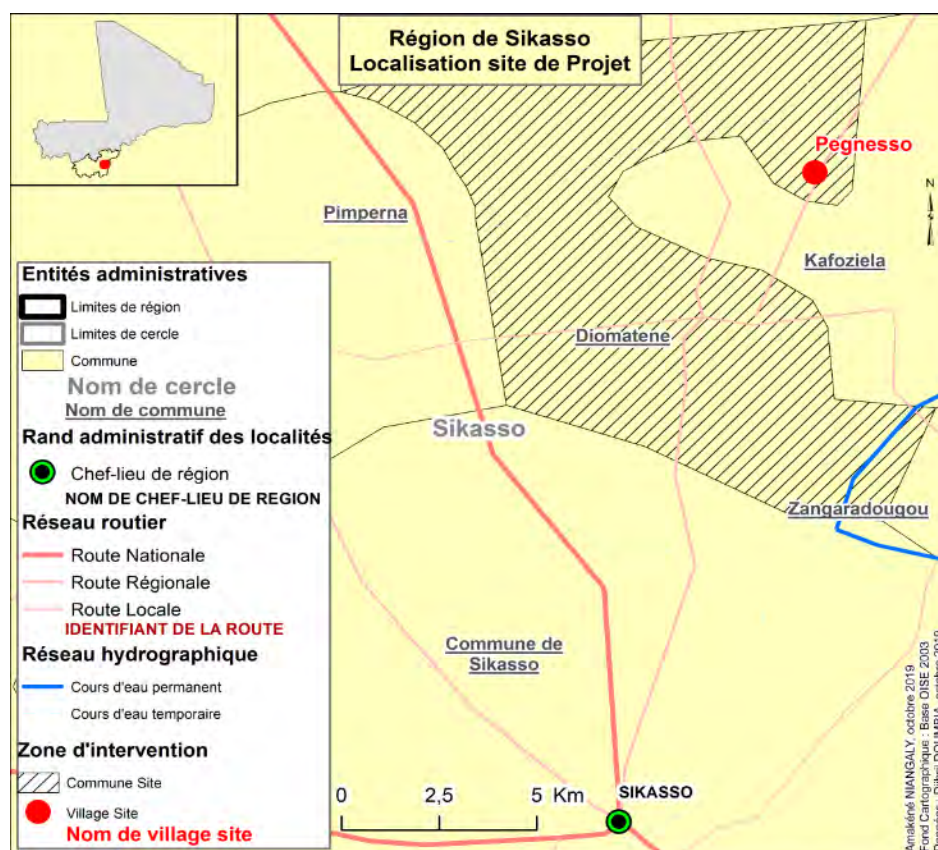
pratiques agricoles du riz de bas fond, la méconnaissance des variétés de riz adaptées aux différentes franges hydriques du bas-fond, le du calendrier cultural etc. C'est l'ensemble de tous ces facteurs qui ont contribué à la chute de la production du riz

A M'Pegnesso, le riz est cultivé en hivernage et le rendement moyen reste très faible 800 à 1 000 kg/ha tandis que c'est une activité génératrice de revenus pour 80% de la population. A cet effet, des interrogations s'imposent, doit-on toujours continuer à produire du riz avec des pratiques traditionnelles ? Pourquoi le rendement du riz cultivé dans le bas-fond est-il faible ? Pourrait-il être amélioré par l'application des bonnes pratiques agricoles ?

La réponse à tous ces questions a fait l'objet de notre thème d'étude intitulé : « *Amélioration de la production et la productivité du riz de bas-fond pour satisfaire le marché de Sikasso* ».

De ce fait, le travail a été organisé en présentant d'abord la zone d'étude, ensuite les résultats obtenus.





(Fond de cartographique base OISE 2003)

Objectifs

- Objectif global

L'objectif global est de contribuer à l'amélioration de la production et de la productivité de la riziculture de bas-fond à M'Pégnesso.

- Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques sont de :

- Renforcer les capacités de trente (30) producteurs/trices sur les bonnes pratiques agricoles de production du riz de bas-fond ;
- Introduire deux variétés améliorées productives de riz de bas-fond adaptées aux franges hydriques ;
- Déterminer de façon participative avec les producteurs les effets de l'application des bonnes pratiques agricoles de production du riz de bas-fond.

Méthodologie de travail

Pour atteindre les objectifs, nous avons adopté une méthodologie subdivisée comme suit : phase exploratoire et phase d'étude approfondie.

- Phase exploratoire

Au cours de cette phase, c'était la prise de contact avec tous les acteurs impliqués directement et indirectement, suivi par la visite de sites de production et présentation du projet à la coopérative pour la recherche de financement. Ensuite,

l'élaboration des plannings de travail avec les moyens endogènes pour pouvoir mener des activités avant la contribution souhaitée

Phase d'approfondie

Cette phase qui a duré six (06) mois, durant laquelle, des séances d'entretiens avec les membres de la coopérative et des collectés des informations ont été faites. Ensuite, la mise en place des parcelles champs écoles producteurs (CEP) et la formation des producteurs à travers l'approche CEP et observés périodiquement les paramètres agronomiques ont été réalisées. Enfin, nous avons traité-et analysés les données collectées à l'aide du logiciel STAT BOX avec comparaison des moyennes selon le test de NEWMAN et KEULS.

Résultats obtenus & discussions

Analyse des variances

En zone moyenne, les résultats de l'analyse de variance pour ce test ont montré des effets significatifs sur l'ensemble des variables mesurées. Le test de NEWMAN & KEULS au seuil de 5% a fait apparaître des groupes homogènes. Pour toutes les variables, la Bonne Pratique Agricole (BPA) de production du riz reste meilleure que celle de la Pratique Paysanne (PP) tels que le nombre de talles à la récolte, la hauteur, le poids grain et le rendement kg/ha. Le nombre moyen de talles/m² était de 15



talles/plant pour la parcelle BPA et 4 talles/plant pour la PP. Pour la hauteur, la BPA a enregistré 113,75 cm contre 82 cm pour la PP. Le poids paddy moyen sur une superficie de 250 m² chacun était de 72,68 Kg pour la BPA contre 20,65 Kg. Il est intéressant de signaler qu'au niveau du rendement paddy, la BPA a fait une augmentation de l'ordre de 2 tonnes environ

par hectare comparé à la pratique paysanne. La figure 10 illustre la différence de rendement paddy moyen qui est de 2 905 Kg/ha pour la BPA contre 826 kg/ha pour la PP.

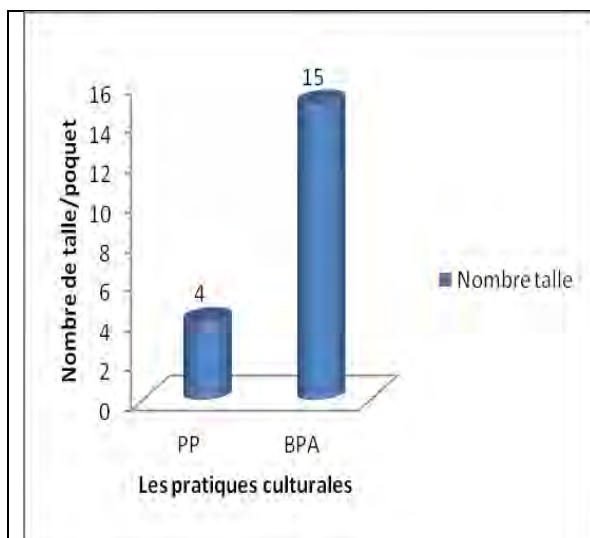


Figure 1 : Représentation graphique du nombre moyen de talle/poquet

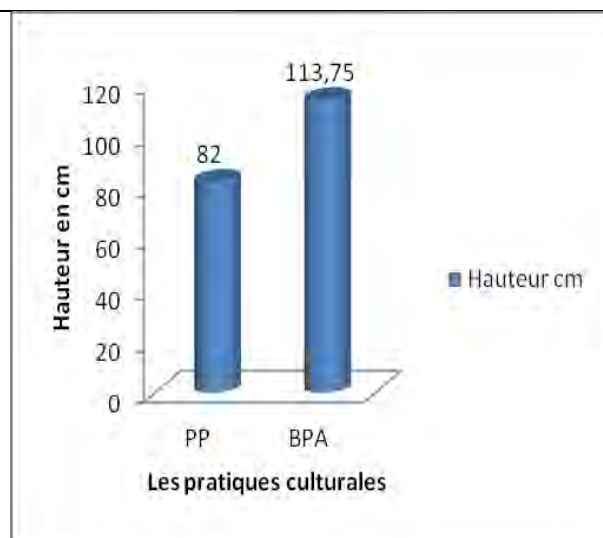


Figure 2 : Représentation graphique de la hauteur des plants en cm

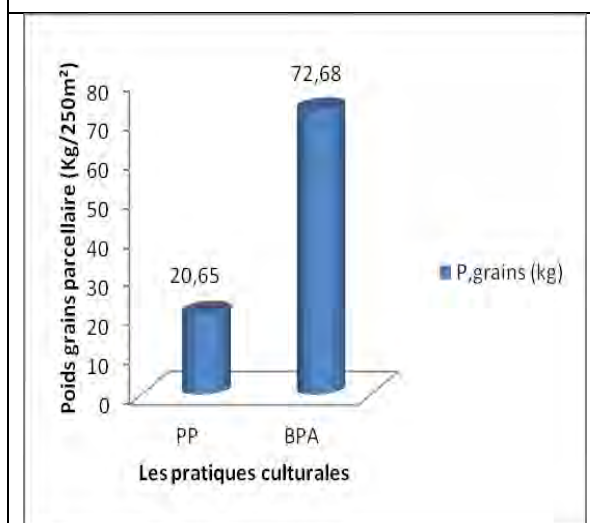


Figure 3 : Représentation graphique des poids grains parcellaire (kg/250m²)

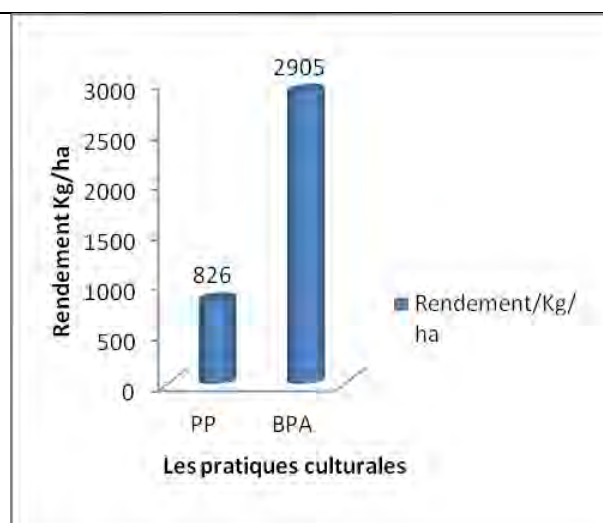


Figure 4 : Représentation graphique du rendement/ha

En zone basse, les résultats de l'analyse de variance pour ce test ont montré des effets significatifs sur l'ensemble des variables mesurées (voir les figures ci-dessous). Pour toutes les variables, la BPA du riz reste meilleure à celle du paysan (PP). Le test de NEWMAN & KEULS au seuil de 5% a fait apparaître des groupes homogènes. Le nombre moyen de talles/m² était de 12 talles/poquet pour la parcelle BPA et de 4 talles/plant pour la PP. Pour la

hauteur, la BPA a enregistré 128,75 cm contre 81 cm pour la PP. Le poids paddy moyen sur une superficie de 250 m² la parcelle élémentaire était de 69,85 Kg pour la BPA contre 18,3 Kg la PP. Il est intéressant de signaler qu'au niveau du rendement paddy, la BPA a fait une augmentation de l'ordre de **2 tonnes** environ par hectare comparé à la pratique paysanne. Le rendement paddy moyen est de 2 794 Kg/ha pour la BPA contre 732 kg/ha pour la pratique paysanne.



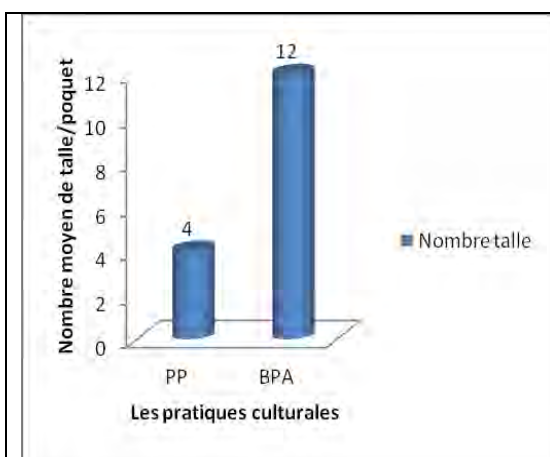


Figure 5 : Représentation graphique du nombre moyen de talle/poquet

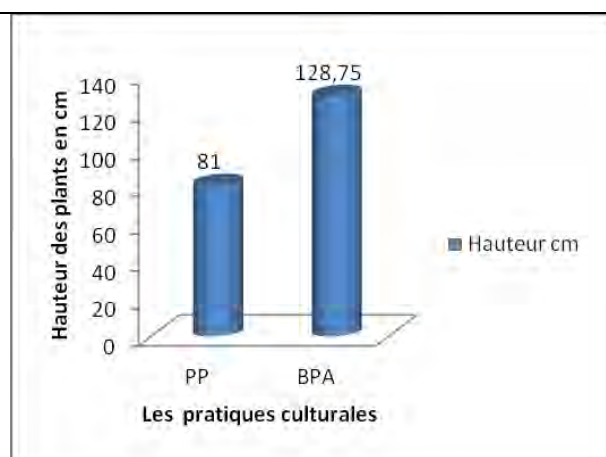


Figure 6 : Représentation graphique de la hauteur des plants

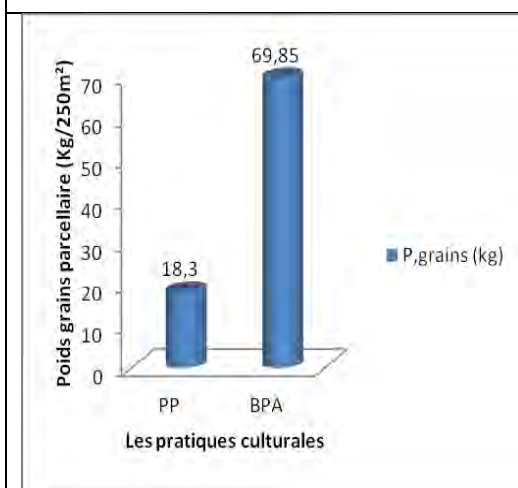


Figure 1: Représentation graphique du poids grains parcellaire (kg/250m²)

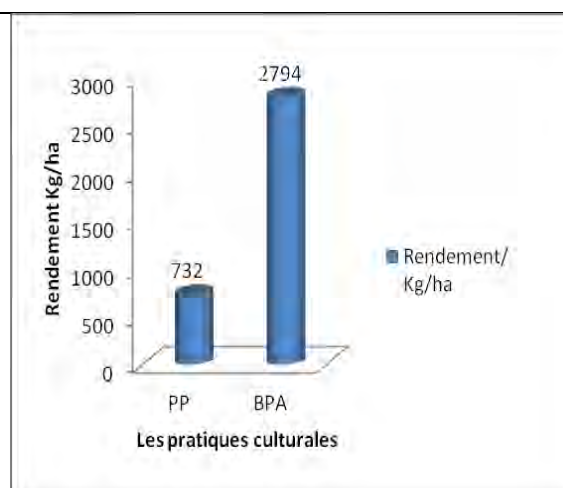


Figure 2: Représentation graphique du rendement/Kg/ha

Au niveau de toutes les zones (basse et moyenne) les rendements paddy réalisés par les BPA sont supérieurs aux rendements de la PP. Ces différents tests réalisés ont permis de constater que la BPA permet d'augmenter le rendement paddy à l'hectare de plus de 2 000 Kg. Cela certifie que les causes des baisses de rendement sont principalement dues à la pratique paysanne du milieu. Ces résultats doivent être confortés par un compte d'exploitation qui permettra de faire le choix de la pratique la plus rentable.

Rentabilité économique

En zone moyenne, le rendement moyen obtenu est de 2 905 kg/ha pour les BPA contre 826 kg/ha pour la PP. Le produit brut par hectare est plus élevé pour les BPA par rapport au témoin pratique du paysan. Nous remarquons que malgré la charge totale de la pratique améliorée qui est de 288 000 F CFA, était plus élevée que celle de 204 300 F CFA pour la PP. Ainsi la marge brute des BPA est de 293 000 FCFA tandis que celle de la PP fait apparaître une perte de 39 100 F CFA.

Zones	moyenne		basse	
	BPA	PP	BPA	PP
Rendement, (kg/ha)	2 905	826	2 794	732
Produit brut, PB (Rendement x Prix unitaire de vente), FCFA/ha	581 000	165 200	558 800	146 400
Consommation intermédiaires, (CI), FCFA/ha	116 500	55 250	116 500	55 250



Zones	moyenne		basse	
Coûts main d'œuvre MO (F CFA/ha)	171 500	149 050	159 000	137 800
Total charge CT (F CFA/ha)	288 000	204 300	275 500	193 050
Marge brute d'exploitation, MBE (PB-CT), FCFA/ha	293 000	-39 100	283 300	- 46 650
Taux de Rentabilité (MB/CT), F CFA	1,02	-0,19	1,03	-0,24

En se référant au taux de la rentabilité, nous constatons que pour chaque 1F CFA investi dans la pratique améliorée procure 1, 02 F CFA. Pour la pratique paysanne nous constatons chaque fois une perte de 0,19 F CFA pour chaque 1 F CFA investi.

En zone base, le rendement moyen obtenu est de 2 794 kg/ha pour les BPA contre 732 kg/ha pour la PP. Nous remarquons que la charge totale de la bonne pratique agricole qui est de 275 500F CFA est plus élevée que celle de la pratique paysanne pour 193 050 F CFA. Les résultats nous renseignent que la plus grande marge brute est plus importante avec les BPA (283 300 F CFA) que la PP (-46 650 F CFA). En se référant au taux de la rentabilité, nous constatons que pour chaque 1 F CFA investi dans la bonne pratique agricole procure 1, 03 F CFA. Par contre la pratique paysanne nous fait remarquer une perte de 0,24 F CFA pour chaque 1 F CFA investi.

Les résultats obtenus dans ces tests montrent que l'application des bonnes pratiques agricoles dans les bas-fonds serait une solution d'amélioration de la production du riz et d'augmentation du revenu des producteurs. Les résultats de l'analyse de variance des paramètres observés au cours de la campagne 2019-2020 ont montrés des différences significatives entre les deux pratiques agricoles. Il est ressorti de ce constat, l'importance de l'utilisation des variétés améliorées certifiées, combiné aux bonnes pratiques agricoles (semis en ligne en poquet, l'apport des doses normales des fertilisants et les travaux d'entretiens etc.) dans la riziculture de bas fond. Ces résultats confirment l'hypothèse de départ qui était la baisse de rendement due à la non utilisation des variétés améliorées productives, les mauvaises pratiques culturales dans les bas-fonds etc. La production à grande échelle du produit fini permet non seulement d'améliorer le bien-être et le revenu des membres de la coopérative (fréquentations sanitaires, scolarisation des enfants, habitats-habilllements, équipements agricoles, moyens de déplacements) ainsi que les autres acteurs de la chaîne.

CONCLUSION

Le riz de bas-fond est reconnu aujourd'hui comme une importante source des revenus pour les producteurs et les autres acteurs dans la région de Sikasso. La présente étude a permis de mettre en évidence l'importance de cette riziculture de bas-fond au niveau de la zone d'intervention ainsi que sur l'échelle nationale afin de mieux concurrencé le riz irrigué ou importé.

L'utilisation des variétés performantes, l'application efficace et efficiente des BPA de production du riz dans les conditions de bas-fond et le respect du calendrier agricole permettront davantage de mieux améliorer la production et la productivité de la riziculture de bas-fond à M'Pégnesso. La mise en œuvre de ces pratiques nous ont permis d'obtenir un rendement moyen de 2 905 kg/ha pour les parcelles de BPA contre 826 kg/ha pour les PP en zone moyenne et de 2 905 Kg/ha de BPA contre 732 kg/ha pour la PP en zone basse.

L'analyse économique portée sur les BPA comparée à celle des PP a fait ressortir que les BPA restent plus bénéfiques avec 293 000 FCFA et 283 300 FCFA pour la culture du riz respectivement en zone moyenne et basse contre -46 600 FCFA et de -39 100 FCFA pour la PP. Ainsi, on constate que, pour les BPA, chaque franc investi permet d'obtenir des francs additionnels alors que pour la PP, nous enregistrons des pertes allant de 0.24 à 0.19 pour chaque un franc investi. Cela se traduit par la perte de profit pour la PP.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGRIDAPE. (2013). « *Chaînes de valeur et nouveaux marchés agricoles émergents : Revue sur l'agriculture durable à faibles apports externes* ». Volume 29 n°2, 36p.

AHMADI N., CISSE F., (1996). « *Evaluation variétale pour la riziculture de bas-fonds au Mali-sud : proposition d'une gamme variétale selon les régimes hydriques*. In "Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali" ». AHMADI N et TEME B (ed), Actes Séminaire 21 - 25 octobre 1996, Sikasso, Mali, IER-CIRAD-CMDT-CBF, 1998, P397-409.

AHMADI N., TRAORE B. (1996). « *Pratiques paysannes et systèmes de culture alternatifs en riziculture de bas-fonds. Conditions d'adoption des innovations par les producteurs*. In "Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali" ». AHMADI N et TEME B (ed), Actes Séminaire 21 - 25 octobre 1996, Sikasso, Mali, IERCIRAD- CMDT-CBF, 1998, P321-337.

BEZANÇON G., DIALLO S. (2006). « *Oryza glaberrima* ». Steud. In: Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). *PROTA 1 : Cereals and pulses/Céréales*



et légumes secs». [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas.

COULIBALY M. Y., OULOGUEM A., (2014). « Rapport final Etudes sur les chaînes de valeur riz au Mali ».

CRRA DE SIKASSO, (2018) « Archives du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso »

CSP (2016). « Rapport, Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture, Bamako, Mali ».

DOUMBIA D., 2018. « Etude diagnostique et l'analyse de la chaîne de valeur riz blanc » Rapport de stage 2^e Année à M'Pegnasso.

FALL A.A., DIAKITÉ L., (2014). « Etude Chaîne de Valeur Riz en Afrique de l'Ouest (CORAF/WECARD), Rapport d'Etude ».

FALL, A.A., al (2014). « Synthèse études chaîne de valeur riz en Afrique de l'Ouest : pays du Fleuve Mano et le Mali » Rapport CORAF/WECARD, Mars, 63p.

LACHARME M., (2001). « Mémento Technique de Riziculture ; le plant de riz : données morphologiques et cycle de la plante » ; coopération française, Paris, France.

MEERTENS H.C.C., 2006. « *Oryza sativa* ».L. In: Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). *PROTA 1 : « Cereals and pulses/Céréales et légumes secs*». [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DU MALI, (2009). « Stratégie de développement de la riziculture ».



Arbre et pisciculture contre l'insécurité alimentaire au Mali

Coulibaly Hawa¹, Coulibaly Drissa¹, Niaré Tièma² et Dembélé Sidiki Gabriel¹

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée

²Institut d'Économie Rural

Auteure de correspondance: coulibhawa@yahoo.fr

RÉSUMÉ : L'intégration pisciculture et agroforesterie offre des possibilités d'accroître la productivité des ressources en eau douce, dont l'amélioration de la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et de la pression sur les ressources naturelles au Mali, pays prédisposé à la sécheresse. Une étude a été conduite à l'IPR/IFRA de Katibougou en vue de contribuer à la diversification des productions, la sécurisation de revenu des producteurs agricoles et leurs familles au travers l'intégration de l'élevage de *Oreochromis niloticus* et de la sylviculture de *Moringa oleifera*. Neuf cent soixante alevins mâles de *O. niloticus* de poids moyen initial de $16,73 \pm 4,53$ g, ont été élevés dans 24 bassins de 2 m³ chacun, pendant 120 jours. Six régimes alimentaires ont été testés dont deux témoins (R1M0; R1M10; R1M20 et R2M0; R2M10, R2M20). Les quatre autres sont une substitution de 10 et 20 % des deux témoins par la poudre de feuilles de *M. oleifera*. En aval des bassins piscicoles, un dispositif agroforestier de banque alimentaire à base de Moringa a été installé en vue de la production de feuilles et leur utilisation dans les aliments des poissons. Le facteur d'étude est la source d'eau d'arrosage des plants : l'eau de la vidange des bassins d'élevage des poissons et l'eau issue directement du puits.

Les résultats obtenus révèlent que les plants arrosés avec l'eau de vidange de la pisciculture ont eu une croissance radiale significative ($p < 0,05$) ($1,28^a \pm 0,59$ vs $0,99^b \pm 0,59$ cm pour le diamètre au collet) et ont produit plus de ramifications ($3,13^a$ vs $2,52^b$). Les meilleures performances de production de feuilles et poudre ont été réalisées sur les parcelles arrosées avec l'eau de vidange des bassins piscicoles. En pisciculture, les meilleures croissances et transformations alimentaires ont été obtenues avec les régimes R1M0, R1M10 avec des taux de croissance spécifiques (TCS) respectifs : $1,31 \pm 0,71$; $1,39 \pm 0,71$ %/j et indice de conversion alimentaire (ICA) : $2,60 \pm 0,16$; $2,41 \pm 0,16$, tandis qu'avec R2M0 et R2M10, les TCS ont été respectivement $0,63 \pm 0,71$; $0,53 \pm 0,71$ %/j avec des ICA respectifs : $6,40 \pm 0,16$ et $7,56 \pm 0,16$. Ces résultats indiquent le taux de 10% comme niveau optimal d'incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* dans l'aliment de grossissement de *O. niloticus*.

La production de feuilles de Moringa intégrée à la pisciculture est une approche agroforestière prometteuse pour accroître la disponibilité d'aliments (poissons et feuilles de Moringa) et lutter contre la pauvreté.

Mots clés : *Oreochromis niloticus*, *Moringa oleifera*, eau d'arrosage, régimes alimentaires.

I. INTRODUCTION

Le développement durable, la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté sont les préoccupations qui occupent une place de choix dans les objectifs du développement durable auxquels le Mali a souscrit.

Au Mali, la plupart des plantes servant de fourrage ou d'ingrédient divers de produits naturels comme *Moringa oleifera* Lam. poussent à l'état sauvage. Les produits de l'arbre sont utilisés aussi bien en alimentation animale qu'humaine. La hausse de la demande de ses produits alimente les préoccupations écologiques quant aux répercussions découlant de la récolte en milieu sauvage et sur des arbres isolés. Les consommateurs sont aussi préoccupés par la qualité des ingrédients et la régularité de l'approvisionnement.

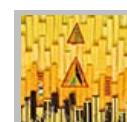
Parallèlement, l'analyse de la situation de la pêche montre que la productivité des principaux fleuves se réduit de plus en plus à la suite de la surexploitation de cette ressource (captures incontrôlées, utilisation frauduleuse d'engins prohibés permettant une capture plus intensive), la pollution, les plantes envahissantes et les changements climatiques (ensablement, comblement, irrégularité des pluies,

etc.) (1). Ceci mène à la diminution des captures, la réduction de revenu des pêcheurs, l'importation massive de poissons et aussi à la hausse du prix de poisson sur le marché. Face à cette situation, le développement de la pisciculture est aujourd'hui l'une des stratégies concrètes indiquées pour la satisfaction des besoins des populations en poisson et une solution incontournable pour la lutte contre la malnutrition protéique. Cependant, l'absence d'aliments locaux adéquats et le coût élevé des aliments importés constituent un handicap à l'émergence de cette activité. Pour des questions économiques, sociales et environnementales, il est crucial de développer des synergies entre les activités de productions d'où la raison de cette étude fondée sur l'intégration de l'élevage de *Oreochromis niloticus* et de la sylviculture de *Moringa oleifera*.

II. MÉTHODOLOGIE

2.1. Site d'étude

L'expérimentation a été conduite au potager de la ferme agro sylvo pastorale de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou. Ce site a un



sol de texture limoneux fin en surface et limoneux en profondeur avec un pH qui va de fortement à moyennement acide (5,5- 5,75). Le rapport C/N varie de 4,1 en surface à 3,8 en profondeur. Les valeurs des paramètres considérés en comparaison avec les valeurs normatives indiquent un sol de faible potentiel de productivité.

2.2. Conduite de l'essai

2.2.1. Sylviculture

Un dispositif agroforestier dit « banque alimentaire » de production de feuilles de *Moringa oleifera* a été installé au prolongement (en aval) des bassins piscicoles de sorte que le tout forme un système intégré. Le dispositif est composé de deux bandes (A et B) de huit planches chacune. Ainsi les deux bandes sont arrosées respectivement l'une à partir de l'eau de vidange des bassins de l'élevage des poissons (A) et l'autre (B), directement du puits. À l'intérieur de chaque bande deux planches constituent une répétition d'où quatre par source d'eau d'arrosage. Le schéma de semis : 0,50 m x 0,40 m soit une densité de 25 pieds (ou plants) par parcelle. Les plants furent laissés libres de croître pendant soixante-quinze (75) jours afin que le système racinaire ait le temps de se développer suffisamment pour tolérer le choc de la première récolte d'une part et pour qu'au moins 80 % des plants mesure plus de 50 cm de hauteur. C'est alors qu'a eu lieu la première coupe dite coupe d'uniformisation.

2.2.1.1. Collecte de données

La mesure de croissance réalisée sur les plants a porté sur le diamètre au collet (dc), mesuré au cm près à l'aide d'un pied à coulisse. Le nombre de ramifications (Nr) a été déterminé par comptage. Les coupes ultérieures de feuilles ont été programmées tous les 45 jours. Les pousses étaient récoltées manuellement avec un sécateur en coupant les branches à 50 cm du sol. Ces mesures ont été faites sur la ligne centrale de chaque parcelle.

Les rameaux portant les feuilles ont été défoliés. Les feuilles ont été subséquemment triées, pesées (au g près) à l'aide d'une balance électronique et étalées de façon homogène sur des tapis en plastic à la

température ambiante pendant 72 heures pour séchage. Le poids sec des feuilles de chaque échantillon par parcelle a été ensuite enregistré. Elles ont ultérieurement été exposées au soleil pendant deux heures avant d'être pilées au mortier. Les feuilles sèches ont été pilées, tamisées, transformées en poudre. La poudre ainsi obtenue a été pesée (au mg près) et conservée dans des seaux.

2.2.1.2. Traitement des données

L'ensemble des données collectées a été saisi dans un tableur Excel et les analyses statistiques (ANOVA) ont été réalisées avec le logiciel XLStat 2007. Le test de Newman et Kheul au seuil de probabilité de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

2.2.2. Pisciculture

L'élevage a concerné 960 alevins mono sexes (mâles) de Tilapia du Nil, de poids moyen $16,73 \pm 4,53$ g et de taille moyenne $9,46 \pm 0,88$ cm provenant de la ferme « Toela ». Les tests ont été conduits sous un dispositif expérimental de « Blocs de Fischer » avec six traitements en quatre répétitions du 10 juillet au 10 novembre 2013. Ainsi, 24 bassins de 2 m³ de volume utile chacun ont été construits et approvisionnés en eau à partir d'un puits. Chaque bassin est muni d'une vanne d'alimentation en eau propre et d'un système de vidange individuel. Les eaux de vidange convergent vers des trous d'évacuation qui les drainent sur les parcelles « A » de Moringa. Au démarrage et une fois par mois, 20 sujets par bassin ont été prélevés au hasard, individuellement pesés à l'aide d'une balance électronique et mesurée avec un ichtyomètre. La veille des échantillonnages, les poissons observaient un jeûne. Les paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, température, oxygène dissous) ont été mesurés une fois par quinzaine à partir de 7 h 00 du matin à la surface de l'eau à l'aide d'un appareil polyvalent PCE-PHD 1. Les poissons ont été nourris manuellement avec les six régimes (R1M0; R1M10; R1M20 et R2M0; R2M10, R2M20) (tableau 1) en raison de trois ou deux repas par jour à des heures régulières en fonction de leur poids (2).

Tableau 1. Proportion des différents ingrédients alimentaires des régimes tests

Ingrédients	Témoin1	Témoin2	Régimes enrichis de poudre de feuilles de <i>M. oleifera</i>			
	R1M0	R2M0	R1M10	R2M10	R1M20	R2M20
Remoulage de blé (%)	70	0	63	0	56	0
Farine de poisson (%)	10	0	9	0	8	0
Tourteau de coton (%)	20	0	18	0	16	0
Poudre de <i>M. oleifera</i> (%)	0	0	10	10	20	20
Farine de maïs blanc (%)	0	70	0	63	0	56
Farine de soja (%)	0	30	0	27	0	24
Total	100	100	100	100	100	100



2.2.2.1. Données collectées et variables calculées

À la fin de l'expérience, les paramètres biométriques régulièrement suivis (poids et tailles) ont permis de calculer les variables relatives à la croissance et à l'efficacité alimentaire comme :

- Le taux de survie (TS en %) : $TS = (Nf/Ni) \times 100$ avec Nf = nombre final de poissons et Ni = nombre initial de poissons
- Le gain moyen quotidien (GMQ) : $GMQ (g/j) = (Ptf - Pti) / D$

Où : Ptf = Poids moyen final (g), Pti = Poids moyen initial (g) et D = Durée de l'élevage (j)

- Le taux de croissance spécifique (TCS en % pc/j) : $TCS = [\ln(\text{poids final}) - \ln(\text{poids initial})] \times 100 / \text{Durée de l'expérience en jours}$
- L'indice de conversion alimentaire (ICA) : $ICA = (\text{Quantité de nourriture distribuée (g)} / \text{Gain de masse des poissons (g)})$

2.2.2.2. Traitement statistique des données

L'ensemble des données collectées a été saisi dans un tableur Excel. Le calcul des différentes variables zootechniques (GMQ, ICA et TCS) a été aussi fait avec le même logiciel. Les analyses statistiques (ANOVA) ont été réalisées avec le logiciel Genstat. Le test de Newman et Kheul au seuil de probabilité de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

2.3. Évaluation économique

Les paramètres concernés étaient le prix du kilogramme de l'aliment et le coût de production du kilogramme de poids vif. Le calcul économique a été fait suivant le prix des ingrédients des régimes sur le marché local et le coût de production du kilogramme de poissons en multipliant cette valeur par l'indice de conversion correspondant.

III. RÉSULTATS

3.1. Sylviculture

3.1.1. Croissance radiale et développement des ramifications

L'effet de l'eau d'arrosage sur la croissance radiale et le nombre de ramifications de *Moringa oleifera* est présenté dans la figure 1. Il y ressort que l'eau de vidange des bassins piscicoles a engendré une croissance significativement supérieure à celle des plantes des parcelles arrosées avec l'eau du puits aussi bien pour le diamètre au collet ($1,28^a \pm 0,59$ vs $0,99^b \pm 0,59$ cm) que pour le nombre de ramifications ($3,13^a \pm 0,52$ vs $2,52^b \pm 0,00$).

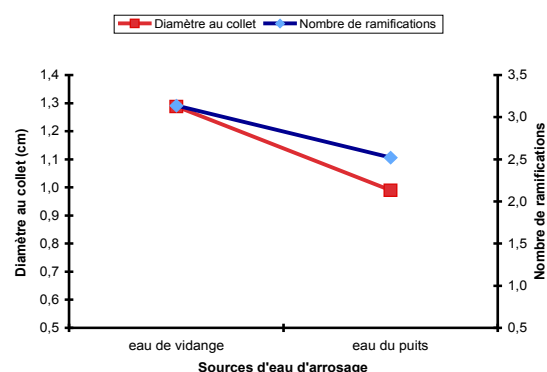


Figure 1. Diamètre au collet (en cm) et nombre de ramifications selon les sources d'eau d'arrosage

3.1.2. Evolution du diamètre au collet en fonction de la source d'eau

La figure 2 présente la variation du diamètre au collet des tiges en fonction de la source de l'eau d'arrosage. Il ressort que trois mois après le semis, les plants arrosés avec l'eau de vidange présentent une meilleure croissance du diamètre au collet. Cette tendance se conserve dans le temps. Grâce à l'eau de vidange, le diamètre des plants variait de $0,72 \pm 0,13$ cm à $2,07 \pm 0,13$ cm. L'eau du puits demeure la moins performante en donnant la plus faible croissance du diamètre au collet ($0,58 \pm 0,05$ cm à $1,13 \pm 0,05$ cm) des plants à toutes les dates d'observation.

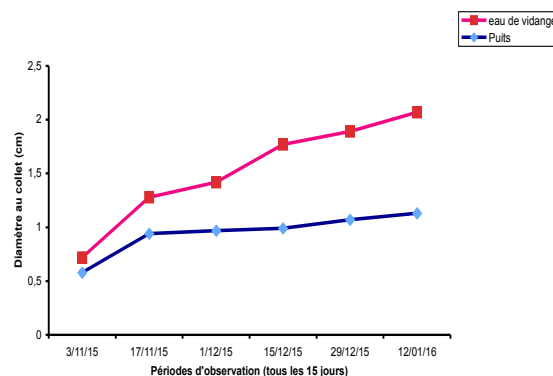


Figure 2. Évolution du diamètre moyen des plants de *Moringa oleifera* en fonction des sources de l'eau d'arrosage.

3.1.3. Production moyenne de feuilles et de poudre

Les résultats de l'étude montrent que les rendements (g) des parcelles arrosées avec l'eau des bassins piscicoles en feuilles fraîches ($1702,20^a \pm 3,14$) et en poudre ($254,34^a \pm 4,60$) sont statistiquement supérieurs à ceux réalisés avec l'eau du puits qui sont respectivement $735,10^b \pm 0,00$ et $117,40^b \pm 0,00$ (figure 3).



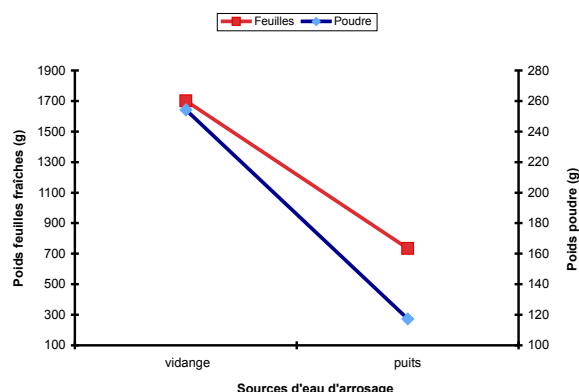


Figure 3. Productions de feuilles et de poudre (g) de *Moringa oleifera* en fonction de sources d'eau d'arrosage.

3.2. Pisciculture

3.2.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau des bassins

Les températures moyennes de l'eau des différents bassins ont varié de $28,77^{\circ}\text{C} \pm 0,19$ (Juillet) à $25,4^{\circ}\text{C} \pm 0,71$ (Novembre). Les valeurs moyennes du pH sont comprises entre $6,74 \pm 0,14$ et $7,05 \pm 0,25$. La teneur de l'eau en dioxygène dissous a varié entre $0,38 \pm 0,12$ et $2,79 \pm 0,38$ mg/l.

3.2.2. Effets de l'incorporation de la poudre de feuilles de *Moringa* sur les paramètres de croissance de *O. niloticus*

a. Taille : On observe que les tailles moyennes aux différents âges sont nettement supérieures chez les poissons nourris avec la ration 1 et ses substitutions que pour ceux qui sont alimentés avec les rations 2 (R2M0, R2M10 et R2M20). Cependant, les poissons nourris avec les régimes R1M0 et R1M10 ont enregistré des tailles moyennes comparables entre elles et supérieures à celles des individus consommant l'aliment R1M20 ($9,61 \pm 0,18$ cm à $15,53^{\text{a}} \pm 0,15$ cm pour R1M0 et $9,27 \pm 0,18$ cm à $16,11^{\text{a}} \pm 0,15$ cm pour R1M10 vs $9,15 \pm 0,18$ cm à $15,27^{\text{b}} \pm 0,15$ cm pour R1M20) (figure 4).

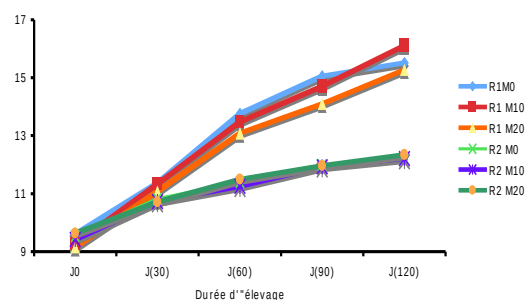


Figure 4. Évolution de la taille moyenne individuelle des poissons par régime alimentaire au cours des expériences

b. Poids : Les poids moyens sont nettement supérieurs chez les poissons nourris avec la ration 1 et ses substitutions que pour ceux qui sont alimentés avec les rations R2M0, R2M10 et R2M20. Le poids moyen des poissons nourris avec R1M0 est comparable à celui des sujets alimentés avec la substitution à 10 % (R1M10) et supérieur à celui des poissons nourris avec R1M20 (figure 5).

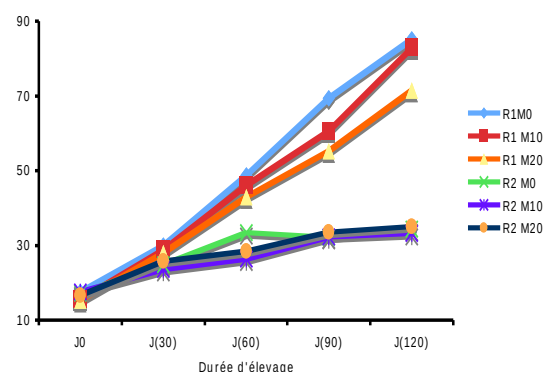


Figure 5. Évolution du poids moyen individuel des poissons par régime alimentaire au cours des trois expériences.

3.2.3. Variations des vitesses de croissance

De façon générale, il ressort des résultats que les régimes R1M0, R1M10 et R1M20 ont engendré une meilleure croissance chez les poissons. Cependant la comparaison entre les niveaux de variation des substitutions au sein de chaque ration témoin n'exprime pas de différence statistiquement significative pour les TCS, ICA, TM (Tableau 2).

Tableau 2. Gain moyen quotidien, taux de croissance spécifique, indice de conversion alimentaire et taux de mortalité chez *O. niloticus* selon le régime alimentaire

Régimes alimentaires	GMQ (g/j)	TCS (%)	ICA	TM(%)
R1M0	0,57 ^a	1,32 ^a	2,60 ^b	1,5a
R1M10	0,56 ^a	1,39 ^a	2,41 ^b	1,66a
R1M20	0,47 ^b	1,28 ^a	2,75 ^b	1,00a
R2M0	0,17 ^c	0,63 ^b	6,40a	-
R2M10	0,13 ^c	0,53 ^b	7,56a	1,00a
R2M20	0,16 ^c	0,62 ^b	6,44a	6,00a



3.2.4. Estimation du prix d'un kilogramme d'aliment et de coût alimentaire de production d'un kilogramme de poissons (FCFA)

L'incorporation de la poudre de feuilles de Moringa a contribué à diminuer le coût de production du kilogramme de poissons (tableau 3).

Tableau 3. Estimation du prix d'un kg d'aliment et du coût alimentaire de production d'un kg de poisson (FCFA)

Traitement alimentaire	Prix d'un kg d'aliment	ICA	Coût alimentaire de production d'un kg de poisson
R1M0	227	2,60	590,2
R1M10	204,3	2,41	492,36
R1M20	181,6	2,75	499,4
R2M0	165	6,40	1056
R2M10	148,5	7,56	1122,66
R2M20	132	6,44	850,08

IV. DISCUSSION

4.1 Sylviculture

Les résultats ont montré que les plants arrosés avec l'eau de vidange de la pisciculture ont eu une croissance radiale significative ($p < 0,05$) pour le diamètre au collet et ont produit plus de ramifications. Les productions de feuilles et de poudre ont été aussi significativement plus importantes avec des plants arrosés avec l'eau de vidange des bassins piscicoles. Cette performance peut s'expliquer par le fait que l'eau de vidange renferme les fèces des poissons et les refus d'aliments. Ces différents produits organiques décomposés, ont enrichi le sol en éléments fertilisants en général et plus spécifiquement l'azote. Nos résultats corroborent ceux de (3) qui ont montré que sur sol très pauvre et alcalin à Haïti, une fertilisation au compost a rendu la croissance de *Moringa oleifera* impressionnante. De même, les études de (4) ont montré que la bouse de vache améliorerait la croissance de *Moringa oleifera*. (5) ont conclu que l'évolution des paramètres biométriques de croissance de *Moringa* dépend du fertilisant appliqué au sol. D'après leur étude, la fiente de poule à la dose de 125 g/plant, a amélioré de façon quantitative l'accumulation de la biomasse chez *Moringa oleifera* dans l'Ouest Cameroun. (6) conseillent une fertilisation au moment de la préparation du sol ; ensuite un apport du fumier ou/et du compost au moins une fois par an. Au Niger, de bons rendements sont obtenus par certains cultivateurs après épandage des engrais chimiques, principalement du NPK (par ex. 15–15–15) et de l'urée, à la base du tronc de l'arbre (7). (8) ont montré que pour des récoltes continues de feuilles, il faut qu'une fertilisation adéquate soit apportée pour maintenir les rendements et la survie des plants. Les meilleures performances de croissance et de production engendrées sur les parcelles arrosées avec l'eau de vidange des bassins piscicoles sont en accord avec les résultats obtenus au Malawi dans un

système dit « l'agropisciculture » où l'eau de vidange est utilisée comme source de fertilisation de légumes pour la consommation familiale (9).

4.2. Activités piscicoles

Les valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées se situent dans l'intervalle requis pour l'élevage de *Oreochromis niloticus* (10).

L'incorporation de la poudre de feuille de Moringa pour l'alimentation de *O. niloticus* en tilapiaculture ne semble pas avoir de conséquences négatives sur la survie de ces derniers.

Le poids initial des poissons n'était pas significativement différent. Les poissons nourris avec les témoins et 10% d'incorporation de poudre de Moringa montrent des croissances pondérale et linéaire qui se maintiennent tout au long de l'expérience ; ceux alimentés avec le taux de 20 % présentent une croissance régulière mais moins importante que le premier groupe. Les travaux de (11), (12), (13), corroborent ces résultats. Selon ces auteurs, les feuilles de Moringa peuvent être introduites dans le régime de tilapia seulement en quantités limitées (8-10 %). Dans un régime où les feuilles de moringa ont été incluses à 10% pour fournir des protéines supplémentaires, la digestibilité des protéines a été signalée de l'ordre de 68% à 75%, et le gain quotidien de poids était de 30% plus élevé (13).

La faible croissance des poissons recevant des rations avec 20 % de Moringa est similaire aux résultats de (11) ainsi que de (14) lorsqu'ils ont augmenté le taux d'inclusion de feuilles crues de Moringa jusqu'à 12 %. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par (15) qui ont constaté une diminution de la consommation au fur et à mesure que le taux de supplémentation de la poudre de feuilles de Moringa augmentait, dans des aliments des poulets de chair.



4.3. Analyse économique

Dans la présente étude, R1M10 semble présenter le meilleur compromis qualité/prix comme souligné par (16). Nos résultats confirment ceux de (17), qui ont constaté une réduction du coût de production de poissons nourris avec des régimes où la farine de poisson a été partiellement substituée par de la poudre de tomate. Pour (18), un aliment composé de sous-produits locaux enrichis avec des protéines d'origine animale ou végétale (20 % de farine de poissons ou de soja) est plus performant et plus rentable qu'un aliment commercial.

V. CONCLUSION

La présente étude, basée sur l'intégration de la pisciculture à la sylviculture de *M. oleifera*, a donné des résultats encourageants, bien que préliminaires. En effet, la croissance radiale et la morphogenèse des plants de *Moringa oleifera* Lam, en dehors du substratum de culture, dépendent principalement de la qualité des eaux d'arrosage. Les meilleurs résultats obtenus dans cette étude avec l'eau de vidange des bassins de pisciculture montrent bien l'effet bénéfique du système intégré agroforesterie et pisciculture. Cet avantage se prolonge jusqu'à la récolte des feuilles et la production de poudre.

Cette recherche montre également que l'utilisation de la poudre de feuilles de Moringa comme substitut dans une ration alimentaire est efficace au taux de 10 %. Elle permet ainsi de contribuer au développement des activités piscicoles, de promouvoir et vulgariser la production et l'utilisation des feuilles de Moringa en alimentation piscicole, animale, voire humaine. Elle contribuera à l'atteinte de la sécurité alimentaire tout en améliorant l'état des ressources naturelles et augmenter ainsi la stabilité et la résilience des systèmes de production des petites exploitations agricoles. Ainsi, le développement d'un système de production agricole basé sur l'intégration de la pisciculture à l'agroforesterie est viable et peu coûteux.

Cette étude, qui se conclue dans l'intérêt de la symbiose de l'association pisciculture (*O. niloticus* Linné 1758) et culture de *Moringa oleifera* Lam peut être considérée comme une stratégie **QUI** consiste à modérer les conséquences préjudiciables des changements climatiques actuels et à venir, ainsi qu'à saisir les opportunités éventuelles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gerold A. et Sarro A., 2016. La filière poisson et ses chaînes de valeur ajoutée. Rapport final SEWOH Mali ; Frankfurt. 152p.
- Lazard J., 2007. Le Tilapia. *Cahiers Agricultures*. Paris. 16 (2) : 123-124.
- Artin M. et Rice L P., 2002. The Moringa tree. An Echo Technical Note. Echo staff. 13 (38): 1-19.
- Price M. L., 2007. *Le Moringa*. Dans Note technique- ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007). Site Internet <http://www.echonet.org/tropicalag/technotes/Moringa.pdf>
- Tedonkeng Pamo E., Boukila B., Tendonkeng F., Kana J. R., Tonfack L.B., et Momo M.C.S., 2005. Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. Dans l'Ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development* 17 (3) 2005
- Saint Sauveur A. et Broin M., 2010. Produire et transformer les feuilles de moringa Moringanews/Moringa Association of Ghana (MAG) Moringanews. <http://www.moringanews.org>.
- Olson M.E., 2001. Introduction to *Moringa* family (11-28). In: Fuglie L.J (editor). The miracle tree: the multiple attributes of *Moringa*. Wageningen: CTA; Dakar: CWS. 177p.
- Amaglo N. K., Timpo G. M., Ellis W.O et Bennett R. N., 2006. Effet de l'écartement et la fréquence des récoltes sur la croissance et le rendement en feuilles de *Moringa oleifera* Lam. *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique*. Accra, Ghana, 16-18 novembre, pp11.
- Jamu D. et Zomba, 2005. Contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans un pays à forte densité de population. *Agriculture et développement rural*. ELR_L_agropisciculture_durable_au_Malawi_0 205 2p.
- FAO, 2012. Fiche *Oreochromis niloticus* http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr
- Abo-État H., Hammouda Y., El-Nadi A. et Abo Zaid H., 2014. Evaluation of feeding raw moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves meal in Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) diets. *Global Vet.*, 13 (1): 105-111.
- Egwui PC., Mgbenka BO. et Ezeonyejaku CD., 2013. Moringa plante et son utilisation comme aliment dans le développement de l'aquaculture: un examen. *Anim. Res. . Int*, 10 (1): 1672-1680
- Yuangsoi B., Charoenwattanasak S., 2011. Utilisation de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) feuilles sur les performances de croissance et la digestibilité des protéines dans Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Proc. 49e Kasetsart University. Ann. . Conf, Université Kasetsart, en Thaïlande 1-4 Février 2011, 3 (Pêches): 317-326.
- Kasiga T. et Lochmann R., 2014. Digestibilité des éléments nutritifs des régimes-soja-repas réduits contenant *Moringa* ou *Leucaena* repas de feuilles pour le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*. *J. mondiale aquac. Soc.*, 45 (2): 183-191
- Tougiani A., Idi M., Wowo H. et Diawadou D., 2017. Effet de la supplémentation de la farine des



- feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.) dans la production des poulets de chair au Niger. *International journal of Biological and Chemical Science* 11(2): 722-729 <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
16. Iga Iga, 2008 Iga Iga R., 2008. Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : cas du Gabon. Mémoire de master. 47 p.
 17. Azaza M.S., Mensi F., Abdelmouleh A. et Kraïem M.M., 2005. Élaboration d'aliments pour le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien. *Bulletin Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbo*. 32 : 8p.
 18. Nobah C. S.K., Affourmou K., Alla Y. L., 2014. Effets des sous-produits locaux sur la croissance des Tilapias hybrides (*Tilapia zillii* (mâles) x *Tilapia guineensis* (femelle)) en cage flottantes installées dans le lac de barrage d'Ayame I (Côte d'Ivoire). *Revue CAMES*, 2 (1), 14.



Vulnérabilité des petits producteurs du riz dans la zone Office Périmètre Irrigué de Baguinéda au Mali

Abdoul Kader Sidibe¹, Bouréma Kone² et Souleymane Kouyate¹

¹Université de Ségou

²Institut d'Economie Rurale

Email: abdoulkader.sidibe@doct.uliege.be

RESUME : Cet article fait une étude sur la vulnérabilité des petits producteurs du riz dans la zone Office périmètre irrigué de Banguinéda. La collecte des données de terrain a été effectuée sur une durée de six ans et à plusieurs passages dans l'année trois ans de 2016 à 2018. Ainsi, quatre cents trente (430) exploitants soit 13% de l'ensemble des exploitants de notre zone d'étude ont été sélectionnés de façon raisonnée et sur la base de la liste attributaire de l'OPIB. Les résultats montrent que la riziculture occupe à peu près 75 % des activités principales des exploitants dans la zone. Toutefois, ces petits producteurs se trouvent dans un état de précarité constante. Ils exploitent de très petites superficies en moyenne 0,64 ha et leurs familles se sont agrandies en moyenne seize (16) personnes par ménage, le bilan céréalier dégage un déficit céréalier de 1 967 kg. Cela traduit une grande vulnérabilité des ménages quand on sait que ces productions agricoles, toujours sujettes aux caprices du climat, constituent les principales préoccupations de presque de tous les ménages de la zone de Baguinéda.

Mots-clés : Vulnérabilité- Petits-producteurs -Riziculture- Banguinéda

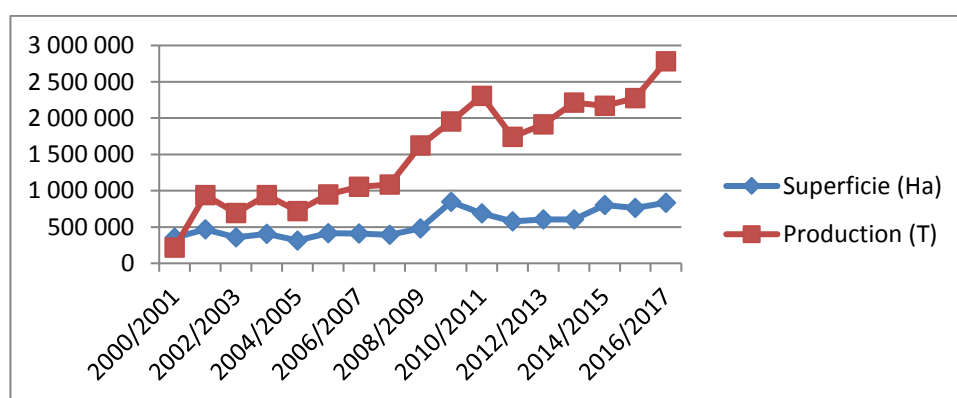
INTRODUCTION

Au Mali, le riz a dès lors un rôle central dans la sécurité alimentaire, qui reste un problème crucial. La filière riz contribue également de manière substantielle à la croissance économique du pays (5% du PIB). Les importantes potentialités rizicoles avec des superficies jugées aptes à l'irrigation évaluées à près de 2.200.000 ha, ne sont valorisées qu'à hauteur de 20%.

Considéré comme un produit stratégique, le riz fait l'objet d'une attention particulière en terme de politiques publiques et d'enjeux politiques. Il est perçu comme la principale denrée permettant d'atteindre la sécurité alimentaire, d'améliorer les revenus des producteurs, et de satisfaire une demande urbaine croissante à un prix raisonnable. C'est pourquoi depuis la crise alimentaire de 2008, un accent particulier a été mis

sur les politiques pouvant donner une impulsion nouvelle à la riziculture pour faire du Mali un pays durablement autosuffisant en riz et, le cas échéant, exportateur de riz dans la sous-région.

Le potentiel de terres agricoles appropriées pour l'irrigation et la culture de riz est estimé à 2 200 000 ha ; mais seulement environ un tiers de ces terres est utilisé. Ceci concerne aussi les bas-fonds aménageables. Leur potentiel n'est pas utilisé pleinement, seulement environ 50% sont exploités. La production de riz était 214 548 tonnes en 2001 et elle a augmenté à **2 780 905** tonnes en 2016, par contre, la population malienne a augmenté de en 2001 de 10,2 millions à 18,3 millions en 2016. Même si le développement des rendements un peu en « dents de scie » est pris en compte, il peut quand même être conclu que les rendements montrent une tendance à la croissance



Source : A partir des données EAC CPS/SDR 2018

Evolution des Superficies et de la production du riz niveau national

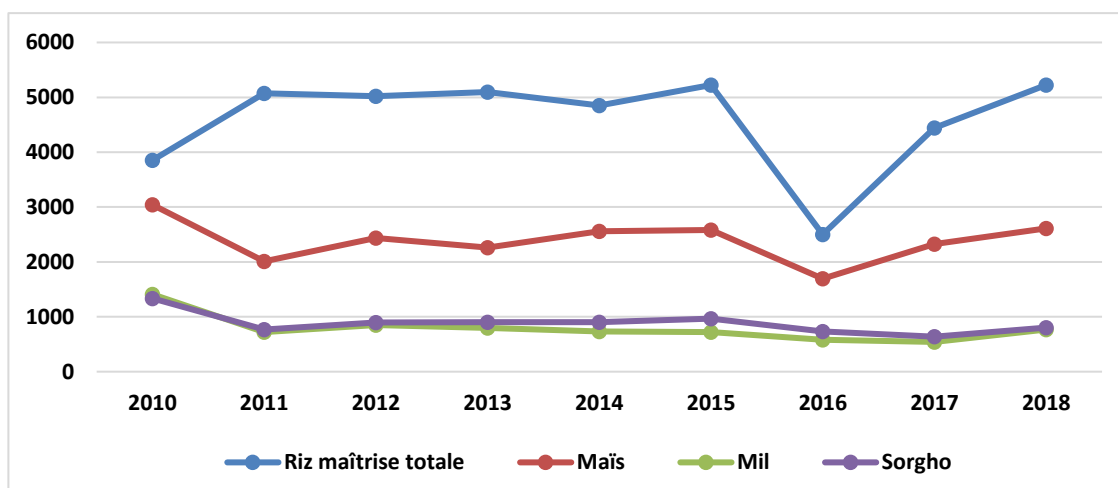


Les superficies cultivées et les productions qui sont fortement cohérentes, ont augmenté significativement ces dernières décennies. On peut constater une augmentation significative des superficies à partir de 2007/08. Elle rend compte de l'engouement des paysans pour la riziculture suite au lancement du programme « Initiative riz ». En effet, pour la première fois, le paysan se voyait octroyer une subvention pour l'utilisation d'engrais pour la culture du riz, notamment le riz « NERICA » susceptible d'être cultivé en culture pluviale partout où le maïs est cultivé. Mais malgré ces augmentations la demande de riz croissante dans le marché national ne peut pas être satisfaite par la production du pays.

Production céréalière de la zone

Elle représente la principale activité économique de la population à plus de 90%. La

population s'adonne à la culture irriguée du riz hivernal. Les cultures maraîchères de contre saison occupent le maximum des activités agricoles en deux temps : (octobre à janvier) en zone exondée et de (février à mai) dans la plaine aménagée. Les tomates et les oignons constituent les principales cultures maraîchères en termes de superficies et de rendement. A celles-ci s'ajoutent : l'aubergine, le gombo, les choux, le poivron, le concombre, la laitue et le melon. La production maraîchère constitue la principale source de revenu monétaire pour les paysans en général. Dans les zones exondées, le mil, le sorgho le maïs et le niébé sont cultivés. La commune de Baguinéda est également une zone de production de mangues. Dans tous les cas, l'agriculture constitue l'activité principale et le pilier de l'économie dans la zone de Baguinéda.



Source : A partir des données l'OPIB 2018

METHODOLOGIE

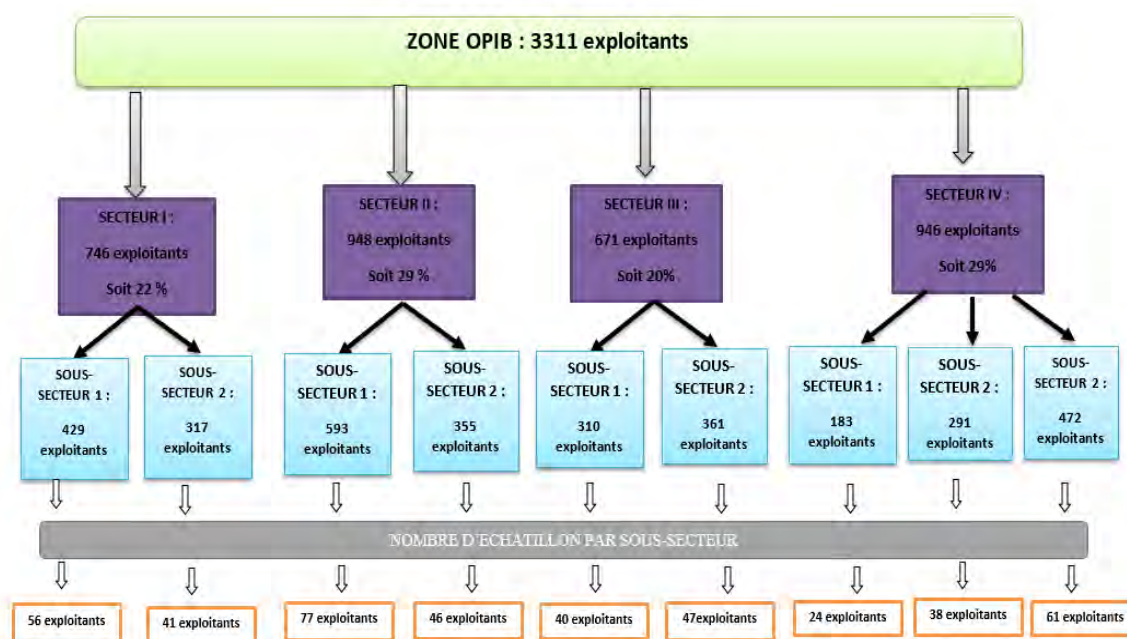
La démarche méthodologique se déroulera de la manière suivante : la revue documentaire, les visites sur le terrain, l'échantillonnage, la préparation des questionnaires et le traitement des données.

Echantillonnage

Cette phase a consisté à collecter des données auprès d'un échantillon représentatif de différents acteurs de différentes zones vue leur hétérogénéité. Les enquêtes se sont déroulées dans les quatre secteurs de l'OPIB, ainsi, quatre cents trente (430) producteurs soit 13% de l'ensemble des exploitants de notre zone d'étude ont été sélectionnés de façon raisonnée et sur la base de la

liste attributaire de l'OPIB. La collecte des données de terrain a été effectuée sur une durée de six ans et à plusieurs passages dans l'année. De différentes enquêtes ont été réalisées en deux phases (phase 1 de mars au mai 2015 ; et phase 2 de novembre au décembre 2015). De 2016 jusqu'au 03 octobre 2019, plusieurs passages ont été faits qui nous ont permis d'actualiser et compléter certaines données. Deux types de support ont été utilisés pour collecter les données à savoir le questionnaire pour les enquêtes auprès des acteurs directs et le guide d'entretien pour les entretiens et discussions focalisées auprès des acteurs indirects de la filière





RESULTATS

L'analyse du profil des exploitants enquêtés porte sur le sexe, la situation matrimoniale, l'activité principale des chefs de ménage, l'âge et la composition du ménage.

L'enquête est réalisée sur un échantillon estimé à quatre cents trente (430) exploitants répartis entre les quatre secteurs soit 13 % des trente-trois mille onze (3 311) des exploitants attributaires à l'OPIB.

Zones	Attributaires OPIB	Echantillon	Taux
Secteur I	746	97	13%
Secteur II	948	123	13%
Secteur III	671	87	13%
Secteur IV	946	123	13%
Ensemble	3311	430	13%

Source : Auteur, 2018

	Masculin	Féminin
Moins de 5 ans	11%	13%
5 – 10 ans	15%	16%
11 -14 ans	16%	17%
15 – 59 ans	37%	30,5%
60 ans et plus	21%	23%
Ensemble	100%	100%

Source : Auteur, 2018

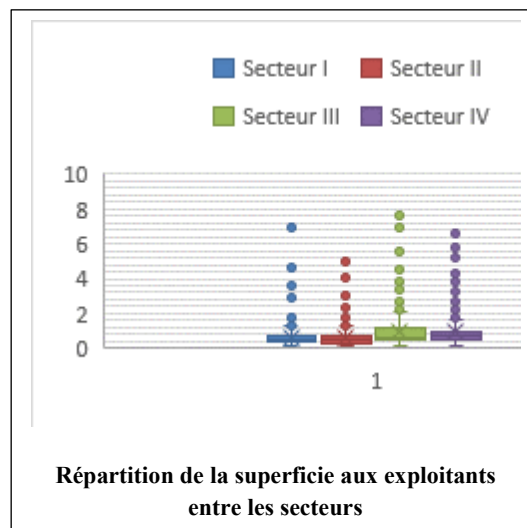
La taille moyenne des exploitations est de seize (16) personnes en charge dont huit (08) actifs et de sept (07) enfants par ménage, cette caractéristique est presque identique à celle du Mali de façon générale.

Selon l'enquête, en moyenne 44 % de personnes âgées sont de moins de 15 ans, la zone se caractérise par une population très jeune. Les actifs des ménages qui représentent entre 30% à 37% de la zone prennent en charge plus de 60% des inactifs.



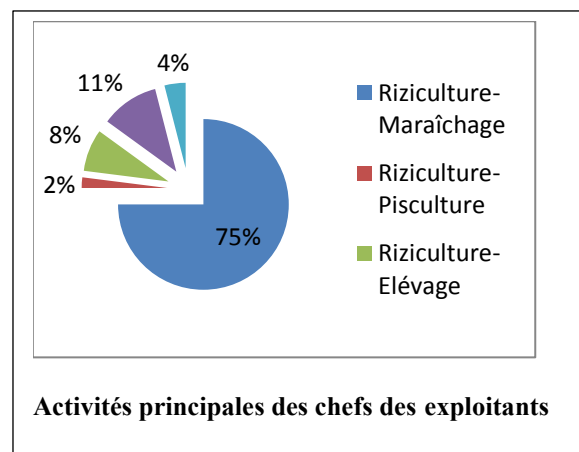
Répartition de la superficie aux exploitants entre les secteurs

Zone	Moyenne	Médiane	Ecart type	Mim	Max
Secteur I	0,64	0,54	0,28	0,01	6,93
Secteur II	0,64	0,51	0,33	0,01	4,94
Secteur III	0,93	0,65	0,53	0,16	7,63
Secteur IV	0,90	0,75	0,40	0,13	6,60

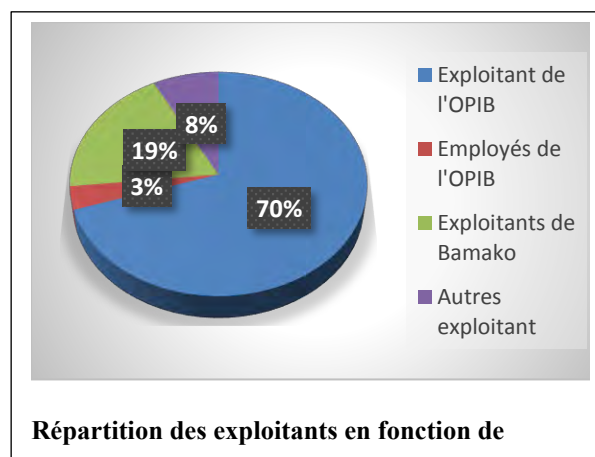


L'analyse du tableau ci-dessus révèle que la zone n'est pas homogène en fonction de la répartition des superficies. Les superficies des secteurs III et IV sont grandes en moyenne que celles des secteurs I et II. Cela s'explique que les secteurs I et II sont convoités car ils sont plus proches de la capitale. L'analyse par secteur montrent que les non-résidents représentent 30% et la plupart se trouve dans les secteurs I et II. Cependant, 70% des exploitants résident à Baguinéda,

La riziculture en maîtrise totale est la plus importante dans la zone, elle représente plus de 90%. Les activités économiques couramment exercées par les chefs de exploitants dans la zone d'enquête sont la riziculture et le maraîchage soit 75 %, ensuite certains associent la riziculture et l'élevage, 8 % d'autres l'associent avec les petits commerces 11% et 4% pratiquent l'agriculture et d'autres d'activités. Il est important de préciser que la riziculture-pisciculture commerce à être valorisée,

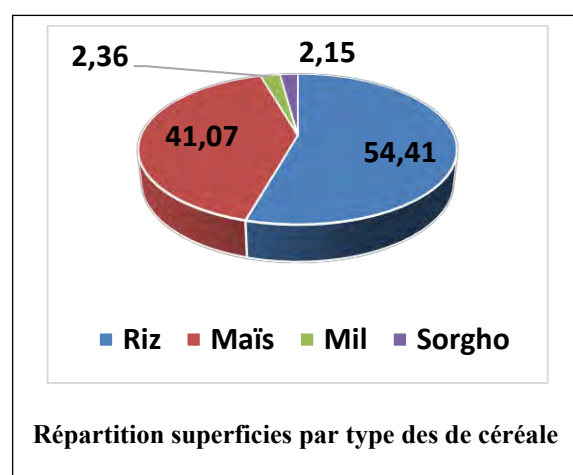
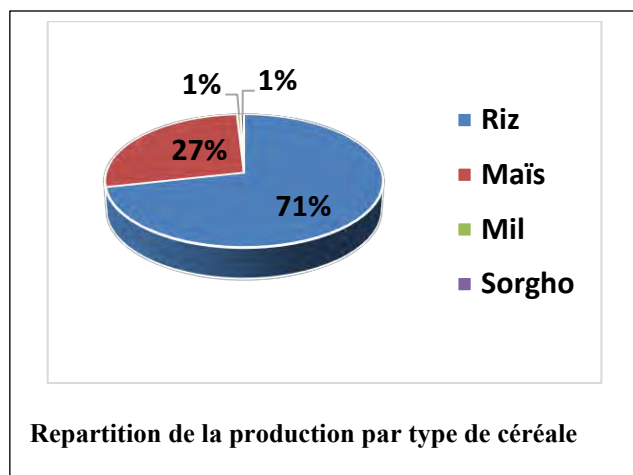


Les productions agricoles (productions céréalières, maraîchères et fruitières) fournissent 95% des revenus moyens des ménages de l'enquête, et la



riziculture et le maraîchage représentent 75% de leur activité.





Bilan céréalier des petits producteurs			
Désignations	Riz	Autres céréales	Total
Production totale (KG)	1 968	125	2093
Perte au battage (T) 10%	197	13	209
Production des résidents (T) : 70% Riz, 90% Autres	1 378	101	1479
Semences (T) 1,5%	21	2	22
Production disponible (T)	1 357	100	1457
L'effectif moyen des ménages			16
Besoin de consommation annuelle (kg)		214	3424
Déficit (T)	1 457-3 424		-1967

PETITS PRODUCTEURS				
	Secteur I	Secteur II	Secteur III	Secteur IV
Superficie moyenne en ha	0,64	0,64	0,93	0,96
Rendement moyen kg/ha	1968	1968	2860	2953

La production consommable est obtenue en appliquant les taux de décorticage de 70% pour le riz et 90% pour les autres céréales à la production disponible. La norme CILSS de la consommation céréalière est de 214 kg/habitant/an. Sur la base de ces résultats, il se dégage un déficit céréalier de 1 967 kg. Pour combler ce déficit, les riziculteurs font des cultures de contre saison telles que les cultures maraîchères.

CONCLUSION

La plupart des petits producteurs dans la zone OPIB se trouve dans un état de précarité constante. Ils exploitent de très petites superficies en moyenne 0,64 ha. Au fil des années, les familles se sont agrandies en moyenne seize (16) personnes par ménage. Ensuite, avec la proximité de Bamako, les zones exondées sont presque urbanisées, du coup, la production des autres céréales sèches (maïs, mil et sorgho) a fortement diminué.



Dans la majorité des cas, ils ne possèdent que des équipements rudimentaires, éprouvent d'énormes difficultés d'accès au crédit et d'écoulement de leur production sur un marché pratiquant des prix peu rémunérateurs. Face à ces problèmes majeurs, il faut également ajouter les risques liés aux aléas climatiques, la forte pression foncière, l'explosion démographique et à l'arrivée des fonctionnaires de Bamako qui se sont installés dans la zone.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUDOUIN M et al (2016) « *Analyse et développement inclusif et durable de la Chaîne de Valeur du Riz au Mali* »
- CAE, (2001) « *Test d'amélioration de la qualité du riz produit en zone Office du Niger* ». Bamako, 15 p.
- COULIBALY A (1994) « *Analyse de la chaîne de valeur riz. Bamako, Mali, Ministère du Développement Rural, Cellule de Planification et de Statistique* ». 22P.
- COULIBALY Y M ; GEROL A (2016) « *Chaîne de valeur riz et ses chaînes de valeur ajoutée* »
- COULIBALY Y M ; OUALOGUEM A (2014) « *Etude sur les chaînes de valeur riz au Mali* »
- COULIBALY Y. HAVARD M (2013) « *Evolution et perspectives de la transformation du riz à l'Office du Niger au Mali. 3ème Congrès du riz en Afrique.* »
- COULIBALY Y. M. J.-F. BELIERES, et al. (2006). « *Les exploitations agricoles familiales du périmètre irrigué de l'Office du Niger au Mali : évolutions et perspectives.* » *Cahiers Agricultures* » 15(6) : 8.
- COULIBALY, Y M (2011) « *Etude économique pour la cartographie de risques de la chaîne de valeur au Mali* » (FAO/CNOP),
- COULIBALY, Y M (2012) « *Etude diagnostic du système commercial de la Fédération des* »
- Diakité L. et al (2014) « *Etude Chaîne de Valeur Riz en Afrique de l'Ouest* »
- DIAKITE M et al (2009) « *Etude de référence sur la productivité agricole du riz au Mali* »
- DIALLO B. et al (2010) « *Analyse des prix de parité en Afrique de l'Ouest : le cas du riz depuis la crise de 2007-2008* ».
- Direction Nationale du Génie Rural (DNGR), 2009. « *Analyse économique de trois chaînes de valeur de la chaîne de valeur riz* ». Bamako, DNGR, Mali.
- DJIRE O. (2009). « *La fabrication locale d'équipements agricoles : l'expérience de la SOCAFON au Mali.* » *Grain de Sel* 48 : 27.
- ELBEHRI A. et LEE M. (2011) « *Le Rôle des Organisations de Productrices dans les Chaînes de Valeur des Produits Agricoles* », FAO/Rome.
- FAO (1994) « *Etude d'impact de la dévaluation du franc CFA sur la compétitivité des productions rizicoles dans les pays de l'UEMOA* ».
- FAO (2014) « *Analyse des incitations par les prix pour le riz au Mali, pour la période (2005-2012),*

suivi des politiques agricoles et alimentaires en Afrique (SPAAA) ». Note technique
FAO EASYPol:

FAO. (2014) « *Analyse des Incitations par les Prix pour [Riz] au Mali* » (note technique).

FIAS – Service-conseil pour les investissements étrangers (2007). *Moving toward Competitiveness: A Value-Chain Approach*. SFI, Groupe de la Banque mondiale. Disponible sur www.ifc.org

GTZ (2007). *Value Links Module 2: Analyzing Value Chains*. Disponible sur <http://www.value-links.de/manual>

HAVARD M. (2003). « *Conseil de gestion aux petites et moyennes entreprises de décorticage du riz* » seydousylla26@yahoo.fr

Herr, M. et T. Muzira (2009). *Value Chain Development for Decent Work: A Guide for Private Sector Initiatives, Governments and Development Organizations. Chapter 3. Value Chain Mapping: Understanding Relationships*. Bureau international du travail, Genève, 2009.

<http://acpfish2-eu.org/uploads/projects/id424/Manual%20SA-4.1-B20%20-%20FR.pdf>

INSTAT (2016) : Sante, Emploi, Sécurité Alimentaire et Dépenses De Consommation Des Ménages

Kaplinsky, R., Morris, M. 2002. A handbook for value chain research.

KERGNA, A.O et Cisse, I. (2014). « *Etude sur la chaîne de valeur riz en vue d'explorer les facteurs affectant les performances des organisations paysannes* »

M4P (2008). *Making Value Chains Work Better for the Poor: A Toolbook for Practitioners of Value Chain Analysis, Version 3. Tool 2 Mapping the Value Chain. Making Markets Work Better for the Poor (M4P) Project*, Royaume-Uni, Ministère du développement international (DFID). Agricultural Development International: Phnom Penh, Cambodge. Disponible sur

www.valuechains4poor.org
Ministère du Développement Rural du Congo (2015) « *Projet d'appui à la réhabilitation et à la relance du secteur agricole* »

SITES INTERNETS

sur <http://apps.develebridge.net/amap/index.php>

TRAORE A, DEMBELE M (2009), *Analyse économique des trois chaînes de valeur de la filière de riz*, Ministère de l'Agriculture, PASSIP, p. 8

USAID (non daté). *Value Chain Mapping Process*. Micro Links Wiki, USAID. Disponible sur www.editions-eyrolles.com



Analyse comparée de la rentabilité économique du système coton biologique et du système coton conventionnel au Mali

Kouloumégué Dembele¹, Bourema Kone², Maïmouna Toure¹, Fatoumata Sylla¹ et Philippe Burny³

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée

²Programme Economie des Filières de l'Institut d'Economie Rural (IER/ECofil)

³Université de Liège, Belgique

E-mail : kouloumagua@gmail.com

RESUME : Ce travail a pour objectif d'analyser la viabilité du système coton (coton et cultures de rotation) selon les deux modes de production (conventionnel et biologique) existant au Mali. L'étude est menée auprès d'un échantillon de 60 exploitations à raison de 30 exploitations par système, suivant une démarche systématique et à trois niveaux: la culture, les systèmes de culture et les systèmes de production. En premier lieu, les caractéristiques structurales des exploitations et la viabilité de la culture du coton ont été comparées. En second lieu, les performances agronomiques du système de culture à base de coton bio équitable ont été analysées de manière à déterminer son impact en terme de sécurité alimentaire par rapport à celui du coton conventionnel. Ensuite, l'intérêt s'est porté sur les systèmes de production dans la globalité. Les surfaces en coton sont beaucoup plus petites en production bio-équitable (0,88 ha) qu'en production conventionnelle (2,31 ha). Cependant, la superficie par actif du système bio équitable (1,47 ha) est légèrement supérieure à celui du système conventionnel (1,10 ha). Ce qui engendre un surcroît de travail pour les actifs familiaux surtout que l'usage des herbicides chimiques qui allège la corvée de travail physique est proscrit dans ce système. Au niveau de la culture du coton, les besoins en temps de travaux sont hautement significatifs. Le coton bio-équitable requiert, en moyenne, 110,42 Hj contre 77, 89 Hj en production conventionnelle. Le surcroît de travail est d'environ 32,53 Hj, soit l'équivalent de plus d'un mois de travail pour un actif. L'analyse fait apparaître d'une part l'importance de la main-d'œuvre dans les coûts de production, et d'autre part, la faiblesse de la part des intrants du coton bio-équitable : 36% contre 71% pour le coton conventionnel. Par ailleurs, le coton bio-équitable génère moins de revenus à l'échelle de l'exploitation étant donné des superficies de plus petite taille. Une analyse de sensibilité montre que sur le plan financier, le coton bio équitable est plus résilient face aux fluctuations récurrentes du prix du coton et des intrants chimiques. Les systèmes de culture à base de coton bio équitable enregistrent des pertes de productivité comparés à ceux du coton conventionnel. La comparaison des productions (kg) des principales céréales du système coton bio équitable en rapport avec le système coton conventionnel, montre des déficits en céréales de 886 kg, 207 kg, 130 kg respectivement pour le maïs, le mil, le sorgho. L'alternative bio équitable permet cependant une meilleure préservation de la santé humaine et animale et de l'environnement de façon générale.

Mots clés : coton bio- équitable, coton conventionnel, rentabilité, système de production, Mali.

I. INTRODUCTION

L'économie malienne repose essentiellement sur l'agriculture. Le poids de l'agriculture se mesure par sa contribution au PIB, 38% dont 15% pour le « seul » coton. Le coton contribue à 40% des revenus de la population rurale, 22% des recettes d'exportations et 12% des recettes du budget d'état [1].

Le coton domine l'ensemble du système agraire compte tenu de son importance économique et de son rôle de moteur sur les autres cultures de rotation. Les infrastructures physiques et institutionnelles du coton profitent aux cultures céréalières comme le maïs, le mil, le sorgho qui constitue la base de la sécurité alimentaire [2].

La culture conventionnelle du coton a permis d'améliorer l'autosuffisance alimentaire, mais en même temps, elle est apparue bien vite nocive, en ce sens que les produits chimiques de synthèse qu'elle mobilise sont à l'origine des atteintes sur la santé humaine et animale et sur l'environnement en général [3].

En effet, le contexte d'industrialisation de la culture du coton a nécessité l'application d'importantes quantités de pesticides. Or, tout pesticide étant par définition une substance destinée à détruire ou à maîtriser des organismes vivants, leur application à grande échelle comme c'est le cas en culture cotonnière au Mali, entraîne inévitablement une série d'effets non intentionnels sur divers écosystèmes.

Par ailleurs, plusieurs études témoignent que la production conventionnelle du coton fragilise la situation socioéconomique des exploitations cotonnières [4] ; [5] ; [3]

Ces études pointent du doigt la baisse tendancielle des cours mondiaux du coton qui contraste avec la hausse tendancielle des prix des intrants chimiques importés et la pratique des subventions accordées aux cotonculteurs dans les pays du Nord. Toutes choses qui affectent négativement la compétitivité des exploitations familiales du sud.



Compte tenu des impacts négatifs de plus en plus connus sur le plan socio-économique et environnemental, les systèmes alternatifs tels que l'agriculture biologique sont perçus comme des systèmes durables, susceptibles d'allier la trilogie « économie-environnement et développement social » [6]

Bien que beaucoup de scientifiques s'accordent à reconnaître que le système alternatif bio-équitable améliore dans la durée, la fertilité des terres agricoles, la biodiversité et l'environnement en général, bon nombre de questions n'ont pas eu à présent de réponse ou n'ont que des réponses partielles. Parmi ces questions, citons en particulier (liste non exhaustive) :

- ✓ Les revenus issus de la production du coton et les rendements des cultures du système coton bio équitable sont-ils suffisants par rapport aux coûts et besoins alimentaires pour rendre cette dernière financièrement intéressante et convaincre les producteurs d'adopter ce système ?
- ✓ L'agriculture biologique pourrait-elle préserver la fertilité et la teneur en nutriments des sols par la mobilisation des quantités de matière organique (compost) suffisantes pour couvrir les besoins des aires converties ?

En effet, le mode de production du coton bio-équitable interdit strictement l'utilisation d'engrais et pesticides chimiques, de même que l'utilisation des semences de coton génétiquement modifiées [7]. En somme, il y'a peu d'évidences scientifiques sur les avantages socioéconomiques et même environnementaux de ce système alternatif qui est sensé inverser les effets négatifs du système conventionnel [8].

La présente recherche ambitionne de contribuer à clarifier ce questionnement en faisant une comparaison des performances financières et économiques du système coton (coton et cultures de rotation) selon les deux modes de production (bio-équitable et conventionnel) au Mali. Les cultures de rotation du coton incluent le maïs, le mil, le sorgho, le sésame et l'arachide.

La recherche fournira à terme des éléments d'aide à la décision aux décideurs politiques et aux producteurs. Elle contribuera aux débats actuels en cours sur les options de production adaptées à la sécurité alimentaire et l'éradication de la pauvreté dans un contexte de changement climatique.

Spécifiquement l'étude vise à :

- Comparer les rendements physiques des deux types de coton et de leurs cultures de rotation ;
- Comparer les besoins en travail des deux modes de production du coton ;
- Comparer les budgets de culture du coton bio-équitable et du coton conventionnel ;

- Simuler l'effet de la baisse récurrente du prix du coton-graine et la hausse du prix des intrants chimiques sur la rentabilité financière des différents modes de production du coton.

II. Matériel et méthode

2.1. Recherche documentaire

Elle a concerné tous les centres de documentation des structures concernées par l'étude. Il s'agit, notamment des centres de documentation du ministère de l'agriculture, de l'Institut d'Economie Rurale (IER), de la Compagnie Malienne pour le Développement des fibres Textiles (CMDT), de Helvetas Mali, du Mouvement biologique malien (MOBIOM), de l'Institut de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA). Nous avons également exploité les bases de données de la Cellule de planification et des statistiques du Mali et de la FAO.

2.2. Choix de la zone d'étude

La région CMDT de Bougouni, et particulièrement le secteur de Kolondiéba a été retenu pour la réalisation de l'étude du fait de la coexistence du système de production conventionnelle et du système de production biologique et équitable.

D'autres critères tels que la durée ou le nombre d'années acquis dans la production biologique et/ou conventionnelle (5 ans minimum), l'accessibilité et la volonté de participation des exploitants ont été pris en considération.

2.3. Echantillonnage

Quatre tirages au sort sur la liste des villages produisant le coton bio équitable nous ont permis de retenir les villages de Niamala, Sitin, Bohi, et Kolondieba.

Pour ce qui concerne le système de production conventionnel, quatre tirages au sort ont permis de retenir les villages de Boundjoba, Kanfala, Sitin, Tiendaga. L'unité d'observation est le producteur de coton biologique ou conventionnel. Dans chaque village retenu, le choix des exploitants a été fait de façon aléatoire sur la base des listes des producteurs bio équitables et conventionnels disponibles respectivement auprès du Mobiom et du secteur CMDT. La taille de l'échantillon est de 60 exploitations dont 30 du système coton bio-équitable et 30 du système conventionnel.

2.4. Collecte des données

Pour l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles durables, ce sont le budget d'entreprise et les budgets partiels qui sont les méthodes les plus couramment utilisées [8]. Ainsi, pour la présente étude, nous avons utilisé les budgets partiels. Les budgets partiels incluent divers produits, mais se limitent uniquement aux éléments de coûts et bénéfices susceptibles de changement significatif à la suite des modifications introduites dans les pratiques de



production agricole durables. Nous avons appliqué le budget partiel sur le coton. L'ensemble des cultures de rotation du système coton est pris en compte pour apprécier les effets d'entraînement de la culture du coton sur celles-ci en termes de rendement physique.

La collecte des données a été faite à l'aide d'un questionnaire qui a permis de recueillir toutes les informations concernant les caractéristiques socioéconomiques des exploitants (nombre d'actifs agricoles, sexe, temps de présence dans l'exploitation), la production du coton (superficies emblavées, quantité et prix des intrants (semences, bio pesticides, engrais minéraux, pesticides chimiques de synthèse, fumures organiques etc.), les quantités de main d'œuvre de même que leurs coûts, la quantité de coton récolté et son prix de vente); les aspects environnementaux (santé humaine, animale et reproduction de la fertilité des sols).

2.5. Traitements des données

Les coûts des intrants (semence, insecticide, fertilisants, herbicides ...) sont évalués en tenant compte des quantités réelles appliquées et de leur prix de cession.

Le coût de la main-d'œuvre tient compte de toutes les opérations culturales effectuées par la main d'œuvre familiale et salariée.

Le coût variable représente la somme des coûts des intrants et de la main d'œuvre salariée. Le total des charges concerne le coût total des coûts variables et des coûts fixes (intérêts payés, amortissement ou frais de location de matériel, impôt et taxes payés, les salaires versés...).

2.5.1 Principe de calcul

Différents calculs ont été effectués. Les méthodes utilisées sont les suivantes :

a. Estimation de la main-d'œuvre.

L'effectif total (ET) des travailleurs en Equivalent-Homme-jour est donné par la formule suivante :

$$ET_{Hj} = ET \left(\frac{Di}{8} \right) \quad (1)$$

Avec

Di : Durée totale de l'opération exprimée en années.

8 : Le nombre d'heures de travail par jour

ET = 1 * (nombre d'hommes de 15 à 55 ans + 0.75 * nombre de femmes de 15 à 55 ans + 0.5 * (nombre d'enfants de 10 à 14 ans) + 0.5 * (nombre de veilles personnes de 56 à 65 ans) + 0.3 * (nombre d'enfants de 6 à 9 ans).

b. Méthode de calcul de l'amortissement des équipements agricoles

L'annuité par type d'équipement ou outillage a été calculée à partir de la formule :

$$Am_i = \left(\frac{n_i * P_{Ui}}{Di} \right) * \left(\frac{P}{100} \right) \quad (2)$$

Avec

Am_i : l'annuité de l'équipement considéré chez le producteur i ;

n_i : le nombre de cet équipement ;

P_{Ui} : le prix unitaire d'acquisition de l'équipement ;

Di : la durée de vie du même équipement chez le producteur i et

P : la proportion de temps d'utilisation de l'équipement pour le type de coton.

c. Méthode de calcul du Revenu Agricole Net (RAN)

Le revenu agricole net correspond à la différence entre la somme des recettes obtenues (produit brut : PB) et les diverses charges inhérentes à la mise en œuvre de l'itinéraire technique de la culture du coton : consommation intermédiaire des biens et des services (CI), amortissement du capital fixe (Am), intérêts des emprunts (Int), rente foncière (RF), impôt direct et indirect (Imp) et salaires payés à la main d'œuvre extérieure (Sal).

$$RAN = CA - CI - Am - Int - RF - Imp - Sal \quad (3)$$

d. Méthode de calcul de la valorisation de la journée de travail (Vjt)

Pour obtenir la productivité du travail (Valorisation de la journée de travail), il faut diviser le Revenu Agricole Net (RAN) par la quantité totale de travail nécessaire exprimée en Homme-jour [9].

$$Vjt = \frac{RAN}{Hj} \quad (4)$$

e. Coefficient d'Efficacité économique (CEE)

Il est défini comme étant le rapport entre le chiffre d'affaire (CA) et l'ensemble des charges (CT).

Il renseigne sur le taux de couverture des charges globales par la valeur du produit. Cet indicateur doit être supérieur à un (01) pour que l'exploitant réalise un profit. Plus cet indicateur est élevé, plus le système de culture du type de coton est économiquement efficient :

$$CEE = \frac{CA}{CT} \quad (5)$$

2.6. Analyse des données

Le traitement des données issues des différentes enquêtes a impliqué une synthèse des informations qualitatives, des analyses statistiques et quantitatives au moyen des outils informatiques et logiciels spécialisés (Excel, SPSS 21).

Des tests de comparaison de moyenne sont effectués pour comparer les performances des deux systèmes de production. Les significativités sont testées en considérant la moyenne de Fisher au seuil de 5%.



III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Caractéristiques structurales des exploitations

3.1.1 Superficie cotonnière et superficie totale

Les superficies moyennes emblavées en coton sont beaucoup plus petites en production bio équitable (0,88ha) qu'en production conventionnelle (2,31

ha). Cette différence peut s'expliquer par le fait que la culture bio équitable du coton est plus contraignante que celle du mode conventionnel. Cependant, au niveau des Surfaces Agricoles Cultivées (SAC), il existe une différence significative entre les exploitations bio équitables (11,97 ha) et les exploitations conventionnelles qui emblavent 9,45 ha (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques structurales des exploitations cotonnières

		SAC (ha)	Sup coton (ha)	% SAC	Nombre d'actifs	SAC/actif (ha/actif)
SPC N = 30	Moyenne	9,45	2,31	24,40	9,60	1,10
	Maximum	18,75	7	37,30	16,70	3,20
	Minimum	3,65	1	27,30	4,40	0,53
	Ecart-type	3,97	1,34	33,70	3,68	0,62
SPBE N = 30	Moyenne	11,97	0,88	7,30	8,87	1,47
	Maximum	31,50	2	6,30	16,40	3,75
	Minimum	3,75	0,25	6,60	3,20	0,43
	Ecart-type	7,15	0,44	6,10	3,84	0,86

SAC = Surface Agricole Cultivée ;

SPC : Système de production conventionnel,

SBE: Système de production bio équitable ;

N : Nombre d'observations

Les producteurs bio équitables ont tendance à récupérer le différentiel de superficie coton et de production sur les cultures de rotation.

Il s'agit donc d'une stratégie qui vise à rehausser les niveaux de production à l'échelle de l'exploitation par un accroissement de la superficie agricole cultivée pour compenser les faibles rendements des cultures céréalières.

3.1.2. Surface cultivée par actif

La taille démographique et surtout le nombre d'actifs familiaux de l'exploitation sont des éléments d'importance capitale dans le fonctionnement des unités de production. En effet, plus l'exploitation dispose d'actifs, plus sa force de travail disponible ne la permet de satisfaire le besoin en travail du système mis en œuvre [3].

L'analyse du tableau 1 ci-dessus montre que la superficie cultivée par actif du système bio équitable (1,47 ha/actif) est légèrement supérieure à celle du système conventionnel (1,10 ha/actif). Cela engendre un surcroît de travail pour les actifs familiaux surtout que l'usage des herbicides chimiques qui allège la corvée de travail est proscrit dans ce système. En effet, la culture d'un hectare de coton bio équitable requiert, en moyenne, 110,42 Hj contre une moyenne de 77,89 Hj en production conventionnelle. Ainsi, le surcroît de travail en production bio équitable est de 32,53 Hj, soit l'équivalent de plus d'un mois de travail pour un actif. Ce résultat cadre bien avec celui de [3], qui estimait également qu'il faut en moyenne 26 Hj de

plus pour cultiver le coton de manière bio équitable dans la même zone. Lebrun Julie [10], quant à elle estimait à 56 % de temps en plus par rapport au mode conventionnel dans la même zone.

3.2. Rendements physiques des types de coton et de leurs cultures de rotation

Les moyennes des rendements sont calculées à partir des rendements obtenus sur trois campagnes agricoles (2016/2017 à 2018/2019).

Les rendements obtenus en production conventionnelle sont plus élevés que ceux obtenus en production bio équitable à l'exception du sésame. Le surcroît de rendement du coton conventionnel est de 405 kg/ha. Pour ce qui concerne les cultures céréalières de rotation, les surplus de rendement du système de production conventionnel sont respectivement de 886 kg, 207 kg et 130 kg pour le maïs; le mil et le sorgho (tableau 2).

Si l'on peut postuler que ces pertes de rendement sont compensées par un accroissement de la superficie agricole par actif (0,37 ha/actif de plus que les actifs familiaux du système conventionnel), il faut alors craindre une déforestation par ce système. L'analyse de variance (ANOVA à 1 facteur) n'a pas montré de différence significative au niveau du rendement de l'arachide. Cependant, elle est hautement significative à 1% pour les rendements du coton, du maïs, et du mil. Quant au rendement du sorgho la différence est significative à 5%. Ces résultats confirment ceux de [11] et ceux de [3] qui faisaient ressortir aussi une relative baisse du



rendement du coton bio équitable et de ses cultures
de rotation

Tableau 2 : Comparaison des rendements (kg/ha) des cultures des systèmes de production bio équitable et conventionnel

		Coton	Mais	Mil	Sorgho	Arachide	Sésame
SPC N = 30	Moyenne	943	1978	909	818	924	138
	Ecart-type	197,8	1390,06	178,44	219,24	115,85	39,28
	Maximum	1366	4500	1240	1125	1150	186
	Minimum	708,1	1100	650	350	750	83,33
	Variance	39115	1932262	31841	48065	13421	1543
SPBE N = 30	Moyenne	538	1092	702	688	915	223
	Ecart-type	117,1	520,54	151,87	129,1	78,22	57,11
	Maximum	752,4	1866,67	980	975	1050	328
	Minimum	339,1	600	400	450	775	110
	Variance	13712,9	5923782,83	23063,62	16666	6118,46	3261,15
Surplus de rendement du SPC		405	886	207	130	9	-86

3.3. Analyse comparée des budgets de cultures

3.3.1. Coût de production

Dans le but de tenir compte de la différence de rendement entre le coton bio équitable et le coton conventionnel, nous avons calculé le coût de revient du kilogramme de coton-graine (kg/FCFA) par type de coton. Le tableau 3 ci-dessous présente les coûts de production d'un hectare de coton bio équitable et de coton conventionnel.

Lorsqu'on tient compte de la valorisation de la main d'œuvre familiale, le coût de production du kg de

coton bio équitable excède de loin (282,17 FCFA/kg) celui du coton conventionnel (197,50 FCFA/kg). Par contre, il devient moins élevé (36,29 FCFA/kg) si la Main d'Œuvre Familiale (MOF) n'est pas valorisée. Cela s'explique d'une part par la relative faiblesse du rendement et d'autre part par l'importance des frais de main-d'œuvre dans les coûts de production du coton bio-équitable (71,82 %). L'achat des intrants constitue le poste de dépense le plus important en production conventionnelle.

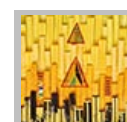
Tableau 3 : Coûts de production (FCFA/ha) du coton bio-équitable et conventionnel

	SPC			SPBE		
	FCFA/ha	%Avec MOF	sans MOF%	FCFA/ha	% Avec MOF	sans MOF%
Charges en Intrants	105179	56,46	96	36104	24	84,4
Charges en MOF	77115	41,40	0	109036	71,82	0
Charges en main-d'œuvre salariée	773	0,42	0,71	1380	0,91	3,23
Annuité d'amortissement des équipements	1911	1,02	1,76	3345,76	2,20	7,82
Part des frais d'entretien des équipements	1300	0,70	1,19	1944	1,3	4,54
Charges totales avec MOF	186279	100	100	151809	100	100
Charges totales sans MOF	109163,8	100	100	42773,3	100	100
Rendement (kg/ha)	942,8			538		
Coût de revient du kg avec valorisation de la MOF	197,50			282,17		
Coût de revient du kg sans valorisation de la MOF	115,79			79,50		

MOF : Main d'œuvre Familiale.

3.3.2. Compte d'exploitation-production par type de coton

Le mode de production conventionnelle du coton génère un chiffre d'affaires plus élevé que celui du coton bio équitable (240414 FCFA contre 174850



FCFA). Cependant, lorsque l'on retranche les coûts des consommations intermédiaires, sans tenir compte de la valeur du travail des actifs familiaux, le

système bio équitable affiche un revenu bien meilleur que celui du système conventionnel (tableau 4).

Tableau 4: Comptes d'exploitation-production du coton bio équitable et du coton conventionnel.

	SPC			SPBE		
	Moy	Ecart-type	CV%	Moy	Ecart-type	CV%
Rendement (kg/ha)	942,8	195	20	538	166	48
Prix au producteur FCFA/kg	275			325		
CA FCFA/ha	259270			174850	54 078	
RNE FCFA/ha (sans MOF)	150106			132077		
VJT FCFA/Hj (sans MOF)	1927			1196		
RNE FCFA/ha (avec MOF)	72991			23041		
VJT FCFA/Hj (avec MOF)	937			209		
Total charges avec MOF (FCFA)	186279			151809		
Coefficient d'efficacité sans MOF	2,38			4,09		
Coefficient d'efficacité avec MOF	1,29			1,15		

CA : Chiffre d'affaire ;

CV : Coefficient de Variation.

Ce qui se comprend au vu du coût élevé des intrants nécessaires à la culture conventionnelle. Par ailleurs, lorsque l'on valorise la main-d'œuvre familiale à 1000 FCFA, l'analyse de variance avec un intervalle de confiance de 95% indique une homogénéité des valeurs des revenus des deux modes de production du coton.

Les deux modes de production du coton affichent des coefficients d'efficacité économique (CE) supérieurs à 1. Ce qui prouve que la culture du coton est économiquement efficace avec les prix d'achat du coton-graine actuels quel que soit le mode de production du coton. Cependant, les journées de travail ne sont valorisées qu'à 209 et 937 FCFA contre un taux journalier moyen de 1000 FCFA.

3.4. Analyse de sensibilité des revenus en fonction des variations de prix au producteur et des intrants

Le revenu d'un agent économique est fonction d'une part de la quantité de biens ou services produits, du coût des facteurs de production et d'autre part du prix de vente des biens ou services. A ce titre, des changements au niveau du rendement, des prix des intrants et surtout du prix de vente du coton-graine affecteront sans doute la rentabilité de la culture. Dans le contexte du Mali, le prix de vente du coton et les prix des intrants chimiques importés sont les plus déterminants.

Les prix des intrants organiques (graine d'Azadirachta indica, huile de Carapa procera, etc) sont restés relativement stables durant la période 2009-2020. Pour ce faire, nous avons apprécié la résilience financière des modes de production par rapport aux chocs du marché international à travers

le prix de vente du coton et les variations des prix des intrants chimiques importés. Il ressort de cette analyse qu'en maintenant fixes les niveaux de rendement et du prix des intrants chimiques importés la production du coton conventionnel ne peut supporter qu'une baisse de prix correspondant à 27% du prix d'achat du coton-graine de 2019/20. Cet état de fait justifie la fixation du prix garanti à 200 FCFA/kg pour le compte de la campagne 2020/2021, soit 75 FCFA de moins que la campagne 2019/20. Avec ce prix, le producteur enregistre le plus bas niveau de prix du kilogramme depuis 2008/09.

Dans ces conditions, le prix d'achat du coton bio équitable demeure très attractif pour les producteurs par rapport au prix conventionnel. En effet, les producteurs touchent directement en plus du prix garanti, une prime biologique. Une prime équitable est également versée au compte de la coopérative pour des fins d'investissements communautaires ayant un intérêt collectif, soit social (école, centre de santé, puits), soit productif (magasin de stockage).

La variation du revenu avec une hausse du prix des intrants chimiques rend plus vulnérables les producteurs du coton conventionnel. Plus les prix unitaires des intrants chimiques augmentent, plus les revenus des producteurs biologiques rattrapent ceux des producteurs conventionnels malgré le différentiel de rendement. Avec le prix garanti de 200 FCFA/kg, même avec une augmentation de 1% du prix des intrants le revenu avec valorisation de la main-d'œuvre familiale est négatif. Dans ce contexte, le coton bio-équitable est plus résilient aux aléas du marché mondial.



3.5. Durabilité environnementale

3.4.1. Impact sanitaire lié aux produits de traitement du coton

Système conventionnel

Bien que les producteurs conventionnels confirment tous une formation de la Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT) qui porte sur les bonnes pratiques de gestion des pesticides : port de combinaison, de gants et de chaussures fermées; ne pas manger pendant la manipulation des pesticides, faire attention à la direction du vent, se laver et laver les vêtements utilisés juste après, etc., il ressort de notre enquête que 48% des applicateurs de pesticides ne disposent d'aucun matériel de protection. Les autres 52% font une protection partielle. Dans ces conditions, les producteurs s'exposent aux diverses matières actives. Les témoignages de 46% des enquêtés révèlent que les bas-fonds sont aussi pollués par l'eau de ruissellement provenant des champs pulvérisés sur les versants. La pollution peut aussi contaminer les nappes phréatiques sur lesquelles ont été aménagés des puits fournissant l'eau de boisson. 56% des producteurs ont témoigné également des problèmes d'intoxication du bétail.

Système bio équitable

Les producteurs bio-équitable insistent sur l'innocuité pour l'homme et pour l'environnement des intrants utilisés. Pour eux la qualité de l'environnement s'est améliorée : l'air et l'eau ne sont plus pollués et les animaux sont épargnés.

3.4.2. Reproduction de la fertilité

Bien que la totalité des producteurs bio-équitable pratiquent le compostage et appliquent de la matière organique, celle-ci étant le seul moyen de fertiliser les champs puisque les engrais chimiques sont prohibés, il faut remarquer que seulement 54 % des producteurs parviennent à apporter la dose recommandée de matière organique pour renouveler la fertilité du sol. De plus, les matières organiques couramment utilisées ne sont de meilleure qualité. Ce qui pose avec acuité la question de la durabilité du potentiel productif du système bio équitable. En effet, la fertilité des sols tropicaux repose fortement sur la teneur en matière organique. Celle-ci joue ainsi un rôle essentiel dans la nutrition des plantes en libérant les éléments lors de sa minéralisation. Elle participe à la résistance des sols à l'érosion et augmente leur capacité de rétention de l'eau [12]. Enfin, elle dynamise l'activité de la faune qui améliore la structure du sol et favorise les microorganismes fixateurs d'azote.

IV. CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

L'objectif est de déterminer de quelle façon le système bio-équitable contribue au développement durable des systèmes agraires du Mali sud. A cette fin, l'étude est menée auprès d'un

échantillon raisonné de 60 exploitations établi suivant une démarche systémique et à trois niveaux: la culture, le système de culture et le système de production.

Les principaux résultats qui ressortent sont :

Au niveau de la culture du coton.

Le coton bio équitable présente une rentabilité à l'hectare plus importante, mais il génère moins de revenus par exploitation étant donné des superficies de plus petite taille (0,88 ha contre 2,31 ha).

Au niveau du système de culture.

Les principales céréales du système bio-équitable enregistrent des déficits de productivité à l'hectare de l'ordre de 886 kg, 207kg, 130 kg respectivement pour le maïs, le mil, le sorgho. Ces performances interpellent la durabilité du système bio équitable, car un système coton durable doit être efficace en termes d'utilisation des terres et offrir des opportunités allant au-delà du simple système de production des fibres, c.-à-d. un système efficace de production d'autres cultures [6].

Au niveau de l'exploitation

Le système conventionnel dispose d'attraits en raison de son effet d'entraînement sur les autres cultures. Par ailleurs, les résultats témoignent de la fragilité en termes de sécurité alimentaire du pays en cas de reconversion massive dans le système bio équitable.

Pour ce qui concerne la durabilité environnementale, l'apport le plus important du système bio équitable est l'innocuité pour l'homme et pour l'environnement des intrants utilisés. Cependant des efforts sont à fournir pour limiter les impacts négatifs au niveau de la fertilité des sols.

L'analyse de sensibilité montre que le coton bio équitable résiste mieux aux fluctuations du prix du coton-graine et du prix des intrants chimiques de synthèse sur le marché international.

REFERENCES

- [1] Maïga I., 2018. Coton production record. United Nations Conference on Trade and Development 11th multi-year expert meeting on commodities and development 15-16 April 2019, Geneva.
- [2] Dembélé K., 2006. Etude socio- économique de l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse. Cas de la filière coton au Mali. Mémoire de fin d'études, unité d'Economie et Développement rural Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège, 88 p.



- [3] Dembélé K., 2012. Alternative possible à la production traditionnelle du coton en Afrique dans une perspective de développement durable ? Le cas du système de production biologique et équitable au Mali, thèse de doctorat, Gembloux, Université de Liège, 229 p.
- [4] Sanogo Y. ; 2006. Coton équitable et développement durable au Mali. Une étude exploratoire. 2e colloque International sur le commerce équitable et le développement durable 19-21 juin 2006, Montréal, Québec, Canada.
- [5] Pineau M, Gabathule E et Giger M ; 2009. Etude d'impact du programme coton bio et équitable d'Helvetas au Burkina Faso.
- [6]. Ferrigno et al ; 2009. Les composants d'un système de production durable du coton : Perspectives suivant l'expérience du coton organique. Disponible en ligne, http://staging.icac.org/cotton_info/tis/organico_cotton/documents/2009/f_march_2009.pdf
- [7] Dischl R et al ; 2008. Guide de production du coton biologique et équitable. Un manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest. www.cotonbio.ch. (19/02/2020).
- [8] Vognan G., Glin L., Bamba, Ouattara B M, Nicolay G. 2017. Analyse comparative de la rentabilité des systèmes de production de coton biologique, conventionnel et transgénique au Burkina Faso. *Tropicultura*, 35. 1, 12-24.
- [9] Dufumier M. 1996. Les projets de développement agricole, Manuel d'expertise. Paris, CTA- Karthala, 354p.
- [10] Lebrun J ; 2008. Le coton bio-équitable, une alternative durable pour les producteurs du Mali-Sud? «Mémoire de fin d'étude: Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux (Belgique) », 116 p.
- [11] Djoura H, Belieres J-E et Kebé D ; 2006. Les exploitations agricoles familiales de la zone Cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton-graine. *Cah Agric*, 15(1), 64 -71.
- [12] Bertrand et Gigou, 2000. La fertilité des sols tropicaux, Paris, Maisonneuve et Larose, 397 p.



Comparaison des différentes formules de fumures sur deux variétés de blé (*triticum eastivum*) dans les conditions agro-climatiques de Katibougou (Koulikoro, Mali)

Adama Togola¹, Aly Kansaye^{1*} et Korka S Coulibaly²

¹IPR/IFRA de Katibougou, Koulikoro

²IPR / IFRA de Katibougou

*Auteur correspond : kansayeali2014@gmail.com

RESUME : La production nationale du blé demeure faible soit une production moyenne annuelle de 45668 tonnes en 2014 contre 5510 tonnes en 2016 et 2017. Sa culture est confrontée à de nombreux problèmes, notamment le faible niveau des techniques culturales que de nos jours sont jugées traditionnelles, la faible productivité du matériel végétal, le manque de fertilisation adéquate pour la culture du blé au Mali et enfin le manque de moyens adéquats au niveau des producteurs (semoir, batteuse, matériel de traitement phytosanitaire).

La recherche de matériel végétal performant et panifiable et d'utilisation des techniques culturales améliorées demeure aujourd'hui la préoccupation des autorités du Mali pour rehausser le niveau de la production nationale de blé. La présente étude sur « Effet de différentes formules de fumure sur le comportement deux variétés de blé » qui s'est déroulée dans laboratoire d'Agro-physio -génétique et de Biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou avait pour but d'apporter sa contribution dans la recherche de variété à haut potentiel de rendement et à la meilleure formule de fertilisation sur la culture du blé dans la zone soudano-sahélienne du Mali. Le dispositif était le split plot pris à trois (03) répétitions avec comme facteur principal, la variété prise à deux niveaux de variations et le facteur secondaire, différentes formules de fumure prises à trois niveaux de variations. Les observations agronomiques ont porté sur les paramètres de croissance et de développement. Les résultats ont montré des différences hautement significatives pour le délai 50% floraison, la hauteur moyenne des plants à la récolte, et une différence significative pour les paramètres suivants : le diamètre au collet, la profondeur d'enracinement et la longueur d'épi. Par contre elle n'a pas montré de significative pour les paramètres suivants : la surface foliaire, le nombre de talles fertiles, le nombre de poquets levés, le poids de milles graines, le nombre de graine par épi, le poids de grain par épi, la biomasse aérienne, la biomasse souterraine, le nombre de talles et le rendement. Les rendements ont varié respectivement pour Humbara 7,87t/ha et 8,18t/ha pour Tétra. Ces rendements sont supérieurs à la moyenne nationale qui est 4t/ha. Ce qui procure des perspectives heureuses pour la culture du blé en zone soudano-sahélienne du Mali.

Mots clés : Comparaison, formule, fumure, variété blé, Katibougou, Mali

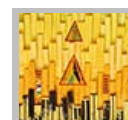
I. INTRODUCTION

Le Mali dispose de plusieurs atouts en matière de la culture de blé (Touré, 2000 cité par CRRA-Gao, 2008) un potentiel en terre irrigable dans la région nord, le climat, l'existence d'un marché potentiel à travers les grands moulins du Mali, etc. Le potentiel des terres exploitables pour la culture du blé est estimé à 45.000 ha dans la Région de Tombouctou. La région de Kayes et la zone nord de l'Office du Niger (Kogoni) disposeraient également de ressources hydriques importantes et de conditions agro-climatiques favorables à la culture du blé (KONE, 2004). Cependant la production nationale du blé demeure faible. Cette faible production de blé au Mali peut s'expliquer par le faible niveau de technique culturales qui de nos jours sont jugées traditionnelle, la faible productivité du matériel végétal, enfin le manque de moyens adéquats (semoir, batteuses, matériel de traitement phytosanitaire et irrigation), les subventions accordées aux blés européen et américain et l'absence d'infrastructure dans les sites actuels de production,

augmentation considérable des coûts de transports des intrants et évacuation de la production. La recherche de matériel végétal performant et panifiable et d'utilisation des techniques culturales améliorées demeurent aujourd'hui la préoccupation des autorités du Mali pour rehausser le niveau de la production nationale de blé. (DEMBELE, 2015).

La fertilisation est l'un des facteurs les plus déterminants du rendement d'une culture, qu'elle soit céréalière ou autre. Sa maîtrise est essentielle pour l'amélioration de la production même lors de campagnes difficiles et conditions de culture pluviale puisque la fertilisation, même dans ce cas, permet aux plantes d'utiliser l'eau de manière optimale (A GUENNOUNI).

C'est dans ce contexte que le laboratoire d'agro-physio-génétique et de la biotechnologie végétale a mis en place un essai enfin d'apporter sa contribution à la recherche de formule de fertilisation pour la culture du blé au Mali.



II. OBJECTIFS

2.1 Objectif général

Contribuer à l'amélioration de la production et de la productivité du blé au Mali

2.2 Objectifs spécifiques

Déterminer les paramètres agro- morphologiques de deux variétés de blé ;

Identifier la meilleure variété ;

Déterminer la meilleure formule de fertilisation pour le blé au Mali.

III. MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel

Le matériel végétal utilisé pour la réalisation de cet essai est composé de Humbara (V1) et Trétra (V2)

3.2 Méthodes

3.2.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est le split plot à trois répétitions ; chaque bloc constitue une répétition ; chaque répétition est en deux parcelles principales les quelles subdivises en trois sous parcelles.

3.2.2 Facteurs étudiés

Deux facteurs ont fait objet d'étude pour la réalisation de cet essai à savoir :

Facteur principal : la variété prise à 2 niveaux de variations ;

Facteur secondaire : les différentes formules de fumure prisent à 3 niveaux de variations

F1= 100kg/ha de complexe céréale

F2= 100kg/ha de complexe céréale CC+ 25kg /ha de l'urée

F3= 100kg/ha de complexe céréale CC+50kg /ha de l'urée

3.2.3 Dimensions d'un demi-fût

Le diamètre d'un demi-fût mesurait 0,57 m et sa hauteur 0,36 m ; Ce qui nous a donné une surface de 0,025m² avec un volume de 0,09 m³. La surface exploite était de 4,59 m² avec un volume total de 1,62m³. La distance entre les allées était de 1 m et la distance entre les demi-futs était de 0,50m et espace entre un demi-fut et les bordures horizontales étaient de 0,25m et 0,50m au niveau des bordures verticales.

3.2.4 Paramètres observés :

Les observations agronomiques ont été réalisées sur trois plants par demi-fût choisi au hasard et elles ont porté sur les paramètres suivants :

Nombre de talles ; Il a été déterminé par un simple comptage.

La hauteur moyenne de plant a la récolte ; a été mesure du collet à l'extrémité de la dernière feuille à l'aide de la règle sur les trois plants sélectionnés les jours de la récolte. Diamètre au collet ; a été fait les 45ème jours à l'aide de pied à coulisse sur les trois plants

Nombre de talles fertiles ; comptage a commencé après épiaison.

Surface foliaire ; nous avons mesuré la longueur et la largeur de la dernière feuille multiple par 0,75

Biomasse aérienne ; après la récolte on a sèche et pesé les pailles.

Biomasse souterraine ; après la récolte on a lave les racines, les sèche et les pesés.

50% délai de floraison ; on a commencé à compte le nombre d'épi fleures jusqu'à ce que on a eu 50% floraison dès l'apparition des premières fleurs.

Poids de mille graines ; après battage des épis de blé récolte dans chaque demi-fût ; mille graines ont été comptes et pesées pour chaque demi-fût en déterminant leur poids.

Profondeur d'enracinement ; après lavage des racines on les a mesurés à l'aide d'un ruban.

Nombre de graine par épi : après récolte séchage battage et vannage on a compté le nombre de graine par épi.

Poids de graine par épi ; après récolte, séchage et battage on a compté les grains de chaque épi et ensuite on les a pesés.

Rendement ; le rendement a été obtenu par pesage des échantillons prélevés dans chaque demi-fût, pour ce faire nous avons récoltes les plants de chaque demi-fut les sèches pendant cinq jours, les battent et les pesés après vannage.

3.3 Conduite de l'essai

3.3.1 Remplissage des demi-fûts :

L'essai est conduit dans les conditions semi – contrôlées dans 18 demi- fûts. Les demi-fûts ont été remplis avec des terreaux plus la terre un rapport 1,1

3.3.2 Semis dans les demi-fûts :

Le semis a été effectué aux écartements de 18 cm sur 18 cm en raison de 5 graines par poquet soit 9 poquets par demi-fût.

3.3.3 Traitement phytosanitaire

Nous avons utilisé des extraits de Neem (*Azadirachta indica*), un biopesticide préparé à base des feuilles et des graines. En raison de 2 L de produit / ha dilue dans 8 litres d'eau soit 0, 00039L de produit dilue dans 0,004L d'eau pulvérisée dans la parcelle.

3.3.4 Arrosage : Réalisé tous les jours à 6 h du matin et à 18 h du soir en raison de 4000 ml par demi-fût

3.3.5 Analyse des données

Les données collectées sur les variables retenues lors de nos observations au champ ont été saisies, vérifiées et décrites avec un tableur Excel version 2016 par le calcul des moyennes, erreur standart et coefficient de variation (CV). Le même logiciel Excel a servi aussi d'établir les courbes des paramètres sous lesquelles les accessions ont été évaluées, L'analyse des variances (ANOVA) a été réalisée sur les variables grâce au



IV. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Analyse des variances des différents paramètres

Pour les variétés par rapport aux différents paramètres mesurés, l'analyse de variance a relevé une différence hautement significative pour le paramètre 50% délai de floraison et une différence significative pour les paramètres suivants : diamètre au collet et la profondeur d'enracinement en revanche elle s'est pas montrée significative pour les paramètres suivants: hauteur moyenne à la récolte, surface foliaire, nombre de talles fertiles, nombre de poquet levé, poids de milles graines, nombre de graine par épi, poids de grain par épi, biomasse aérienne, biomasse souterraine, nombre de talles et le rendement. Pour la fertilisation par rapport aux différents paramètres mesurés, l'analyse de variance a relevé une différence significative pour les paramètres suivants : hauteur moyenne à la récolte et 50% délai de floraison par contre elle s'est pas montrée significative pour les paramètres suivantes nombre de poquet levé, diamètre, surface foliaire, longueur d'épi, nombre de graine par épi, poids de grain par épi, poids de milles graines nombre de talles fertiles, biomasse aérienne, biomasse souterraine, profondeur d'enracinement, nombre de talles et le rendement. Pour l'interaction variété-fertilisation par rapport aux différents paramètres mesurés, l'analyse de variance a relevé une différence significative pour le paramètre suivant 50% délai de floraison en revanche elle s'est pas montrée significative pour les paramètres suivantes : nombre de poquets levé, nombre de graine par épi, nombre de talles, diamètre au collet, hauteur moyenne à la récolte, poids de grain par épi, poids de milles graines, longueur d'épi, nombre de talles fertiles, biomasse aérienne, biomasse souterraine, profondeur d'enracinement, surface foliaire et le rendement. Les coefficients de variation (cv) des différents niveaux varient de 0,4 à 13,8%

Nombre moyen de talles par plant

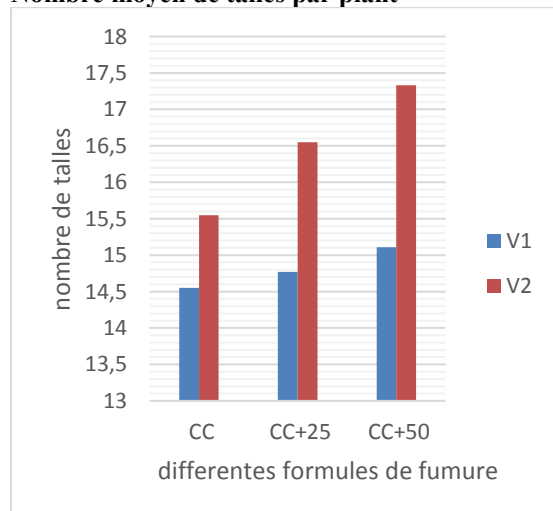


Figure 1 : Nombre de talles selon les différentes formules de fumure

La valeur agronomique du nombre de talles dont la moyenne de traitement de V2 sous effet de la formule de fumure CC+50 a donné le plus grand nombre de talles, soit 17,33 talles et V2 sous le même effet a donné 15,11 talles en revanche la moyenne des traitements de V1 et de V2 sous effet de la formule de fumure CC ont donné les plus petits nombres de talles soit 14,55 talles et 15,55 talles (figure3).

Hauteur moyenne à la récolte

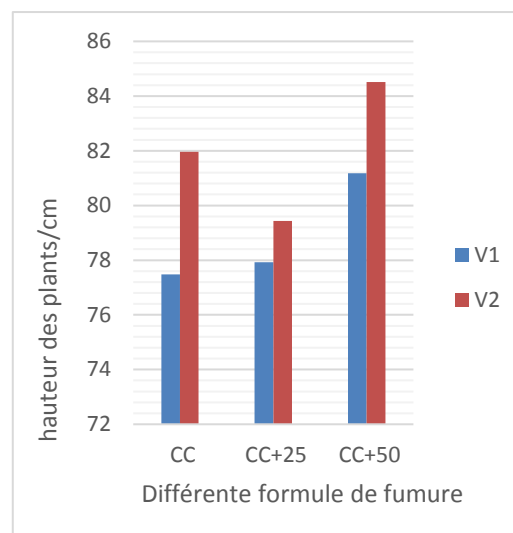


Figure 2 : Hauteur des plants selon les différentes formules de fumure

La moyenne des traitements de la valeur agronomique de la hauteur a montré que V2 et V1 sous effet de la formule de fumure CC+50 ont donné les plus grandes tailles respectivement 81,18 cm et 84,51 cm par contre sous effet de la formule de fumure CC et CC+25, respectivement V1 et V2 ont donné les plus petites tailles soit 77,48cm et 79,44 cm (figure 4).

Diamètre au collet

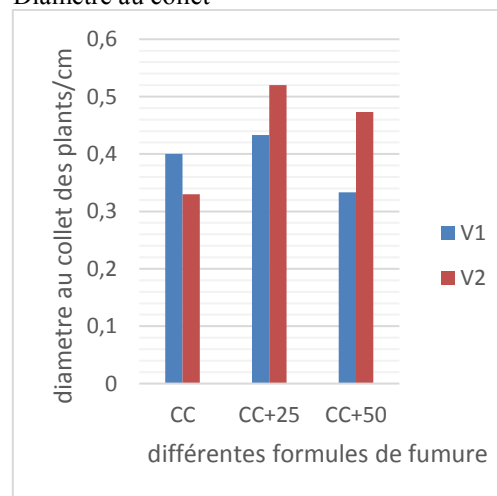


Figure 3 : diamètre au collet selon les différents niveaux de fumures



Il ressort de la figure 3 que la moyenne des traitements de V1 et de V2 observés au niveau de la formule de fumure CC+25 enregistre les plus grands diamètres soit 0,43 cm et 0,52 cm par contre V1 et V2 respectivement sous effet de la formule de fumure CC+50 et CC ont donné les plus petits diamètres de 0,33 cm.

Délai 50% de floraison

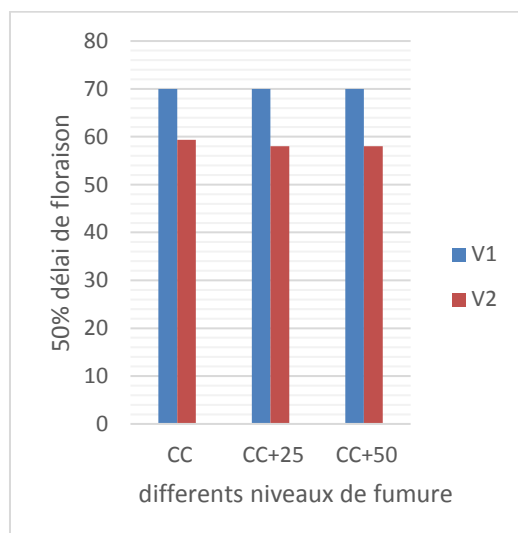


Figure 4 : Délai 50% de floraison selon les différents niveaux de fumure

Dans la figure 4 la moyenne de V1 a donné la même date de 50% délai de floraison pour les différentes formules de fumure (CC, CC+25 et CC+50) par contre V2 a donné deux dates différentes pour les 50% délai de floraison 58 jours pour les formules de fumure (CC+25 et CC+50) et 59^{ème} jour pour CC.

Surface foliaire

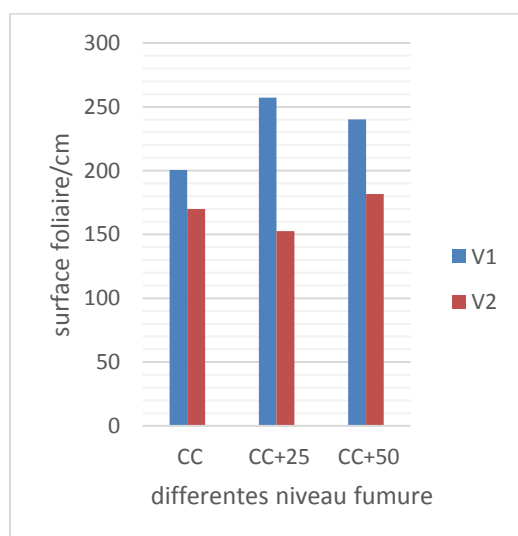


Figure 5 : Surface foliaire selon les différentes formules de fumure

La moyenne de la valeur agronomique de la surface foliaire de V1 à 257,1 cm² et de V2 à 181,6 cm² sous effet de la formule de fumure CC+25 ont donné les plus larges surfaces foliaires par contre V1 et V2 respectivement sous effet de la formule de fumure CC et CC+25 ont donné les plus petites surfaces foliaires (figure 5).

Longueur d'épi

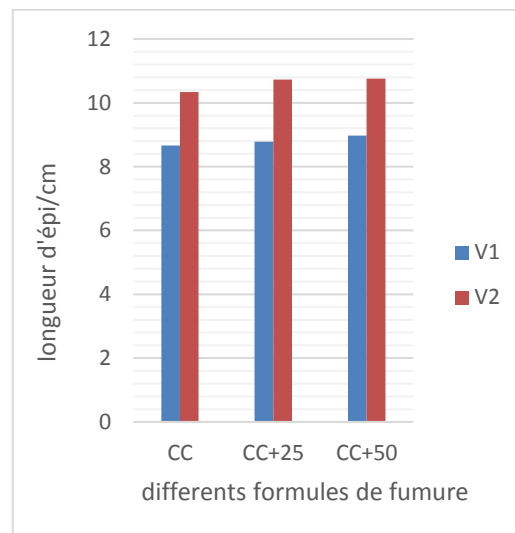


Figure 6 : Longueur d'épi selon les différentes formules de fumure

L'observation de la longueur d'épi s'est relevé plus longue pour la variété humbara (V1) à 10,76 cm et tetra (V2) à 8,97cm sous effet de la formule de fumure CC+50N par contre la variété tetra (V2) et humbara(V1) ont été moins longues sous formule de fumure CC respectivement 10,34 cm et 8,66cm (figure 6).

Nombre de grain par épi

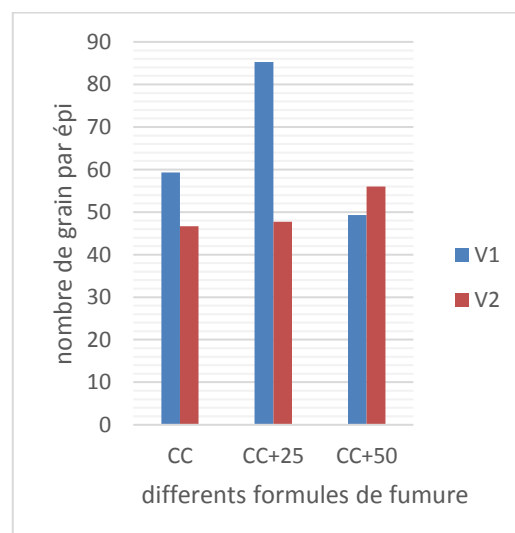


Figure 7 : Nombre de grain par épi



Il ressort de la figure 7 que la moyenne du nombre de grain par épi des variétés humbara (V1) et tetra (V2) observées respectivement sous effet de la formule de fumure CC+25N à 85,3 et CC+50N à 56 ont donné les plus grands nombres de grain par épi en revanche les plus petits nombres de grain par épi ont été observé sous les formules de fumure CC pour Tetra (V1) à 46,7 et CC+50 N pour Humbara (V2) à 49,3.

Nombre de talles fertiles

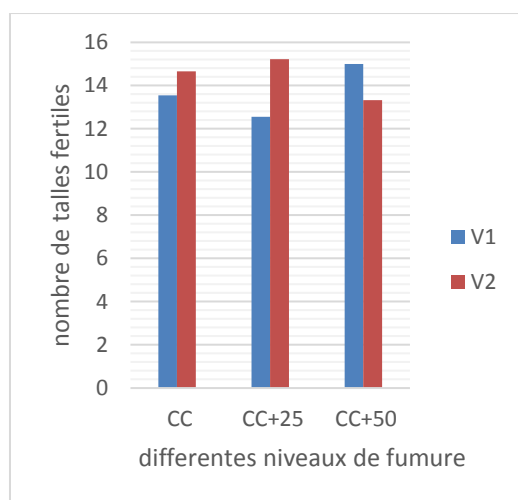


Figure 8 : Nombre de talles fertiles selon les différents niveaux de fumure

Valeur agronomique montre que la moyenne des traitements V1 et V2 sous effet de la formule de fumure CC+25 et CC + 50 ont donné les plus grands nombres de talles fertiles et les plus petits nombres de talles fertiles ont été observé dans la moyenne des traitements V1 et V2 respectivement sous effet de la formule de fumure CC+50 et CC+25 (figure11)

Poids de grain par épi

Il ressort de la figure 12 ; que sous effet de la formule de fumure CC+50N, V1 et V2 ont les plus grands nombres de grain par épi soit 68,37g et 48,07g en revanche V1 et V2 respectivement sous effet de la formule de fumure CC et CC+25N on a eu les plus petits nombres de grain par épi 62,55g et 43,96g

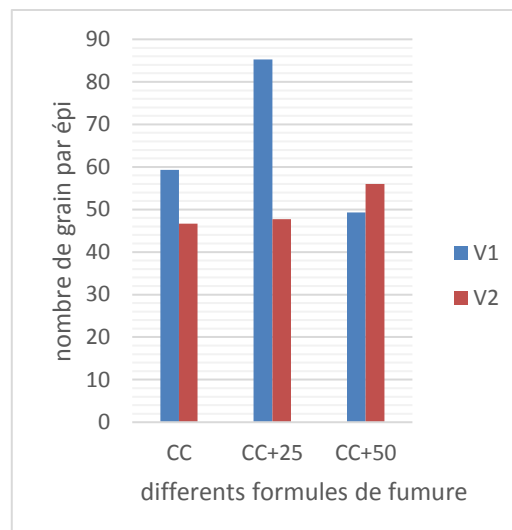


Figure 9 : nombre de grain par épi selon les différentes formules de fumures

Profondeur d'enracinement

Valeur agronomique de la profondeur d'enracinement de V1 et de V2 respectivement sous effet de CC et de CC+50 ont donné les plus longues enracinement de 19 et 16 cm alors que V1 et V2 sous effet de la formule de fumure CC et de CC+25 ont donné les plus petites longueurs d'enracinement de 14 et 18 cm (figure13).

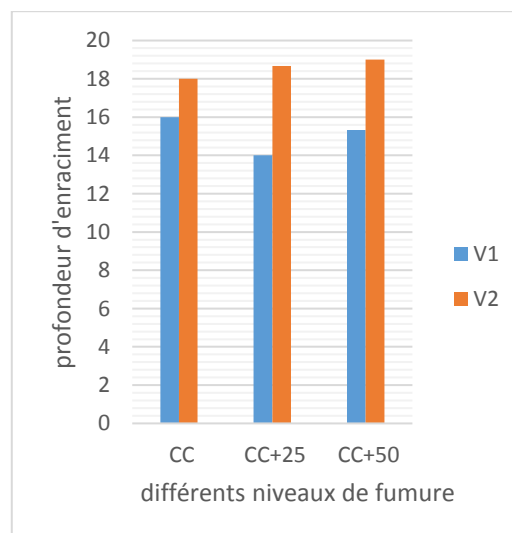


Figure 10 : Profondeur d'enracinement selon les différents niveaux de fumure de V1 et de V2 sous effet de la formule de fumure CC+50 ont donné les plus petits poids respectivement 0,7g et 0,85g



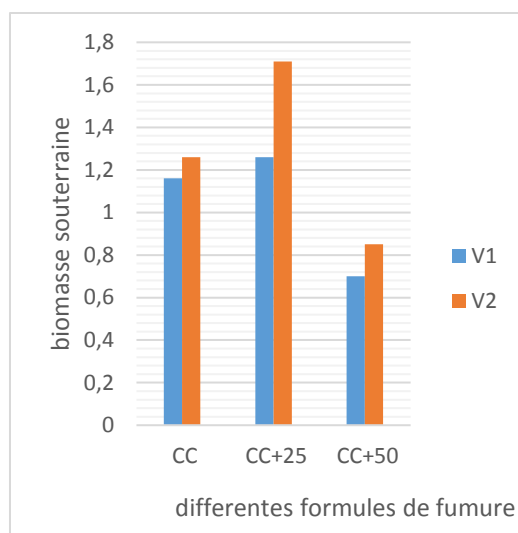


Figure 11 : biomasse souterraine selon les différentes formules de fumure

Biomasse souterraine

Il ressort de la (figure 11) que la moyenne des traitements de V1 et de V2 sous effet de la formule de fumure CC+25 ont donné les plus grands poids respectives 1,26g et 1,71g.

Biomasse aérienne

La moyenne de la valeur agronomique de V1 et V2 sous effet de la formule de fumure CC+50 ont donné les plus grands poids respectifs de 205,7g et 171,3g en revanche V1 et V2 respectivement sous effet de la formule de fumure CC et CC+25 ont donné les plus petits poids de 188g et 139 g (figure12).

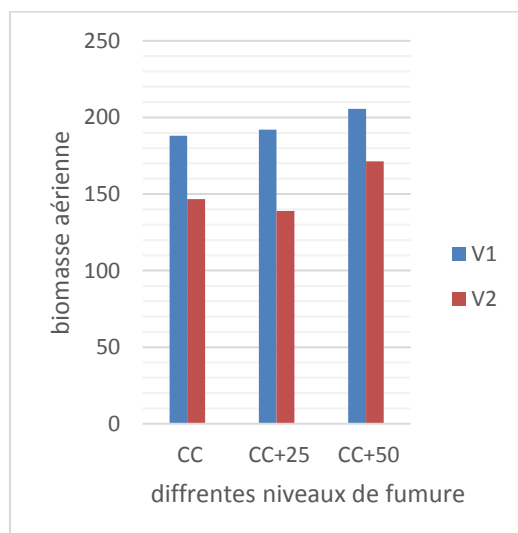


Figure 12 : biomasse aérienne selon les différentes formules de fumure

Rendements

La valeur agronomique de la moyenne du rendement de V1 et de V2 observée sous effet de la formule de fumure CC+25 ont donné les plus grands rendements respectivement 7,87kg/ha et 8,18kg/ha en revanche sous effet de la formule de fumure CC+50, V1 (6,98

kg/ha) et V2(7,32kg/ha) ont donné les petits rendements.

V. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Au terme de cette étude sur le thème comparaison des différentes formules de fumure sur deux variétés de blé dans les conductions agro-climatique de katibougou. Les différentes formules de fumure mises en compétition ont eu un effet sur quelques paramètres observés.

La formule CC n'a pas eu beaucoup d'effet sur les paramètres observés

La formule CC+25N a eu beaucoup d'effet sur les deux variétés

La formule CC+50N a eu quelques effets sur certains paramètres

Il y a une différence significative sur cinq paramètres qui sont hauteur, diamètre au collet, 50% délai de floraison, profondeur d'enracinement et longueur d'épi. Les deux variétés ont eu leurs meilleurs sous effet de la formule de fumure CC+25N soit 7,45kg/ha pour V2 et 6,56kg/ha pour V1.

La meilleure variété est tétra (V2) qui a donné le meilleur rendement sous effet de la formule de fumure CC+25N.

Nous suggérons que des moyens financiers et matériels soient mis à la disposition des chercheurs pour permettre d'obtenir des meilleurs résultats pour une amélioration de la production du blé vu son importance économique et sociale pour la population Malienne ;

Une reprise de l'étude pour confirmer les résultats obtenus ;

REFERENCE

Africa fertilizer 2012. Mamuel de Formation Statistique sur les engrais organiques en Afrique, 144pages.

Aidani H (2015) Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de master en Agronomie Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen : 15p.

Ammar M (2014) Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de doctorat de CIHEAM Montpellier : p17-20.

Bozzini A (1988) Origin distribution and production of durum wheat in the world In Fabiani G, et Lintas C. (Ed) Durum chemistry and technology. AACC (Minnesota). Etats-Unis : p1-16.

CLAIRE CASNIN et al, 2015. Blé une plante pour étudier la biologie végétale au lycée, html 5.ens-lyon.fr site visite 24 mars 2019 à 20h

Debiton C (2010) Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) Favorables à la



production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. Thèse de doctorat Présentée à l'Université Blaise Pascal pour l'obtention du grade de docteur d'université, ClermontFerrand France : p1-132.

Djelti H (2014) Etude de la qualité du blé tendre utilise en meunière algérienne. Mémoire de magistère présenté à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen : 25-27p.

Doussinault G, Kaan F, Lecomte C, Monneveux P (1992) Les céréales à paille présentation générale In Gallais A, et Bannerot H Amélioration des espèces végétales cultivées. (Ed) INRA Paris : 13-21p.

Feillet P (2000) Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Editions INRA : 308p

FAOSTAT,2015, division de la statistique2015 ; site internet faostat visite le 20 décembre 2018 à 16h

FAOSTA-2018, division de la statistique 2018 ; site internet faostat visite le 20 décembre 2018 à 16h 55mn

INED, Institut National d'Etude Démographique (France), site internet visité le 23 septembre 2019

KONE,2014, Plan stratégique de développement de la filière blé au Mali et son plan d'action, 48p.

Lesage V (2011) Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté/tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques. Thèse de doctorat présenté à l'université Blaise Pascal pour l'obtention du grade de docteur d'université : p17-18.

LINNE ,1753 dans son species planterum cite par feuillet 2000

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DU MALI
2012 VISITE le 15 mars 2019 à 16h

NIARELA.NET site visite le 20 septembre 2019 à 16

Soltner D (1998) Les grandes productions végétales céréales plantes sarclées prairies. Sainte-gemme-sur-Loire sciences et Techniques Agricoles In ADRAA.

Surget A, Barron C (2005) Histologie du grain de blé. Industrie des céréales 145 : 3-7.

<https://www.yara.fr>< fertilisation<blé visite le 3 décembre 2019 à 16h 20mn

WANDLAW et al 1989 et CALDERINI et al 1999.



Etude socio-économique de la filière gomme arabique au Mali : cas de la zone de Nioro du Sahel

Karim Sanogo¹, Fatoumata S Traore² et Kouloumegué Dembelé¹

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou

²Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

Email : traorefatouma1985@gmail.com

RESUME : La présente étude socio-économique porte sur la gomme arabique afin d'avoir une bonne lecture sur sa filière au Mali et d'envisager des actions devant aboutir à l'amélioration de sa production, à l'augmentation du revenu. Il a pour objectif général de faire une analyse socio-économique et Institutionnelle de la filière gomme arabique dans la région de Kayes au Mali. Pour atteindre ces objectifs il a été initié un échantillonnage raisonné en fonction des localités. Au total 45 échantillons ont été déterminés à travers tous les maillons de la chaîne de valeurs qui nous a permis d'identifier les acteurs. A l'issue de l'analyse des données et informations, il ressort que : la filière est organisée au tour des cueilleurs et commerçants. Le volume de transaction individuel est élevé et la valeur ajoutée par kilogramme est de 723 FCFA pour les cueilleurs et de 335 FCFA pour les commerçants détaillants dans la zone d'étude. Le revenu net monétaire par kilogramme de la gamme de produit est alors de 709 F CFA pour les cueilleurs et de 304 FCFA pour les commerçants. L'absence de visibilité sur le marché international ; la qualité et la quantité de la gomme sont entre autre des contraintes à l'exportation. Les relations entre les acteurs sont assez informelles basées sur la confiance réciproque. Le caractère inclusif du développement de la filière : la zone de prédilection est circonscrite dans les régions semi arides et arides, défavorisées par la nature.

Mots-clés : Acacia senegal, socio-économique, gomme arabique, Nioro du sahel.

I. INTRODUCTION

Les Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) désignent les produits d'origine biologique autres que le bois, dérivés des forêts, d'arbres hors forêt ou des terres boisées (Greenfacts 2008). Ils contribuent de façon significative à la subsistance en milieu rural, et à l'économie nationale de plusieurs pays de l'Afrique au Sud du Sahara (Bonou, 2008). Leur importance est considérable tant sur le plan de l'alimentation (produits non ligneux), des revenus (vente des produits non ligneux) que sur celui de la médecine traditionnelle.

D'après le glossaire Greenfacts cité dans Oumarou B., 2000, Djarsia, 2007 les PFNL sont classées en huit (8) catégories d'origine végétale d'une part qui sont : les aliments, fourrage, exsudats, matières premières pour préparation des médicaments et produits aromatiques, des colorants et teintures, pour fabrication d'ustensiles, les plantes ornementales et autres produits végétaux et d'autre part d'origine animale qui sont les animaux vivants, les cuirs, peaux et trophées, le miel sauvage et la cire d'abeille, la viande de brousse, les matières premières pour fabrication des médicaments, colorants et autres produits animaux comestibles et non comestibles.

L'exploitation durable des PFNL (gomme arabique, jujubes, beurre de karité, tamarin,... etc) permet de :

- Procurer des emplois saisonniers aux couches sociales défavorisées telles que les femmes ;
- Promouvoir la biodiversité et lutter contre la désertification.

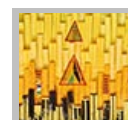
L'acacia senegal exsude une gomme dite « dure » qui de par ses multiples propriétés présente le plus

d'intérêt sur le plan économique en comparaison de gommages dites « friables » produites par d'autres acacias (acacia seyal essentiellement) qui font également l'objet de récolte (Mémento du forestier, 1989).

Dès l'âge de 4 ans, cette espèce d'acacia fournit une quantité intéressante (60 à 250 kg/ha/an) de gomme dure après saignée de l'arbre (HARMAND J.-M. et NJITI C.F., 1998).

La gomme arabique reste un produit difficilement substituable dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique, chimique et cosmétique (KISSI O. A., 2011). En 9 ans, de 1991 à 2000, le marché mondial de la gomme arabique est passé de 32 000 à 45 000 tonnes soit une progression de 40%.

D'après l'Unité de Mise en œuvre du cadre intégré (UMOCI) et l'Interprofession gomme arabique du Mali (2018) la gomme arabique est l'un des rares produits dont la demande se situe bien au-delà de l'offre. Il estime qu'au cours de la dernière décennie, les exportations de la gomme arabique de l'Afrique subsaharienne sont passées de 45.000 à plus de 80.000 tonnes par an, soit une augmentation de 70% en 2010. Cette demande qui devrait atteindre 150.000 tonnes en 2020 n'est aujourd'hui satisfaite qu'à hauteur de 60%. Par rapport à l'offre, l'on note que trois grands pays (Soudan, Nigeria et Tchad) réalisent 95% des exportations de gomme arabique vers le marché mondial, tandis que douze autres pays africains partagent les 5% restants (Ethiopie, Tanzanie, Cameroun, Togo, Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso, le Kenya, l'Erythrée, l'Ouganda, la Somalie). Toutefois, compte tenu de la couverture existante des arbres de la plupart des pays



producteurs de gomme arabique, les estimations montrent que la ressource est sous-exploitée de près de 40% à 100%.

En effet les principaux sites de production de la gomme arabique sont situés dans la région de Kayes. Il s'agit d'une zone soumise aux déficits pluviométriques affectant les productions agricoles mais ce déficit en eau est nécessaire pour la production de la gomme arabique car le gommier produit mieux en temps de stress hydrique.

II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

2.1 Objectifs

L'objectif global de la présente étude est de faire une analyse socio-économique et Institutionnelle de la filière gomme arabique dans la région de Kayes au Mali.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

Il s'agit de :

- Caractériser les différents maillons de la filière et leur fonctionnement ;
- Identifier les potentialités et principaux goulots d'étranglement relatif à la liaison production/

marché de la gomme arabique dans la région de Kayes ;

- Evaluer la contribution financière de l'activité gommier dans le revenu des ménages et dans l'économie de la région de Kayes

2.2. Échantillonnage

Il n'était pas possible d'appliquer la procédure d'échantillonnage aléatoire classique suite à l'absence d'une base des données (base de sondage) sur la population des collecteurs.

Nous avons été édifiés par les personnes ressources comme les agents des eaux et forêts, le président de l'union gommier permettant une prise en contact avec les différents acteurs des maillons de la filière. Cela nous a permis de faire nos enquêtes. Les enquêtes ont concerné les producteurs (ou collecteurs), les commerçants. Les enquêtes ont concerné les cueilleurs, les commerçants dans la filière gomme arabique. Ainsi quarante-cinq individus ont été enquêtés sur l'ensemble de la chaîne. Le tableau 1 donne la situation des enquêtés par maillon et par localité.

Tableau 1 : Situation des enquêtés par maillon et par localité

Activité /Acteurs de la filière	Localité		Acteurs/enquêtés	Nombre		
	Village	commune		Homme	Femme	Total
Producteurs de plants d'acacia Sénégal	Nomo	Yérère	Pépiniériste	2		2
Planteurs d'acacia Sénégal/ producteur de gomme	Kouroukère Djebaly Korokhodjo Nomo	Yérère	Planteur privé Planteur privé Planteur privé Planteur privé	2 2 1 3		8
Cueillette de gomme dans les peuplements naturels	Gadiaba	Gadiaba Kadiel	Président	1		30
	Fosse Kaarta		Cueilleur	2	3	
	Sambagore		Cueilleur	1	2	
	Kouroukère Nomo Djébalay	Yérère	Cueilleur Cueilleur Cueilleur	2 3 2	5 6 3	
Collecte et commercialisation de la gomme	Mali counda Sylla counda Diaka	Nioro du Sahel	Président Collecteur Privé Collecteur Privé	1 2 2		5

Source : Données enquêtes 2018



2.3. Collecte et analyse de données

2.3.1. Collecte des données

Elle a porté d'abord sur l'identification des acteurs et la description des opérations menées et des itinéraires suivis par les produits. Ensuite, la collecte des informations des prix des produits à chaque maillon de la filière et les frais encourus lors des opérations. Enfin, des informations concernant la nature des relations dans les échanges entre les acteurs entre eux, et entre les acteurs et les institutions en présence. L'enquête a été individuelle. Les intervenants de la filière gomme n'ayant pas tous les mêmes activités et contraintes, nous avons élaboré un questionnaire général pour tous les acteurs, spécifiquement un pour les cueilleurs et un pour les commerçants.

2.3.2. Analyse des données

Les données collectées ont été traitées grâce à deux logiciels. Le logiciel Excel a servi pour la saisie des données et l'élaboration des tableaux. Les traitements statistiques et les tableaux croisés ont été faits à partir du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Science). Les comptes filières par agents ont été établis dans Excel pour déterminer les revenus ainsi que la répartition des marges et des coûts.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1.2. Associations ou groupements

Le comportement des ménages et, en particulier des individus d'une communauté, peut être analysé comme la résultante d'un équilibre de règles entre marché et organisation (Réquier-Desjardins, 1992). Les acteurs de la filière sont fortement impliqués dans les associations ou groupements d'organisations paysannes (85% des acteurs). Ces dernières (groupements, associations ou unions) interviennent généralement au niveau de la collecte. Elles essaient d'établir directement des relations commerciales avec les exportateurs. Les organisations paysannes essaient tant bien que mal de se positionner sur la filière comme des acteurs incontournables même si leur poids est encore faible. En matière de coordination verticale, la filière de la gomme est dominée actuellement par des acteurs agissant de façon individuelle (cueilleurs, collecteurs et commerçants), des groupements et unions de groupements.

L'étude montre que les cueilleurs sont relativement plus impliqués dans les organisations paysannes (OP) (90%) que les commerçants (80%). La figure 2 permet de visualiser cette situation.

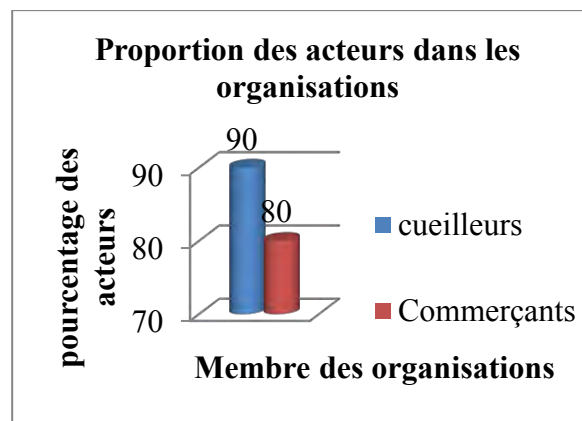


Figure 2 : Proportions des acteurs membres dans les organisations

3.2 Caractéristique des différents maillons de la filière et leur fonctionnement

3.2.1. Produits et caractéristiques

Les produits de la filière gomme arabique sont l'exsudat (gomme), les feuilles et les fruits très appréciés par les animaux (chèvre dromadaire etc).

La gomme est utilisée dans l'agroalimentaire et dans la pharmacopée. En effet, les activités de cueillette et de commercialisation s'étalent sur une période de six (06) mois dans les trois (3) sites de l'enquête.

Selon le service du cantonnement forestier la commune de Gadiaba Kadiel présentant une forte densité de gommas 100 pieds à plus à l'hectare ont de forte quantité de gomme. Dans les deux autres sites de l'enquête les peuplements sont moyens à faible soit 60 pieds pour les peuplements moyen et moins de 30 pieds à l'hectare pour les faibles peuplements.

3.2.2. Acteurs de la filière

3.2.2.1. Cueilleurs

Les cueilleurs des gommes sont au nombre de plusieurs centaines. Selon notre échantillon, les femmes représentent 60% des individus exerçant cette activité. Du fait des tâches qui reviennent aux femmes dans la vie sociale et économique des ménages en milieu rural et même urbain, celles-ci sont quotidiennement en prise avec les ressources forestières pour la satisfaction des revenus de leurs familles (Simeni, 2007).

Les cueilleurs sont au début de la filière et ont accès directement à la ressource. Leurs pratiques de cueillette assurent plus ou moins une gestion durable des espèces agroforestières. Elle varie en fonction de l'âge des individus. Les plus âgés vont dans les PAF pour cueillir la gomme à l'aide de bâton.

Après ces opérations, les produits sont vendus dans le village auprès des commerçants détaillants ou sur les marchés.

3.2.2.2. Commerçants détaillants (collecteur)



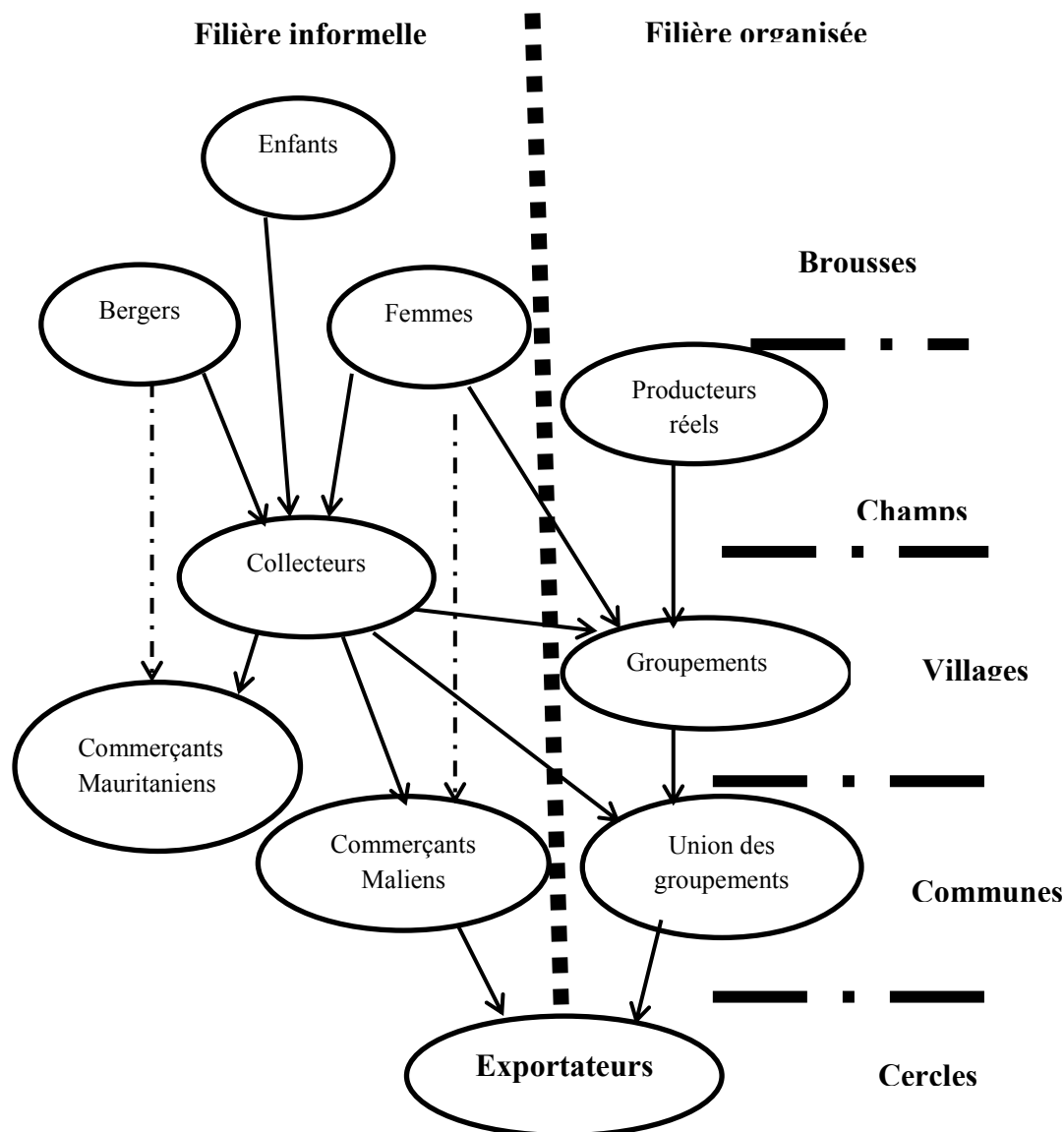
Les commerçants des gommes sont des détaillants. Ils se contentent d'acheter la gomme auprès des cueilleurs dans le village ou se déplacent de village en village pour en acheter. Après l'acquisition du produit, ils vont sur les différents marchés locaux ou soit dans les marchés communaux, cercle etc. Les commerçants grossistes viennent sur ces différents marchés pour acquérir les produits.

3.2.3. Graphes de la filière

Selon (Duteurtre et al., 2000) ; entre la production et la consommation se succède toute une série d'opérations qui permettent aux produits analysés de changer de lieu et d'avoir une forme consommable répondant à la demande en quantité et en qualité. Une étude de filière est à la fois un instrument de connaissance de la réalité économique et un outil de

description du système productif en prenant en considération tous les éléments qui interviennent dans son fonctionnement (techniques de production, entreprises, circuits, marchés, politiques économiques) (LAMBERT A., 1984, p. 45 ; CHAARIN., 2000, p. 68). Elle permettra d'identifier avec précision les acteurs de la filière et de mieux comprendre les relations réciproques entre lesdits acteurs. Chaque fonction correspond à un maillon. La filière gomme arabique se caractérise par trois types d'acteurs : les cueilleurs (la gomme reste encore une activité de cueillette plutôt que de production), les collecteurs et les commerçants avec l'intervention d'organisations paysannes comme le montre le graphique ci-après.

Figure 3 : Graphe de la filière gomme arabique dans la zone de Nioro du Sahel



Comme l'indique le schéma, la gomme dure emprunte deux chemins possibles, l'un informel, dominé par les acteurs individuels ; et l'autre qui transite par les organisations.



3.2.3.1. Circuit formel et circuit informel

La cueillette reste actuellement essentiellement réalisée par les femmes, les enfants et les bergers.

Ces acteurs vulnérables vendent généralement les fruits de leur récolte aux collecteurs qui se chargent de mettre les quantités ainsi rassemblées à la disposition des commerçants. C'est le chemin dit informel.

La filière est cependant en voie d'organisation grâce à des groupements et unions de groupements qui ont émergé ces dernières années.

3.2.3.2. Les circuits de commercialisation

Les flux des produits se font de la brousse vers les centres urbains qui sont également les points de rencontre entre les exportateurs et les commerçants ou les unions de groupements. Les cueilleurs et/ou les producteurs, ramènent la gomme dure dans les villages à pied, à vélo ou en charrette. Les collecteurs se chargent ensuite de regrouper dans les différents villages (d'une même commune mais possiblement aussi de différentes communes) des quantités suffisantes pour intéresser des commerçants. Le stockage peut alors se faire au niveau des cercles si les quantités sont suffisantes. Il faut souligner que ceci n'est pas le fait uniquement des collecteurs car les groupements aussi le font pour le compte de leurs unions et au niveau de leurs fédérations tandis que les collecteurs travaillent avec des commerçants. Les quantités de gomme ainsi rassemblées par les collecteurs ou les groupements sont vendues à des commerçants de la région, ou des acheteurs mauritaniens, qui les revendent ensuite eux-mêmes à des exportateurs.

3.2.3.3. Estimation des revenus

En termes d'amélioration des conditions de vie, il y a deux manières de voir cette filière : soit de considérer le cueilleur en lui-même ; soit de le considérer comme un membre d'une unité d'exploitation plus large.

Si on considère les cueilleurs qui opèrent dans les marges des systèmes ruraux, c'est-à-dire ceux qui vivent dans une forme d'insécurité du fait de leur statut dans la société (les bergers, les enfants, et les femmes) : l'argent de la gomme peut être décisif dans leur vie, même s'il n'est que ponctuel et ne dure qu'une courte période dans l'année.

Si l'on considère désormais un cueilleur dont le ramassage de gomme est l'activité principale durant les 3 à 5 mois où l'activité est possible, n'intervient pas tout seul mais se fait généralement aider par le reste de sa famille : sa récolte peut aller jusqu'à 25 kg dans la journée en période de forte exsudation des gommiers, et pour les peuplements les plus denses ne nécessitant pas de longs déplacements entre les arbres (source : enquête de terrain).

Dans la mesure où ce n'est pas tous les jours qu'il va obtenir 25 kg tout au long des 3-4 mois de forte

exsudation, mais aussi qu'il est en concurrence avec d'autres cueilleurs sur les mêmes sites, on peut estimer très grossièrement la récolte possible de 500 à 1000 kg. L'union des producteurs de gomme de Kadiaba Kadiel a produit 2 tonnes en 2017).

En termes d'amélioration des conditions de vie, ce revenu doit être considéré non pas individuellement mais à l'échelle des ménages dans la mesure où le cueilleur est généralement aidé par sa famille.

Dans les deux cas, cueilleur marginal ou cueilleur en voie de professionnalisation, les apports financiers de la gomme représentent une part importante du revenu annuel, et certainement un apport significatif en termes d'amélioration des conditions de vie. Cependant, ce revenu ne s'inscrit pas dans une filière établie et ne fait pas l'objet d'investissement dans le système de production, alors que la coordination de la filière et la recherche d'une plus grande équité dans la répartition des revenus nécessiteraient une professionnalisation des acteurs.

3.2.3.4. Importance du marché formel/ informel

Le marché en voie d'organisation est occupé surtout par les groupements ou tout au moins est dominé par l'action des groupements et unions de groupements. Les estimations de ce marché font état sur une commercialisation contrôlée à plus 5648 tonnes sur le plan national par UMOCI en 2016, la région de Kayes produit les 2/3 ; qui n'a cependant pas pu estimer la part qui revient au marché dit informel.

3.3. Les goulots d'étranglements

L'absence de visibilité sur les besoins du marché international

La faiblesse des prix

La qualité de la gomme

Le problème de la qualité de la gomme serait lié à plusieurs facteurs tous tributaires de la méconnaissance des acteurs sur les espèces existantes, les normes de qualités, les besoins du marché. Ainsi, l'accroissement de la production pourrait être inutile en l'absence d'acteurs informés sur les exigences du marché international et formés à la production de gomme qui répondent à ses exigences si toutefois les espèces existent. A ce sujet, les propos de monsieur

Mohamed SIDIBE dont la principale zone de collecte est la région de Kayes est édifiant. En effet, il dit avoir un gros problème avec la qualité de la gomme qui lui est présentée. Ce problème serait en particulier –toujours selon ses dires- généré par les intermédiaires qui rassemblent dans un même sac les gommages de natures différentes (dure et friable) et également avec des débris végétaux et minéraux.

L'hégémonie du Soudan sur le marché international tient à cette rigueur et la comparaison entre les prix obtenus par ce pays sur le marché européen par rapport au prix du Mali sur ce même marché



confirme cette thèse. Les écarts de prix constaté être les grands pays exportateurs (Soudan ; Tchad)

Cet écart de prix d'achat de la gomme entre le Soudan et le Mali n'est toutefois pas qu'une question de qualité, mais aussi de quantité. Il est évident que si un exportateur installé à Bamako ne peut remplir qu'un container de gomme de temps en temps, ce produit ne va pas être au centre de son activité, et il ne va pas chercher à stimuler la recherche d'une meilleure qualité, en s'investissant lui-même dans les questions de tris, en formant les acteurs à ces tris, en payant davantage la bonne qualité.

Pour redonner confiance aux importateurs européens, il faut que le Mali propose une gomme dure irréfutable et pour cela, il faut que toute la filière s'organise à cette fin, avec pourquoi pas une labellisation de terroirs.

3.3.4. La nécessité d'une rémunération équitable des acteurs de la filière

Travailler sur le prix « juste » signifie aussi que l'argent de la gomme doit revenir en priorité à ceux qui travaillent à sa récolte et investissent dans sa production, plutôt qu'aux intermédiaires de tout ordre qui –abusant parfois de leur position sociale– se contentent de prendre la gomme ici pour la revendre là, sans y ajouter une plus-value.

Cela ne signifie pas qu'il faille faire la chasse aux collecteurs. Ces derniers peuvent avoir leur utilité en tant que maillon de la chaîne, passant des informations entre les commerçants et les cueilleurs et contribuant à la fluidité de la filière en transportant la gomme des lieux de production aux lieux de marché. Cette circulation de l'information et de la marchandise doit être rétribuée aussi à son juste prix. Mais il faut cependant veiller avant tout à ce que les acteurs qui récoltent la gomme soient incités à investir dans cette activité de façon positive. Ces récolteurs ne seront disposés à collecter davantage de la gomme de la qualité requise –c'est-à-dire de la gomme dure, sans débris végétaux et à se lancer dans la « production » que si l'achat de la gomme est assuré à un prix rémunérateur, qui rentre dans une logique de système de production.

Sur ce plan, il convient de s'interroger sur la manière de garantir ce prix incitatif aux cheilles ouvrières de la filière gomme –pour l'instant non représentées dans le noyau « gomme »–

3.4. Comptes des acteurs de la filière

Les comptes des acteurs de la filière ont été établis à partir des données de l'échantillon. Il s'agit du compte des cueilleurs et de celui des commerçants détaillants. Une consolidation de ces deux comptes donne le compte de la filière.

3.4.1. Comptes des acteurs dans la zone d'étude

Les transactions effectuées par les deux types d'acteurs ont permis à partir des quantités de gomme achetées ou collectées, les différents prix d'achat et de vente et les charges y afférentes, d'établir le compte

de production exploitation dans la zone. Les cueilleurs n'ont pas assez de charges ce qui rend les niveaux des prix de vente rémunérateurs par rapport aux prix des commerçants. Les différents coûts ne permettent pas aux commerçants d'engranger des gains substantiels.

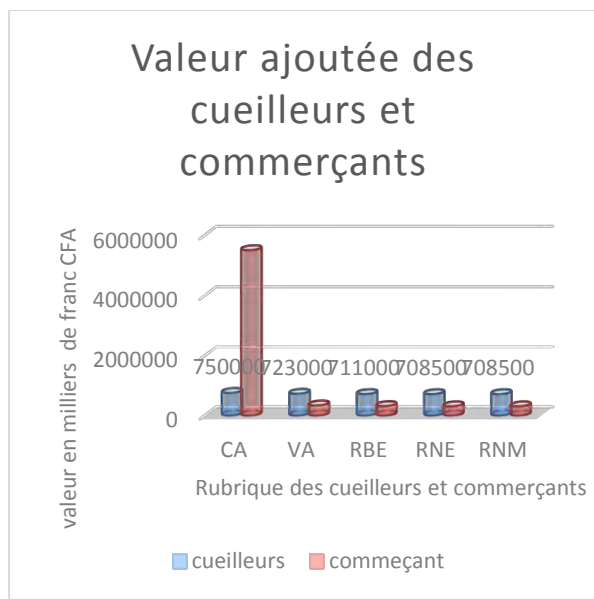
La quantité de gomme cueillit dépende de la performance et de l'abondance. Selon notre enquête 60% des femmes estiment qu'elles peuvent cueillir 3 à 5kg de gomme par jour et peuvent bénéficier de 3000 à 5000F Cfa/jour à la vente et 30% des hommes estiment qu'ils peuvent cueillir 4 à 8 kg de gomme par jour pour un bénéfice de 4000 à 8000F Cfa /jour. Les cueilleurs (ses) doivent porter des habits, chaussettes et chaussures assez épais, ainsi que des chapeaux pour éviter les blessures par de nombreux piquants existants sur le chemin et sur les branches des Acacias

Tableau 8 : Récapitulatif des valeurs intermédiaires du Maillon

Cueilleurs commerçants	Montant en F CFA	Montant en F CFA
Chiffre d'affaire (CA) en FCFA	750 000F	5 500 000F
Valeur ajoutée (VA) en FCFA	723 000F	335 000F
Revenu brut d'exploitation (RBE) en FCFA	711 000F	311 000F
Revenu net d'exploitation (RNE) en FCFA	708 500F	304 000F
Revenu net monétaire (RNM) en FCFA	708 500F	304 000F

La figure 4 représente les cueilleurs et des commerçants en fonctions des valeurs ajoutées.





Source : enquête de terrain

Figure 4 : valeur ajoutée des cueilleurs et commerçants

3.4.2. Comptes de la filière

La consolidation des comptes de l'ensemble des acteurs a permis d'établir le compte de la filière

$$VA_{\text{filière}} = VA_p + VA_c$$

$$VA_{\text{filière}} = 723\,000\text{F} + 335\,000\text{F}$$

$$VA_{\text{filière}} = 1\,058\,000\text{F CFA}$$

Les différents postes du compte comme la VA, le RBE, le RNE et le RNM dénotent que la filière génère des meilleurs revenus monétaires pour les acteurs.

Ce sont donc les différentes charges (charges variables, frais de transport et frais financiers) qui joueraient sur la rentabilité financière de la filière dans cette zone.

3.5. Analyse institutionnelle

Les modifications de l'environnement institutionnel ont évidemment des répercussions sur la manière dont les agents conçoivent leurs propres arrangements.

Connaître les institutions et les modes de coordinations de la filière permet de comprendre les logiques et les comportements des acteurs.

La filière est caractérisée par un ensemble d'institutions. Les entretiens individuels dans les villages nous ont permis d'enrichir les informations recueillies au moyen du questionnaire. Environ 45 interviews ont été réalisées et des observations ont aussi été nécessaires.

Le marché, les institutions qui interviennent dans le fonctionnement du marché (institutions financières, et techniques) et les organisations sociales (ONG, associations, familles, coutumes) ont été identifiées.

3.5.1. Marche des produits de l'acacia

Le fonctionnement du marché des produits de l'acacia est lié aux institutions qui interviennent dans la gestion de la ressource. La disponibilité, la pérennité, la mise sur le marché des produits et leur écoulement jusqu'à l'exportation sont régis par des règles mises en exécution par des institutions du marché.

Dans la filière, d'abord l'unité de mise en œuvre du cadre intégré (UMOCI) est beaucoup présente. Il accompagne les acteurs dans la gestion, l'exploitation et la valorisation des PFNL. Des pépinières de *l'acacia senegal* ont été installées dans le village de Nomo et d'autre Institut appui la filière comme Interprofession (l'IF gomme). Ensuite, les institutions financières ne sont pas en reste. Les caisses d'épargne et de crédits dans les villages viennent en appui aux acteurs même si les bénéficiaires sont peu nombreux.

Les institutions techniques comme les représentations des ministères en charge de l'environnement interviennent par leurs agents. Les agents des eaux et forêts œuvrent auprès des acteurs pour la reconnaissance des textes régissant la gestion et l'exploitation des ressources forestières et du foncier.

3.5.2. Organisations sociales

Au niveau village, les organisations sociales commencent par la famille. La famille est au centre de toute organisation sociale.

Les ménages des acteurs enquêtés sont en harmonie avec les pratiques agroforestières. De façon conventionnelle, aucune coutume ne proscriit l'usage et l'utilisation des produits de l'acacia. Il existe une forte concentration de groupement de producteurs agricoles. Ce regroupement respecte l'aspect genre. L'objectif des acteurs dans leur environnement socioéconomique se résume à contribuer à l'amélioration de leurs conditions de vie par le biais des AGR. Les acteurs dans l'exercice de leur fonction, ont bénéficié des formations relatives à l'exploitation des PFNL.

Ils ont été formés en matériels et outillages de pépinières pour la production de plants ;

-Formation en technique de production de plants en pépinière

- Technique de prétraitement de la graine d'acacia pour une bonne germination

-Technique de remplissage des pots avec de la fumure organique ;

-Technique d'arrosage et de bon entretien des plants.

Ceci pourrait expliquer par une organisation des acteurs de la filière.

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans la région de Kayes la filière gomme est représentée par quelques maillons (la cueillette et la



commercialisation). L'étude économique et institutionnelle de la filière a permis d'identifier des acteurs et aussi de cerner la nature des relations entretenues entre eux et les institutions.

Sur un volume de transaction d'environ 750 Kg de gomme pour un individu la VA par kilogramme est de 723 FCFA pour les cueilleurs et de 335 FCFA pour les commerçants détaillants dans la zone d'étude. Le RNM par kilogramme de gomme de produit est alors de 709 F CFA pour les cueilleurs et de 304 FCFA pour les commerçants.

Le mode de coordination dominant dans la filière est surtout gouverné par la confiance et l'autorité qui reposent sur la réputation et sur la fidélité à la coutume, ainsi que sur une relation personnelle de voisinage et d'estime. Il n'existe pas de contrats écrits lors des transactions (forme verbale surtout). Cette forme de relation dans les échanges suivie d'une répartition inégale de l'information des acteurs sur le marché de la gomme entraînent des coûts élevés de transactions. Le niveau organisationnel de la filière gomme est très faible. Les coûts élevés de transaction et la mauvaise répartition de l'information du marché induisent la faiblesse des revenus des acteurs. Face à ces multiples imperfections du marché et le niveau organisationnel embryonnaire de la filière, la nécessité de rechercher des perspectives s'impose. Les recommandations suivantes peuvent être formulées à l'endroit de tous les acteurs de la filière:

- Soutenir l'organisation des acteurs de la filière par l'IF gomme Mali à travers les
- GIE pour mieux défendre leurs intérêts ;
- Soutenir et vulgariser les actions de domestication et de reboisement des forêts et PAF d'*acacia senegal L.* de l'UMOCI ;
- Former les acteurs de la filière sur les méthodes et techniques de saigné, de conservation des produits et, la gestion et la tenue de comptabilité de leurs AGR ;
- Financer les AGR des acteurs avec des mesures prenant en compte le cycle de production et les réalités du milieu rural pour le remboursement ;
- Etendre une étude similaire dans les autres régions, surtout en milieu urbain où il existe des acteurs déterminants comme les commerçants grossistes.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- AKOA ETOA J. M., 2006. Filière porcine camerounaise : une compétitivité à l'épreuve de dysfonctionnement. Mémoire de Master 2 Recherche ESSOR. UTM.
- 2-Acteurs de la filière gomme arabe et al, 2016, Stratégie sectorielle pour la gomme arabe au mali 78p
- 3-Bencharif A. et Rastoin J. L., 2007. Concepts et méthodes de l'analyse des filières agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeurs au cas

des Blés en Algérie. Unité Mixte de Recherche : Marchés Organisations Institutions Stratégies d'Acteurs (MOISA), CIHEAM/CIRAD/INRA/Sup Agro, Working Paper N°7/2007, Montpellier, 23p.

4-Bonou A., 2008. Estimation de la valeur économique des produits forestiers non ligneux

(PFNL) d'origine végétale dans le village de Sampéto (commune de Banikoara), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Faculté des sciences agronomiques (FSA), Mémoire de DEA option Aménagement et gestion des ressources naturelles, Cotonou, 77p.

5-Chabaud D., Parthenay C. et Perez Y., 2004. North versus Williamson ? Opposition et complémentarité dans la Nouvelle Economie Institutionnelle. 17p. In

6-DAKOUO Wabè Benjamin, 2009 étude économique et institutionnelle de la filière tamarin (*tamarindus indica l.*) dans les régions Est et Nord du Burkina Faso : analyse comparative DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL ; OPTION : Sociologie et économie rurales 77p

7-De BRANDT J., 1998. La filière comme méso-système, in ARENA R. et al (dir.) Traité d'économie industrielle, Economica, Paris, 249 p.

8-DJARSIA. V. M, 2007. Contribution à l'inventaire des gommes artificielles dans les provinces du Nord et de l'Extrême-Nord Cameroun : Perspectives de gestion. Mémoire de DESS en Sciences forestières, Département de biologie et physiologie végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. 89p

9-DJIBRILLOU. S. M, (2011) Projet de plantation d'*acacia senegal* : Etude de cas pour la validation du standard CCB (Volet Communautés) P103

10-DIAKITE. S, 2009 Analyse socio-économique de la filière sésame au Mali : étude de cas de la zone de Koro. Mémoire de master complémentaire en économie et sociologie rurales P 74

11-Diarra A., et Duteurtre G., 2005. L'analyse des politiques des prix dans les filières laitières : l'utilisation de la matrice d'analyse des politiques (MAP). IRSA-BAME, Dakar, 12p.



Analyse du comportement agronomique et technologique des variétés de cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) BRS 293, NTA B149, NTA E154 et NTA L65, dans différentes situations agro-climatiques de la zone cotonnière du Mali

Sory SISSOKO^{1,2*}, Elhadji Mamoudou KASSAMBARA² et Mamadou Oumar DIAWARA^{1,2}

¹Département d'Enseignement et de Recherche de Biologie ; Faculté des Sciences et Techniques ; Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

²Institut d'Economie Rurale, Mali

Adresse de correspondance : sorysis@yahoo.fr

RESUME : Le coton occupe une place importante dans l'économie malienne. Sa culture contribue à 40% des revenus de la population rurale, 22% des recettes d'exportations et 12% du budget d'état. Les potentiels agronomiques et technologiques de variétés de cottonniers cultivées au Mali varient beaucoup d'une zone agro-écologique à une autre et d'une année à une autre du fait de la diversité génétique des variétés et de l'influence des conditions environnementales. L'expérimentation a porté sur quatre variétés de cottonnier (BRS 293, NTA B149, NTA E154 et NTA L65) testées dans 35 villages ou sites situés dans l'ensemble de la zone cotonnière du Mali ; du sud au centre-nord. L'objectif principal de l'étude était de documenter le comportement agronomique et technologique des quatre variétés de cottonnier dans différentes situations agro-climatiques de la zone cotonnière. Le dispositif randomisé en blocs de Fischer avec deux répétitions dans chaque site. Les résultats montrent qu'il y a très peu de différence entre les variétés testées en fonction des conditions du milieu excepté pour la longueur moyenne de la fibre. Les résultats montrent également que les variétés BRS 293 et NTA B149 s'adaptent beaucoup plus à la variabilité des conditions de culture par rapport aux deux autres.

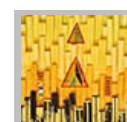
Mots clés: cotonnier, variété, agronomique, technologique, fibre.

I. INTRODUCTION

Le cotonnier est cultivé sur les cinq continents, dans une centaine de pays. La production mondiale annuelle de fibre de coton est estimée à 25,5 millions de tonnes dont environ 30% sont échangés sur le marché international (FAO, 2017). Le marché est dominé par la Chine, qui est à la fois le premier producteur devant les États-Unis et l'Inde, le premier importateur et le premier consommateur à l'échelle mondiale (Crétenet et Gourlot, 2016 ; FAO, 2017). La position de l'Afrique a évolué entre la quatrième et la sixième place mondiale, selon les statistiques du Comité consultatif international du coton (CCIC, 2016). Depuis la campagne (2011-2012), le Mali a retrouvé sa place de leader dans la sous-région ouest africaine en termes de production. La culture cotonnière est la principale richesse du Mali. Elle contribue à 40% des revenus de la population rurale, 22% des recettes d'exportations et 12% au budget de l'état (Maiga, 2019). L'ensemble du secteur fait vivre quatre millions de personnes, soit un quart de la population (Cattani, 2019). Grace aux résultats fort satisfaisants obtenus par les chercheurs du programme coton de l'IER-Mali et ses partenaires au fil de toutes ces années et mis à la disposition du développement rural tant en amélioration variétale qu'en agronomie et protection phytosanitaire,

conjugué à l'effort d'encadrement de la Compagnie Malienne pour le Développement des Fibres Textiles (CMDT) et de l'Office de la Haute Vallée du Niger (OHVN) qui s'est traduit par une production record de plus de 700 000 tonnes de coton graine, à l'issue de la campagne 2017/2018, confortant le Mali dans la position de premier producteur africain de coton qu'il occupe depuis 2 campagnes déjà.

Au Mali, différentes expérimentations ont permis de mettre au point plusieurs variétés. Ainsi, comme on peut s'en apercevoir au niveau de l'encadrement, plusieurs variétés ont été diffusées jusqu'ici à plus ou moins grande échelle. Toutes ces variétés développées jusqu'ici ont répondu aux exigences qui ont toujours été fixés au programme d'amélioration variétale du cotonnier, à savoir mettre au point des variétés productives et adaptées aux conditions variables du milieu, possédant par ailleurs un bon rendement de fibre à l'égrenage et de bonnes caractéristiques technologiques (Yattara, 2005). La mise au point de nouvelles variétés s'est faite par la voie des créations locales (croisements) et des introductions. Dans les deux cas, un schéma d'expérimentation rigoureux permet d'évaluer dans le temps et sur l'ensemble de la zone cotonnière, les performances et la stabilité des principales caractéristiques agronomiques et technologiques des variétés pressenties pour la grande diffusion



(Sissoko, 1997). Cette étude s'inscrit dans ce cadre et avait pour objectif d'évaluer le comportement agronomique et technologique, de quatre variétés de cotonnier, dans différentes situations agro-climatiques, toutes à phase ultime de l'expérimentation variétale (test paysan) et susceptibles de passer toutes en vulgarisation.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Matériel végétal

Le matériel est composé de 4 variétés de cotonnier dont une introduite du Brésil et trois créations maliennes (Tableau 1).

Tableau 1. Liste du matériel végétal

Genotype	Pedigree	Origin	Year of 1 st experimentation
BRS 293	Stoneville 132/Delta Opal	Brazil	2014
NTA L65	NTA 88-6*3/STAM 279A	Mali	2012
NTA B149	NTA 93-15/B 163	Mali	2006
NTA E154	ID742/ STAM 279 A	Mali	2009

3.2 Sites de l'étude

Un total de 35 tests a été implanté à travers toutes les régions de la Compagnie Malienne pour le Développement des Fibres Textiles (CMDT) et de l'Office de la Haute Vallée du Niger (OHVN). Le

choix des sites qui a été opéré après consultation des agents de la CMDT ou de l'OHVN s'est basé sur la forte pluviosité des localités de la zone sud et de la faible pluviosité de la zone centre-nord du Mali (Figure 1).

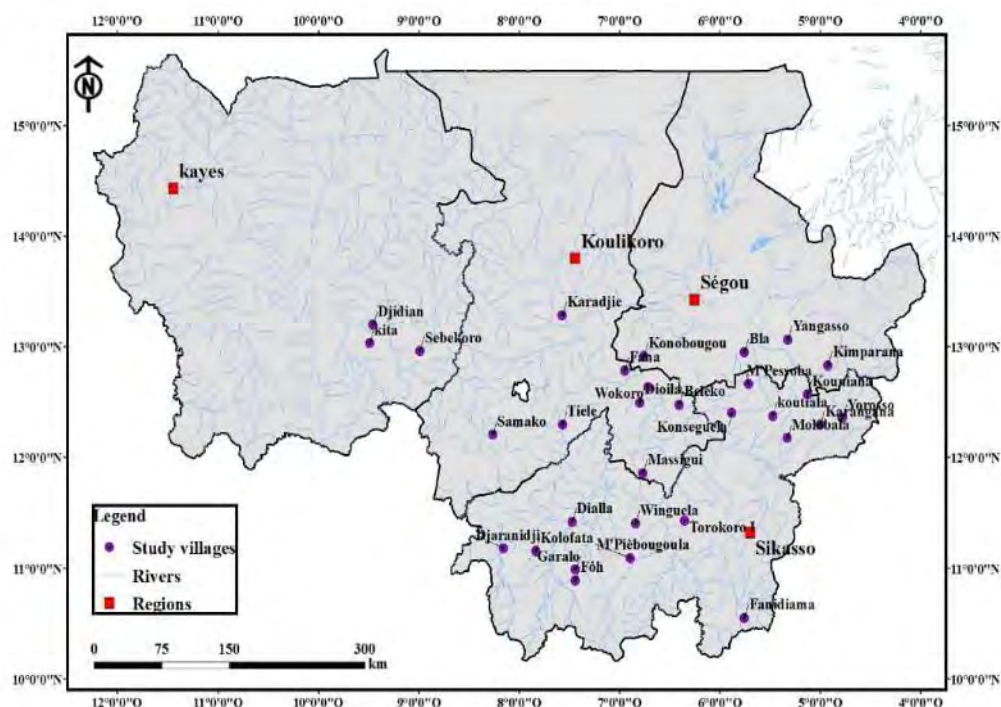


Figure 1. Principales zones de production cotonnière avec les différents sites d'étude dans la zone sud et la zone nord-centre du Mali durant les campagnes 2017/2018 et 2018/2019

3.3 Méthode

3.3.1. Dispositif expérimental

Les variétés sont testées dans un dispositif randomisé en blocs de Fischer avec deux répétitions dans chaque site.

Le dispositif expérimental a été implanté dans le champ du paysan et les semis sont effectués à la

même date avec le même itinéraire technique (désherbage, fertilisation, lutte contre les insectes etc.).

3.3.2. Dimensions du test



Chacune des variétés représente un objet dont la parcelle élémentaire est constituée de 5 lignes de 30 m de long dont les deux latérales sont les bordures. Les observations sont faites sur les trois lignes centrales.

Les écartements sont :

- 0,80 m entre les lignes et
- 0,30 m entre les poquets.

La superficie de la parcelle élémentaire : $0,80 \text{ m} \times 5 \text{ lignes} \times 30 \text{ m} = 120 \text{ m}^2$.

La superficie totale d'un bloc est $120 \text{ m}^2 \times 5 \text{ parcelles} = 600 \text{ m}^2$.

3.3.3. Paramètres mesurés

Quatre paramètres importants dans la production du cotonnier sont analysés dans cette étude.

- Deux caractéristiques agronomiques :
 - le rendement de coton graine (kg/ha) et
 - le rendement de fibre à l'égrenage (%),
- Deux caractéristiques technologiques de la fibre :
 - la longueur moyenne de la fibre UHML (mm) et
 - le degré de réflectance (brillance) de la fibre (%).

3.3.4. Analyses statistiques des données

L'analyse de variance a porté sur les paramètres cités ci-dessus sur l'ensemble de la zone cotonnière ; en utilisant le logiciel GenStat 15th Edition.

3.3.5. Analyse environnementale

Afin de vérifier, de façon générale, le comportement des variétés dans les différentes conditions de

culture, l'analyse dite environnementale sera réalisée et des courbes tracées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013.

Cette analyse a consisté à classer les sites à partir des valeurs moyennes des paramètres mesurés pour l'ensemble des variétés qui y ont été testées. Cette moyenne est appelée indice environnemental (IE). Cet indice donne une idée sur le potentiel de production du champ et/ou la performance du paysan (Yattara *et al.*, 2004).

Le comportement des variétés entre elles, mais aussi par rapport aux différentes conditions de culture est jugé à travers l'allure des courbes de tendance des paramètres mesurés qui sont tracés de façon symétrique à l'ensemble des points d'une même variété (Yattara *et al.*, 2004).

IV. RESULTATS

4.1. Analyse statistiques des Paramètres mesurés

Analyse de la variance (ANOVA) des paramètres mesurés n'a pas donné une différence significative entre les variétés dans l'ensemble des sites, excepté pour le paramètre la longueur moyenne de la fibre (UHML) qui est significative avec $P = 0,5$ (Tableau 2). L'ANOVA pour le rendement coton graine, le rendement de la fibre, et la réflectance ou brillance est hautement significative (avec $P = 0,01$) sur l'ensemble des sites excepté la longueur moyenne de la fibre (Tableau 2). Le signe de l'interaction entre les variétés et les sites est non significatif pour l'ensemble des paramètres mesurés ; ce qui explique que les variétés se comportent de la même manière dans tous les sites.

Tableau 2. Analyse de la variance du rendement coton graine (RDT), du rendement de la fibre (%Fib), de la longueur de la fibre (UHML) et la brillance (Rd) sur l'ensemble des sites

Source of variation	DDL	RDT (kg/ha)	%Fib (%)	UHML (mm)	Rd (%)
		m.s.	m.s.	m.s.	m.s.
Variétés	3	563047 ^{ns}	3,136 ^{ns}	1,5575*	5,501 ^{ns}
Sites	34	1743781**	11,646**	0,4049 ^{ns}	11,713**
Variétés*Sites	102	41746 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,6655 ^{ns}	0,621 ^{ns}
Résiduel	100	240914	3,032	0,5658	2,519
Total	239				
SE		490,8	1,741	0,7522	1,587
CV%		35,5	4,1	2,6	2,0

ms = carré moyen, SE = erreur standard, CV = coefficient de variation.

* Significative avec le niveau de probabilité 0.05, ** Significative avec le niveau de probabilité 0.01, ns = non significative.



Les figures 2a et 2b présentent la variation des paramètres mesurés. La variété BRS 293, avec plus de 1500 kg/ha, a le rendement moyen coton graine le plus élevé suivie de NTA B149. Par contre le pourcentage moyen de la fibre le plus élevé fut constaté chez la variété NTA L65 suivie de NTA B149 (Figure 2a).

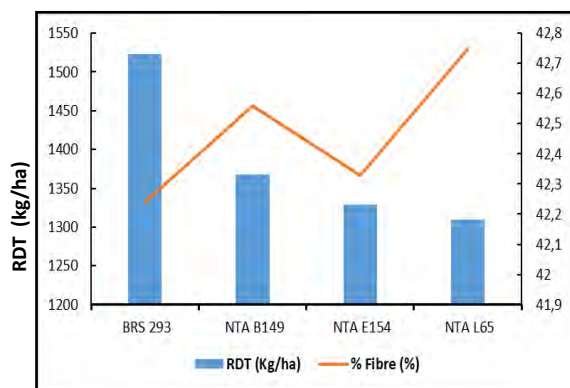


Figure 2a. Moyenne des caractéristiques agronomiques des variétés sur l'ensemble des 35 sites de test variétal dans les zones sud et nord-centre durant les campagnes 2017/18 et 2018/19

La figure 2b présente la moyenne des caractéristiques technologiques de la fibre ; la variété NTA E154 a la plus grande longueur moyenne de la fibre suivie de NTA B149. La variété BRS 293 a la meilleure brillance de la fibre.

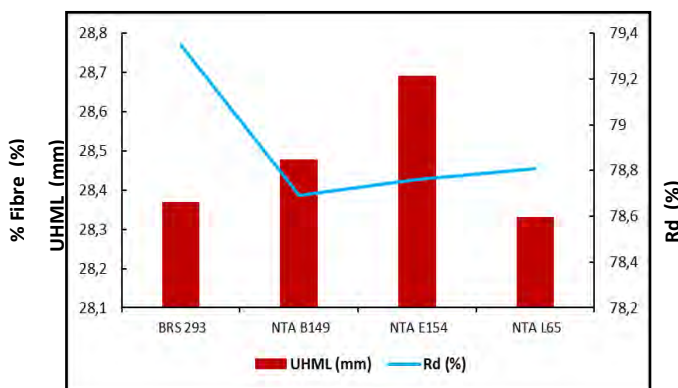


Figure 2b. Moyenne des caractéristiques technologiques des variétés sur l'ensemble des 35 sites de test variétal dans les zones sud et nord-centre durant les campagnes 2017/18 et 2018/19

4.2. Analyse environnementale

La figure 3 présente les résultats de l'analyse environnementale. Les rendements coton graine augmentent en fonction des conditions du milieu et ce pour toutes les variétés testées. La variété BRS 293 est la plus sensible à cette variation (figure 3a). Les rendements de la fibre de toutes les variétés s'améliorent aussi quand les conditions deviennent favorables. Toutes les variétés se comportent pratiquement de la même manière quand le potentiel de production de la fibre se situe entre 39 et 44%. La variété NTA L65 se comporte légèrement mieux que les autres variétés quand le potentiel est supérieur à 44% (figure 3b).

La variété NTA E154 dépasse assez nettement les autres variétés pour la longueur moyenne de la fibre (UHML) tant dans les conditions de faible productivité que dans les conditions favorables

(figure 3c). La variété BRS 293 a la plus faible longueur moyenne de fibre dans les conditions défavorables aux environs de 27 mm), mais cette longueur s'améliore nettement quand les conditions sont favorables contrairement aux variétés NTA B149 et NTA L65 dont les longueurs de fibre tendent vers une stagnation aux alentours de 28 mm (figure 3c).

À travers l'allure générale des courbes de tendance (figure 3d), le degré de réflectance (brillance) de la fibre de toutes les variétés s'améliore quand les conditions deviennent favorables. Cette amélioration est plus marquée pour la variété BRS 293 qui dépasse assez nettement les autres.

Quand le potentiel de se situe autour de 77%, toutes les variétés se comportent pratiquement de la même sorte.



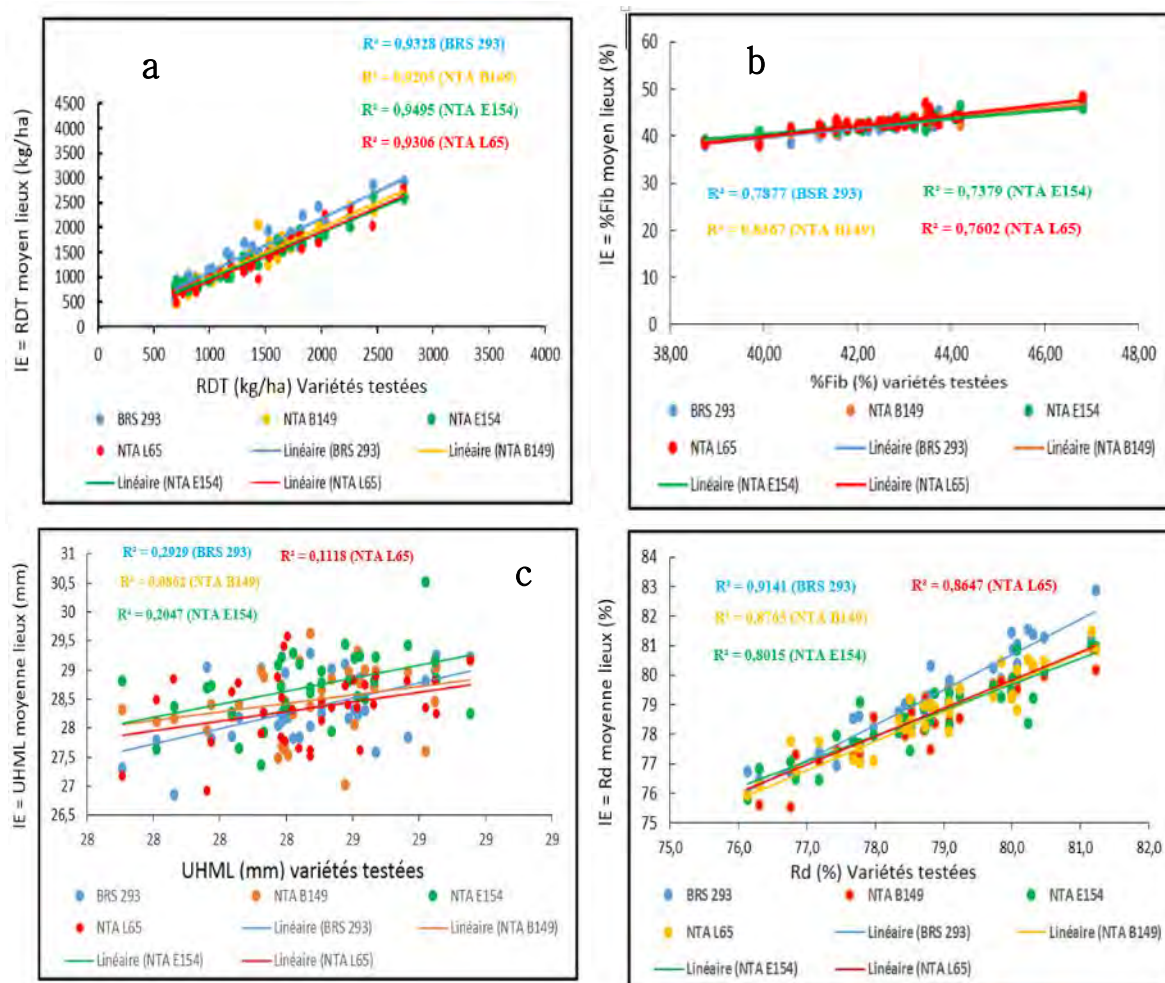


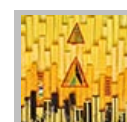
Figure 3. Analyse environnementale. **a.** Analyse du rendement moyen coton graine en kg/ha (RDT). **b.** Analyse du rendement moyen de la fibre en % (%Fib). **c.** Analyse de la longueur moyenne de la fibre en mm (UHML). **d.** Analyse du degré de réflectance ou la brillance de la fibre en % (Rd).

V. DISCUSSION

L'objectif principal de cette étude était de comprendre le comportement agronomique et technologique de quatre variétés de cotonnier, à la phase finale de l'expérimentation agricole dans les différentes situations agro-climatiques sur l'ensemble de la zone cotonnière.

Une analyse de variance montre qu'il y a très peu de différence pour l'interaction entre les variétés et les sites et entre les variétés elles-mêmes dans les sites pour les rendements coton graine, fibre et la brillance de la fibre. Ces résultats confirment les choix de ces variétés par Yattara et al. (2017) pour la phase finale de l'expérimentation sur la base du même potentiel agronomique et technologique, comparées avec d'autres variétés dans les essais préliminaires sur l'ensemble de la zone cotonnière. Le rendement moyen coton graine de la variété BRS293 est le plus élevé et un rendement fibre moyen comparée aux autres variétés. Des résultats similaires ont été obtenus par Morello et al. (2010) au Brésil et par

Bourgou & Sanfo (2012) au Burkina Faso. La variété NTA L65 a un bon niveau de rendement de fibre un trait reconnu comme une propriété des variétés d'origine "NTA" en général (Yattara *et al.*, 2008). L'analyse technologique de la fibre des variétés montre que les variétés NTA E154 et NTA B149 se distinguent des autres par rapport à la longueur de la fibre (UHML). Kassambara (2017) a reporté la bonne performance des variétés de souche NTA pour le trait longueur de la fibre par rapport aux variétés introduites. Park et al. (2005) ont signalé que la qualité de la fibre principalement sa longueur est dépendante des facteurs génétiques. Ce qui pourrait être l'explication de la supériorité des "NTA" en général sur les autres. La BRS 293 brille mieux que toutes les variétés "NTA" qui ont une couleur qui tend surtout vers le jaune (terne). Ce résultat confirme les résultats obtenus dans plusieurs tests variétaux des variétés introduites comparés aux variétés "NTA" développées par le programme coton au niveau de la station de recherche



agronomique de N'Tarla ; IER Mali. Les résultats d'étude réalisée par Çopur et al. (2017) ont montré que la couleur de la fibre du cotonnier est dépendante de la structure génétique de l'espèce et dépende aussi des conditions environnementales telles que les conditions de culture, les précipitations et les stress biotiques.

La bonne performance des géotypes simultanément à l'amélioration des conditions de culture est due aux potentiels génétiques de la plante et à l'influence des conditions environnementales telles que la pluviométrie, l'humidité, la température, le rayonnement solaire, la fertilisation, la protection phytosanitaire, et d'autres conditions de culture durant les périodes de croissance et de maturité des plantes. En ce sens Cetin, & Basbag (2010) ont reporté dans l'étude des effets des facteurs climatiques sur la production cotonnière dans les régions semi-arides que fructification (rendement) du cotonnier est déterminée et influencée par le potentiel génétique du cultivar, les conditions climatiques, les pratiques de gestion et les parasites.

VI. CONCLUSION

L'étude montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les différentes variétés pour tous les traits excepté la longueur moyenne de la fibre. Globalement, toutes les variétés ont un bon rendement coton graine. La variété BRS293 se distingue particulièrement avec un rendement moyen de plus de 1500 kg/ha. Toutes les autres caractéristiques testées dans cette étude répondent aux critères mis en avant par l'industrie textile (égrenneur et filateur). La BRS 293 se distingue des autres variétés dans les environnements défavorables avec un une bonne productivité coton graine et la fibre très brillante mais de faible longueur par rapport aux autres géotypes. Les variétés BRS 293 et NTA B149 se montrent moins sensibles à la dégradation des conditions de cultures par rapport aux deux autres.

REFERENCES

- [1] A.A. Yattara & E.M. Kassambara, « Rapport commission scientifique. Volet génétique et Amélioration variétale », Projet COT1 du Programme coton IER Mali, 2017, 67 pages
- [2] A.A. Yattara, « Bilan des 30 dernières années de recherche cotonnière au mali », Programme coton IER Mali, 2006, 36 pages.
- [3] A.A. Yattara, Sidibé, S.Sissoko et D.Soumano, « Réunion de concertation IER-CMDT-OHVN », Programme coton IER N'Tarla, les 17-18-19 mars 2004, 14 pages.
- [4] CCIC, Nouvelles recherches Cotonnières Vol. XXXIV No. 4 décembre 2016. www.icac.org.
- [5] C.L. Morello, N.D. Suassuna F.J.C. Farias, F.M. Lamas, M.B. Pedrosa, J.L. Ribeiro, V.P. Godinho and E.C. Freire, "BRS 293: A midseason high-yielding upland cotton cultivar for Brazilian savanna", *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2010, 10: 180-182.
- [6] E.M. Kassambara, « Evaluation des principales caractéristiques Agronomiques et Technologiques des nouvelles créations et introductions de cotonnier (*Gossypium* L.) de l'Institut d'Economie Rurale du Mali », Mémoire de Master en Sciences Biologiques Appliquées de USTTB Mali, 2017, 56 pages.
- [7] FAO, « Statistical Database. www.fao.org ». Consulté le 02 juin 2018.
- [8] I.I. Maiga, Communication personnelle: Coton production record. Direction du commerce extérieur du Mali. United Nations Conference on Trade and Development, 11th multi-year expert meeting on commodities and development, 15-16 April 2019 Geneva
- [9] L. Bourgou & D. Sanfo, "Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: Analysis of Major Architectural and Agronomic Characteristics" *Tropicultura*, 2012, 30, 4, 243-248.
- [10] M. Cattani. *Agence France Presse (AFP)*. Mali: voyage au pays de l'or blanc. 2019. <https://www.capital.fr/economie-politique/mali-voyage-au-pays-de-lor-blanc-1335854>. Consulté le 10/10/2019.
- [11] M. Crétenet et J.P. Gurlot, « Le cotonnier. Contexte et enjeux des filières cotonnières africaines. Agricultures tropicales en poche », Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 2016. 235 pages.
- [12] O. Cetin & S. Basbag, "Effects of climatic factors on cotton production in semi-arid regions", *Res. on Crops* 11 (3): 785-791, 2010.
- [13] O. Çopur D. Polat & C. Odabaşoğlu, "Effect of Different Sowing Dates on Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Fiber Color at Double Crop Growing Conditions" *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 22(1): 62-72, 2018.
- [14] S. Sissoko, « Aperçus sur la recherche de variétés performantes et adaptées de cotonnier à l'unité Génétique et Amélioration variétale du Programme Coton – IRE Mali » Rapport fin de stage – Station de N'Tarla, 1997, 56 pp.
- [15] Y.H. Park, M.S. Alabady, M. Ulloa, B. Sickler, T.A. Wilkins, J. Yu, D.M. Stelly, R.J. Kohel, O.M.I. Shihy and R.G. Cantrell, "Genetic mapping of new cotton fiber loci using EST-derived microsatellites in an interspecific recombinant inbred line cotton population" *Molecular Genetics and Genomics*, 2005, 274, 428-441.



Dynamique des unités de paysage en zone sahélienne - Cas du cercle de Yélimané à l'ouest du Mali

KEITA Moussa^{1*}, BALLO Abdou², TIMBELY Dommo¹, COULIBALY Kantougoudiou¹, BERTHE Djibril¹,
MAIGA Mahamane Halidou³ et MAIGA Abdou Yehia¹

¹Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali

²Faculté d'Histoire et de Géographie, Bamako, Mali

³Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, Bamako, Mali

*Auteur correspondant : moussakeita59@yahoo.fr

RESUME : Cette étude analyse la dynamique des unités de paysage dans le cercle de Yélimané au Mali. A partir des images Landsat de 1974 et de 2014, des mesures de terrain, du calcul du taux de recouvrement et de la productivité, la dynamique des unités de paysage a été appréciée et caractérisée à Yélimané. Les résultats obtenus ont permis de constater qu'en 40 ans, les superficies de la steppe arbustive dense et des galeries forestières ont connu une diminution respectivement de 29338 ha et de 710 ha. Cependant, les superficies des cultures et jachères et de la steppe arbustive dégradée ont connu une augmentation respective de 26055 ha et de 3994 ha. On remarque que la régression des superficies est particulièrement prononcée dans la steppe arbustive dense à cause de l'intensification de la pratique de l'agriculture de décrue. La réduction du couvert végétal et la dégradation des terres est une conséquence non seulement des sécheresses récurrentes mais aussi de la pression anthropique. Des stratégies doivent être développées pour mieux intégrer l'arbre dans les systèmes agraires afin de contribuer à la gestion durable des terres et des eaux dans un contexte de changements climatiques.

Mots clés : Yélimané, Ouest du Mali, Dynamique, Unité, Paysage, Sahel.

ABSTRACT: This study analyzes the landscape unit's dynamics in the Yélimané prefecture in Mali. The dynamics of landscape units were appreciated and characterized in Yélimané through the landsat images of 1974 and 2014, field measurements, and the recovery rate and productivity calculation. The obtained results showed that in 40 years, the areas of the dense shrubby steppe and forest galleries have decreased by 29,338 ha and 710 ha respectively. However, the areas under crops and fallows and the degraded shrubby steppe increased by 26,055 ha and 3,994 ha respectively.

It is noted that areas regression is particularly pronounced in the dense shrubby steppe because of the low-lying depression agriculture intensification. The plant cover reduction and land degradation is not only a recurrent droughts consequence but also the anthropogenic pressure. Strategies must be developed to better integrate the tree into agrarian systems in order to contribute to the sustainable land and water management in climate change context.

Keywords: Yélimané, West of Mali, Dynamics, Unity, Landscape, Sahel.

I. INTRODUCTION

L'Afrique subsaharienne est l'une des régions les plus vulnérables au changement climatique (Diwediga B *et al.*, 2012). Les ressources naturelles constituent les ressources de base pour le développement économique et social de la population sahélienne en majorité rurale (Yossi *et al.*, 2008). Elles contribuent à la subsistance de 70% des populations et représentent la clé pour le développement rural et la bonne gouvernance (Yossi *et al.*, 2008).

Les effets de la sécheresse des années 70 et 80 combinés aux actions anthropiques néfastes ont entraîné la réduction généralisée du couvert végétal et la dégradation des terres dans le Sahel (Kelly, 2007 ; Yossi *et al.*, 2008 et Ballo *et al.*, 2016).

Cette situation a été beaucoup exacerbée dans le Sahel occidental malien notamment à Yélimané à cause de la faiblesse de la pluviométrie et de la forte évapotranspiration.

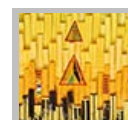
Le présent travail étudie la dynamique des unités de paysage à partir d'une analyse diachronique des images satellitaires de deux périodes (1974 et 2014) dans le cercle de Yélimané qui est situé en zone sahélienne à l'Ouest du Mali.

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans le cercle de Yélimané (10° Ouest à 12° Ouest et 14° Nord à 16° Nord). Le cercle couvre une superficie de 5 676,61 Km² et est caractérisé par un climat de type sahélien avec une alternance de trois saisons : i) une saison sèche froide de novembre à février ; ii) une saison sèche chaude de mars à juin avec une température pouvant atteindre 45° C ; iii) une saison des pluies de juillet à octobre avec une quantité de pluie qui varie de 350 à 500 mm par an.

Les Sarakolés (ou Soninkés) constituent l'ethnie dominante, ils s'associent aux Toucouleurs et aux Kassonkés dans le sud autour de Kayes et aux



Maures dans le nord près de la frontière avec la Mauritanie.

Les sols de la zone varient de (i) sablo-limoneux peu profonds à gravillonnaires ; (ii) limono-argileux à argileux au niveau des parties centrales et bords des cuvettes (iii) sablo-limono-argileux à souvent argileux au niveau des terrasses alluvionnaires, vallées et bourrelets de berges des marigots (ACC-C3/IER, 2013).

Ce territoire très collinaire est traversé de cours d'eau importants entourés de vastes plaines aux sols lourds et argileux. Ces plaines sont propices aux cultures de décrue. On y trouve également des mares plus ou moins importantes mais qui sont également de plus en plus comblées par les sédiments.

L'élevage est semi-sédentaire c'est-à-dire le troupeau est conduit le matin au pâturage et parqué le soir dans les enclos. On y distingue une transhumance interne (animaux originaires des cercles de Kayes, Yélimané, Nioro du Sahel et Bafoulabé) et une transhumance inter-état avec la Mauritanie et le Sénégal.

Il y a une intégration élevage-agriculture bien visible chez les Soninkés, mais sans toutefois que le système extensif soit abandonné compte tenu de la garantie qu'il procure en année de faible production agricole.

2.2. Matériel

En plus des images Landsat, nous avons utilisé des matériels techniques (GPS, deux rubans de 50 m, de la peinture, des pinces, une faucille, deux paires de sécateurs, des sacs en cretonne, des étiquettes, un calepin, des bics, des cahiers).

2.3. Méthodes

L'étude de la dynamique des unités de paysage a été faite à partir du traitement et de l'interprétation visuelle des images Landsat ainsi que des mesures de terrain.

Ces mesures de terrain ont concerné la caractérisation de la végétation de chaque unité de paysage réalisée dans quatre placettes de 50 m x 50 m (2500 m², soit 0,25 ha).

La production de la biomasse a été évaluée par la méthode de la «récolte intégrale» sur des placeaux de 1 m² suivant Levang P (1978). Cette méthode consiste à récolter toute la matière végétale sur pied (coupe à ras du sol) après un inventaire de la flore suivant la diagonale de façon à prendre en compte au mieux l'hétérogénéité du parcours. Le poids de la matière fraîche est mesuré sur le terrain; la teneur en eau est déterminée sur plusieurs échantillons par

dessiccation à l'étuve à 85 °C jusqu'à l'obtention du poids constant.

Un inventaire systématique de la flore ligneuse a été effectué dans chacune des placettes.

Détection du changement d'occupation du sol

Une mosaïque a été créée à partir de deux dates d'images Landsat TM (Thematic Mapper) de 1974 et Landsat ETM (Enhanced Thematic Mapper) 2014 couvrant tout le cercle de Yélimané téléchargées à partir de l'USGS.

La méthode d'interprétation visuelle des images a été adoptée pour la cartographie de l'occupation des sols (Girard, 1995). Cette méthode permet de caractériser les principaux objets présents (sols, végétations, eaux, etc.) de manière fidèle, systématique et exhaustive par leur comportement spectral. Des postes témoins de l'occupation du sol sont identifiés sur l'image après vérification sur le terrain. Des données de références sur l'occupation du sol ont été collectées lors de la visite de terrain effectuée dans la zone en octobre 2015.

Ces mesures de terrain ont porté sur le recueil des informations sur l'état de la végétation, le taux de recouvrement et les caractéristiques du sol en utilisant la démarche proposée par le Système d'Information Forestier. Cette démarche consiste à caractériser les unités de paysage suivant l'état général de la végétation (normal, moyen, dégradé), la texture du sol (argileux, limoneux, sableux, argilo-sableux, gravillonnaire, caillouteux, rocheux) et la toposéquence (plateau, versant ou glacis, dépression ou bas-fonds, plaine et rivière).

2.4. Traitement et analyse des données

Les données collectées ont permis de calculer le taux de recouvrement et la productivité des herbacées pour chaque unité ainsi que le recouvrement et la densité à l'hectare des ligneux.

Les types de sols par unité de paysage ont été déterminés de façon visuelle.

III. RESULTATS

Les différentes unités de paysage identifiées dans le cercle de Yélimané sont les galeries forestières, les cultures et jachères et les steppes arbustives dense et dégradée.

3.1. Occupation du paysage de 1974 à 2014

L'évolution de la superficie des unités de paysage de 1974 à 2014 dans le cercle de Yélimané est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1: Evolution des superficies des unités de paysage (1974-2014)

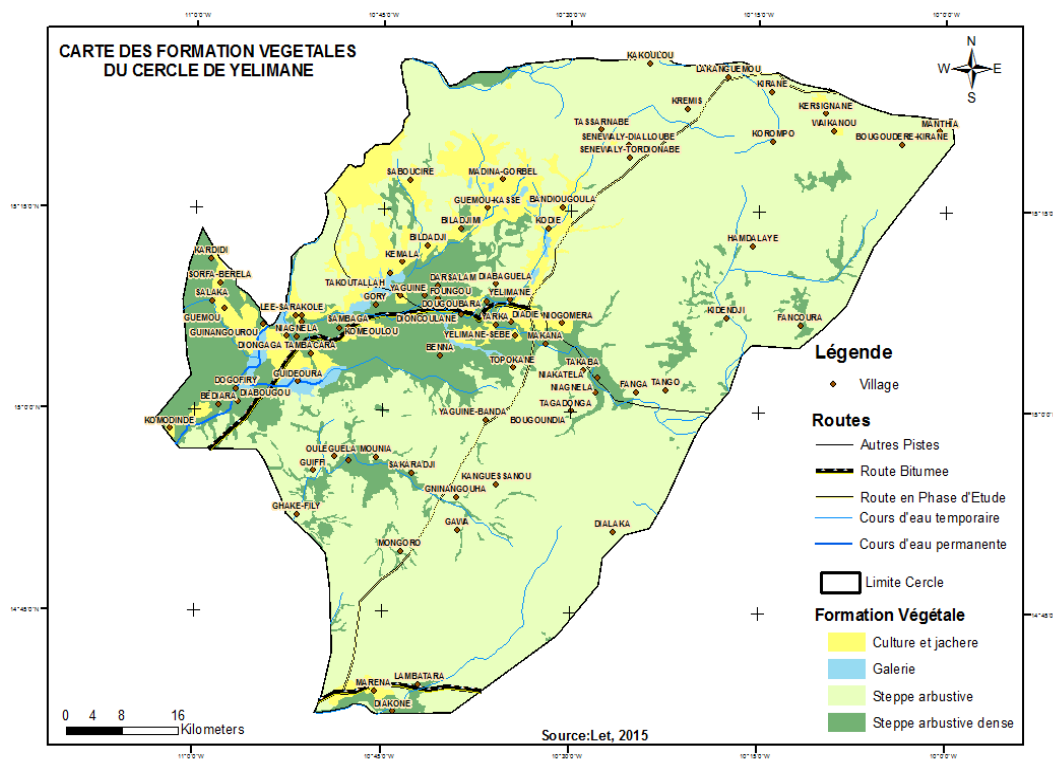
Unités	Années		Situation en 1974		Situation en 2014		Ecart	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Cultures et jachères	47304	8,23	73359	12,76	+26055	4,53		
Galerie forestière	7440	1,30	6730	1,17	-710	-0,13		
Steppe arbustive dense	96409	16,77	67071	11,67	-29338	-5,10		
Steppe arbustive dégradée	423536	73,70	427530	74,40	+3994	0,70		
Total	574690	100,00	574690	100,00				

Source : Résultats du traitement des données de terrain en 2015.

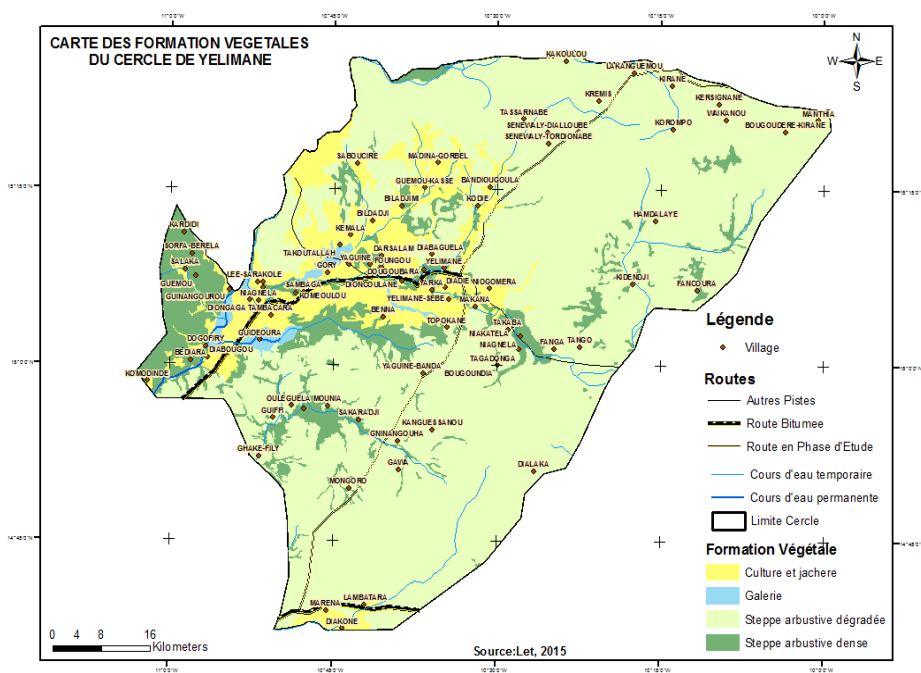


La lecture du tableau 1 montre qu'entre 1974 et 2014, la superficie des cultures et jachères a augmenté de 26055 ha ; celle de steppe arbustive dégradée a augmenté légèrement de 3994 ha.

Pendant ce temps, les superficies de la steppe arbustive dense et de la galerie forestière ont enregistré une diminution respectivement de 29338 ha et de 710 ha (voire carte 1 et 2 ci-dessous).



Carte 1: Formations végétales de Yélimané en 1974 (source : USGS)



Carte 2: Formations végétales de Yélimané en 2014 (source : USGS)



3.2. Caractéristiques des unités de paysage

Les caractéristiques de la végétation herbacée par unité de paysage dans le cercle de Yélimané sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de la végétation herbacée par unité de paysage dans le cercle de Yélimané

Unités de paysage	Type de sol	Espèces herbacées	Taux de recouvrement %	Production Kg/ha
Galerie forestière	Sol hydromorphe profond à texture limono-argileuse à pente faible	<i>Nymphaea sp</i> <i>Brachiaria ramosa</i> <i>Eragrostis gangetica</i> <i>Sesbania sesban</i> <i>Indigofera sp</i>	65	3150
Steppe arbustive dense	Sols sableux avec quelques affleurements rocheux	<i>Schoenefeldia gracilis</i> <i>Cassia tora</i> <i>Pennisetum pedicellatum</i> <i>Andropogon pseudapricus</i> <i>Cassia mimosaoides</i>	70	2450
Steppe arbustive dégradée	Sols sablo-limoneux, sols gravillonnaires et plateaux gréseux issus de la désagrégation des roches	<i>Schoenefeldia gracilis</i> <i>Panicum laetum</i> <i>Andropogon pseudapricus</i> <i>Dactyloctenium aegyptiaca</i>	35	1200
Zones de cultures et jachères	Sols limono-sableux avec présence de gravillons avec des glacis d'épandage à pente faible	<i>Schoenefeldia gracilis</i> <i>Eragrostis gangetica</i> <i>Andropogon pseudapricus</i>	45	1440

Source : Résultats du traitement des données de terrain en 2015

La lecture du tableau n°2 ci-dessus montre que dans la galerie forestière, les espèces recensées sont *Nymphaea sp*, *Sesbania sesban*, *Indigofera sp*, *Brachiaria ramosa* et *Eragrostis gangetica*.

Les herbacées recensées dans la steppe arbustive dense sont *Schoenefeldia gracilis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Cassia tora*, *Cassia mimosaoides* et *Andropogon pseudapricus*.

Dans la steppe arbustive, nous rencontrons *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum laetum*, *Andropogon pseudapricus* et *Dactyloctenium aegyptium*.

Les herbacées présentes dans les zones de culture et jachères sont *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis gangetica* et *Andropogon pseudapricus*.

La végétation est du domaine des steppes caractérisée par la prédominance de *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum laetum*, *Andropogon pseudapricus*.

Le recouvrement des herbacées varie de 35 % dans la steppe arbustive à 70 % au niveau de la steppe arbustive dense et (65 %) dans la galerie forestière.

Les caractéristiques de la végétation ligneuse par unité de paysage dans le cercle de Yélimané sont données dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques de la végétation ligneuse par unité de paysage dans le cercle de Yélimané.

Unités de paysage	Espèces	Densité à l'hectare	Fréquence %	Recouvrement du sol %
Galerie forestière	<i>Acacia nilotica</i>	49	46,7	60
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	31	29,5	
	<i>Combretum ghasalense</i>	18	17,1	
	<i>Guiera senegalensis</i>	07	6,7	
	Total	105	100,0	
Steppe arbustive dense	<i>Acacia nilotica</i>	30	40,0	40
	<i>Acacia seyal</i>	10	13,3	
	<i>Adansonia digitata</i>	08	10,7	
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	21	28,0	
	<i>Combretum glutinosum</i>	06	8,0	
	Total	75	100,0	



Steppe arbustive	<i>Balanites aegyptiaca</i>	09	34,7	7
	<i>Acacia nilotica</i>	07	26,9	
	<i>Acacia senegal</i>	07	26,9	
	<i>Acacia seyal</i>	03	11,5	
	Total	26	100,0	
Zones de culture et jachères	<i>Balanites aegyptiaca</i>	10	41,7	12
	<i>Acacia nilotica</i>	09	37,5	
	<i>Acacia seyal</i>	03	12,5	
	<i>Piliostigma reticulatum</i>	02	8,3	
	Total	24	100,0	

Source : Résultats du traitement des données de terrain en 2015.

La lecture du tableau n°3 ci-dessus montre que le recouvrement de la galerie forestière est plus dense (60 %) que la steppe arbustive (7 %).

L'analyse du tableau fait ressortir que les espèces ligneuses rencontrées dans la galerie forestière sont *Combretum ghasalense*, *Guiera senegalensis*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*. S'agissant de la steppe arbustive dense, les espèces présentes sont : *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum*.

Les espèces ligneuses recensées au niveau de la steppe arbustive sont : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Acacia Senegal*, *Acacia seyal*. Celles rencontrées dans les zones de culture et jachères sont : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal* et *Piliostigma reticulatum*.

La strate ligneuse est dominée essentiellement par des combrétacées et des acacias. Cette unité est destinée exclusivement aux pâturages.



Photo 1 : Galerie forestière



Photo 2 : Steppe arbustive dense



Photo 3 : Steppe arbustive dégradée



Photo 4 : Zone de culture

IV. DISCUSSION

4.1 Occupation du paysage de 1974 à 2014

Les superficies de la steppe arbustive dense et de la galerie forestière ont enregistré une diminution respectivement de 29338 ha et de 710 ha.

Il se dégage que le cercle de Yélimané est sous l'emprise constante d'une forte pression agricole et pastorale. Ce phénomène a conduit à la régression des galeries forestières au profit de l'unité d'occupation « cultures et jachères » ; ces galeries étant localisées uniquement le long des chenaux d'alimentation des cours d'eau (Cartes 1 et 2 et des zones de décrue font l'objet de pression intense.

En effet, selon (PNAE/PAN-CID, 1998 ; Atlas, 1980), avant les sécheresses de 1973-1974, la pluviométrie était assez bonne et les actions anthropiques étaient insignifiantes (faible densité de la population humaine et du cheptel) pour permettre l'installation et le maintien des formations forestières. Ces facteurs se sont progressivement détériorés (baisse de la pluviométrie et augmentation de la pression humaine et animale) jusqu'en 2014 et



sont à l'origine de la dynamique de l'occupation des sols dans le cercle de Yélimané.

Les steppes arbustives denses et les forêts galeries du sahel occidental en général et de la zone de Yélimané en particulier sont les lieux de prédilection des éleveurs, en majorité Peule et maure. Quand ceux-ci font paître leurs troupeaux, surtout pendant la saison sèche, et qu'ils exploitent le pâturage aérien ou parfois pratiquent des feux tardifs, ils se soucient peu des effets négatifs de ces pratiques sur la régénération de la végétation. Il est certain que ces pratiques freinent la régénération de la fertilité des jachères.

[El Hadraoui, 2013 ; Akognongbe et al, 2014] ont également montré qu'en plus de la péjoration climatique, l'homme constitue la source de la diminution des formations végétales à travers ses pratiques inadaptées sur les versants (déboisement, défrichement, incendies et surpâturages, etc).

Les résultats des travaux de [Avakoudjo et al, 2014 ; Orekan, 2007 et Mama et al, 2013] ont également démontré une régression continue des formations forestières au profit des champs et jachères.

4.2. Caractéristiques des unités de paysage

La plupart des études ont montré que la dégradation poussée des écosystèmes sahéliens est due aux effets néfastes des changements climatiques (Hunt et al., 1998, Harrison et al., 2008).

En effet, les sécheresses les plus sévères qui ont sévi au Sahel dans les années 1970 et 1980 ont provoqué une très forte mortalité du cheptel et des arbres, une diminution de la production céréalière ayant entraîné la migration des populations. Selon Yossi et al, (2008), les effets conjugués de la sécheresse et des actions anthropiques néfastes ont entraîné la réduction généralisée du couvert végétal et la dégradation des terres dans le Sahel.

La zone de Yélimané se caractérise par une pluviométrie faible et irrégulière, un ensoleillement excessif favorisant le dessèchement brutal du sol.

La végétation est du domaine des steppes caractérisées par la prédominance de *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum laetum*, *Andropogon pseudapricus* pour les herbacées.

La biomasse potentielle varie de 1200 Kg/ha dans la steppe arbustive à 3150 Kg/ha au niveau de la galerie forestière. La faible production de biomasse explique combien la steppe arbustive est dégradée, car fortement soumise non seulement à une faible pluviométrie, mais aussi à une pâture permanente. Les investigations ont montré qu'en plus des changements climatiques, les mauvaises pratiques agricoles, l'élevage transhumant, les feux de brousse, l'exploitation anarchique de bois constituent également des facteurs de dégradation de l'environnement.

Jadis, la disponibilité des ressources forestières parvenait à couvrir les besoins domestiques des populations (bois de feu, bois de service, produits forestiers non ligneux, produits phytosanitaires, etc).

Les formations ligneuses de l'ensemble du Mali connaissent un déclin continu du fait des facteurs climatiques (sécheresse), des pratiques agricoles, de l'exploitation anarchique à des fins énergétiques (bois et charbon de bois) et du surpâturage.

La diminution du couvert végétal ligneux et herbacé ou même sa disparition a occasionné en certains endroits la dénudation et la fragilisation du sol. Cela a engendré plusieurs conséquences notamment la formation des croûtes superficielles, le manque d'infiltration, la baisse progressive du niveau de la nappe phréatique, la diminution de la diversité biologique ; l'accroissement de la transhumance et le développement des conflits entre les différents acteurs exploitants les ressources naturelles (Rajot *et al.*, 2003).

V. CONCLUSION

L'étude ainsi réalisée a permis d'identifier et de caractériser les unités de paysage de Yélimané et d'évaluer les ressources fourragères herbacées.

La dynamique de l'occupation du sol a mis en évidence une évolution des superficies des différentes unités en 40 ans.

En effet, une régression notoire des superficies a été observée au niveau des galeries forestières 0,13 %. Les galeries sont localisées uniquement le long des chenaux d'alimentation des cours d'eau ; ce qui explique l'intensification de la culture de décrue au niveau de cette unité.

La steppe arbustive dense est passée de 96409 ha à 67071 ha soit une régression de 5,10%. Parallèlement, les superficies des cultures et jachères et de la steppe arbustive dégradée ont connu une progression respectivement de 4,53 % et de 0,70 %. La productivité de la végétation herbacée varie de 1200 Kg/ha au niveau de la steppe arbustive dégradée à 3150 Kg/ha dans la galerie forestière.

Des stratégies doivent être développées pour mieux intégrer l'arbre dans les systèmes agraires afin de contribuer à la gestion durable des terres et des eaux dans un contexte des changements climatiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier NORAGRIC et l'IER à travers le projet ACC pour avoir entièrement financé cette recherche dans le cadre de notre thèse.

REFERENCES

1. Atlas, 1980
2. Akognongbe A., Abdoulaye D., Vissin W. et Boko M. 2014, *Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou*. Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en eau et de la Dynamique des Ecosystèmes. Université d'Abomey-Calavi. BP 1338, Abomey-Calavi, Bénin. In *Afrique SCIENCE* 228 - 242 ISSN 1813-548X.



3. Avakoudjo J., Mama A., Toko I., Kindomihou V. et Sinsin B., 2014, "Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (6) 2608 – 2625
4. Ballo A., Traoré SS., Coulibaly B., Diakité CH., Diawara M., Traoré A., et Dembélé S., 2016, *Pressions Anthropiques Et Dynamique D'occupation Des Terres Dans Le Terroir De Ziguéna, Zone Cotonnière Du Mali*, European Scientific Journal February 2016 edition vol.12, No.5, pp 90-99.
5. Diwediga B., Hounkpe K., Wala K., Batawila K., Taton T. et Akpagana K., 2012, "Agriculture de contre saison sur les berges de l'Oti et ses affluents", *African Crop Science Journal*, vol. 20, Issue Supplement, 613 - 624
6. El Hadraoui, Y. 2013, *Étude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg à partir des données de l'Observation de la Terre. CNAM. ÉSGT. Maroc. 89 p.*
7. Harrison R. M. Thorpe A., 2008. *Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic*. Division of Environmental Health & Risk Management, School of Geography, Earth & Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Science of the total environment 400 (2008) 270 – 282 Birmingham B15 2TT, United Kingdom
8. Hountondji Y.C., 2008, *Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal*. Thèse de Doctorat. Université de Liège. 153 p.
9. Hunt L. A., Kuchar L. et Swanton C. J., 1998. Estimation of solar radiation for use in crop modelling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 145 p.
10. Kelly V. 2007, *Guide méthodologique pour les études sur les impacts de la gestion des ressources naturelles*. Document USAID, IRG, Washington DC.
11. Keita M. 2017 : *Les changements climatiques, la dégradation des berges et les techniques de protection des berges des chenaux d'alimentation du Système de production de décrue à Yélimané*. Thèse de Doctorat, ISFRA, Bamako, Novembre 2017, 100 p.
12. Levang P., 1978, *Biomasse herbacée de formations sahéliennes. Etude méthodologique et application du bassin versant de la mare d'Oursi*. DGRST/ORSTOM, ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan, 34 p. + annexes.
13. Mama A., Sinsin B., De Caniere C. et Bogaert J., 2013, "Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin", *Tropicultura*, 31 (1) 78 – 88
14. Ouoba A. P. 2013, *Changements Climatiques, Dynamique de la Végétation et Perception Paysanne dans le Sahel Burkinabé*. Thèse de doctorat unique. Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 305 p.
15. Orekan V. A., 2007, "Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection", Thèse de doctorat de Géographie, Université de Bonn, Bonn, Suisse, 204 p.
16. PNAE/PAN-CID, 1998
17. Rajot J.L., Karambiri H., Ribolzi O., Planchon O., Thiebaut J.L. 2009. Interaction entre érosions hydrique et éolienne sur sols sableux pâturés au Sahel : cas du bassin-versant de Katchari au nord du Burkina Faso. *Sciences et Changements Planétaires/Sécheresse*. Volume 20, Numéro 1, janvier-février-mars 2009 : Eau et zones arides
18. Yossi H., Sanogo Z. J. L., Diakité C.H., Kergna A.O., Ouattara S. et Soumaré S., 2008, *Impacts des investissements dans la Gestion des ressources naturelles au Mali*. Etude Sahel. IER. Ministère de l'Agriculture. Bamako, Septembre 2008. 20 p.



Intégration Élevage-Agriculture au Sahel: évaluation de l'effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur la productivité des sols et des cultures de mil dans la région de Mopti

Traoré Boureima¹, Maguiraga Rokia³ et Maiga M. Sidida.²

¹Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali

²Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako

³Ministère de l'Élevage et de la Pêche,

E-mail : boureimatraore@gmail.com; pamaiga@yahoo.fr; pamaiga@yahoo.fr

RÉSUMÉ : L'utilisation de la fumure organique (fumier, poudrette de parc) est une pratique traditionnelle dans les pays du Sahel. Avec la disparition des friches, le rôle de la fumure organique dans la restitution des aptitudes productives devient de plus en plus important (Ganry, 1985; Kleene, 1989 ; Kébé, 1989 ; Landais., 1990 ; Angé, 1990). La gestion des troupeaux des exploitations et des résidus de récolte permet une production de fumier au niveau exploitation ou des parcs communs. Des tas de fumiers sont souvent déposés dans les champs avant l'hivernage par les exploitants. Cette étude a pour objectif de contribuer à la lutte contre la baisse de la fertilité des sols par la pratique de gestion des amendements organiques basés sur l'application de fumier de bovins et de petits ruminants aux champs à différentes doses dans la région de Mopti. Les tests de fertilisation de sol de 2005 à 2007 a permis d'obtenir un accroissement des rendements grain et paille, et une amélioration de la fertilité du sol. Ainsi : avec $2t.ha^{-1}.an^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant on obtient un surplus de production en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3%, et une baisse du pH du sol de 5,09% par rapport au témoin en deuxième année. En cas de déficit pluviométrique, la réduction de la production peut atteindre 30% par rapport au témoin. Avec, l'apport de $5t.ha^{-1}.3ans^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant, le surplus de production en grain de mil par rapport au témoin varie de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et de la valeur du pH du sol de 5,6% en deuxième année pour une bonne pluviométrie. Compte tenu du caractère aléatoire de la pluviométrie, l'application de $2t.ha^{-1}.an^{-1}$ de fumier est préférable à celle de $5t.ha^{-1}.3ans^{-1}$ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier. La technique a l'avantage de diminuer les conflits fréquents entre Agriculteurs et éleveurs et d'améliorer leur pouvoir économique.

Mots clés : Fumier, petits ruminants, bovins, production, sol.

I. INTRODUCTION

L'utilisation de la fumure organique (fumier, poudrette de parc) est une pratique traditionnelle dans les pays du Sahel. Avec la disparition des friches, le rôle de la fumure organique dans la restitution des aptitudes productives devient de plus en plus important (Ganry, 1985; Kleene, 1989 ; Kébé, 1989 ; Landais., 1990 ; Angé, 1990). La gestion des troupeaux des exploitations et des résidus de récolte permet une production de fumier au niveau exploitation ou des parcs communs. Des tas de fumiers sont souvent déposés dans les champs avant l'hivernage par les exploitants.

Selon Dinechin, 1969 cité par Kébé, (1989), la production annuelle d'un bœuf zébu est de l'ordre de 5 tonnes de fumier de ferme en station et stabulations entravées, mais cette production baisse à 2 tonnes par tête en conditions de stabulation libre. Dans le même ordre d'idée, Landais, 1990 indique que les quantités de matière sèche et de matière organique excrétées dans les fèces dépendent des quantités ingérées et de la digestibilité des aliments, ces

quantités excrétées peuvent varier très largement au cours du temps et la norme souvent utilisée de 1 kg de matière sèche (MS) fécale par 100kg de poids vif et par jour n'en représente qu'une approximation assez grossière.

La principale conclusion tirée des expériences sur les effets du fumier, a été que, au moins sur les terres sablonneuses, il peut y avoir un lessivage considérable des éléments nutritifs si bien que l'application de 10 t/ha de fumier de bovins, n'est pas nécessaire chaque année à cause des pertes élevées en éléments nutritifs. Pour réduire les pertes dues au lessivage, il serait plus efficace d'appliquer de petites quantités de fumier plus fréquemment, plutôt que de grandes quantités pour une longue durée. Cette quantité plus petite et appropriée dépend de chaque terrain individuellement pris (Brouwer et Pouma, 1997).

Les animaux peuvent déposer les fèces et les urines directement au champ. Selon Brouwer et al. 1997, l'effet du fumier et de l'urine de mouton semble être indépendant de la position topographique de la



parcelle. Sur les pentes concaves et convexes, 2,8 t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier et d'urine, déposés par des moutons parqués sur le site pendant une nuit ont donné une excellente production de mil (800kg.ha⁻¹). Ainsi, dans la régénération de la fertilité des sols la fertilisation organique est d'une importance capitale. En zone semi-aride du Mali, les paysans ont conscience de cet état de fait et par conséquent établissent des contrats de fumure avec les conducteurs ou bergers des troupeaux transhumants pour la fertilisation des champs de cultures.

Comme l'indique Poulain (1980) (cité par Bationo et al., 1991 et Camara., 1996), le recyclage des résidus de récolte dans les pays en développement est important du fait que les quantités de nutriments qu'ils contiennent sont sept à huit fois plus élevées que celles apportées par l'application des engrais. En plus, les résidus de récolte contiennent des éléments nutritifs absents dans les traditionnelles formules d'engrais NPK (Pichot., 1981). Dans certaines communes comme celle de Madiama, il y a peu d'espace pour la production fourragère à cause de la pression sur la terre en vue de la production alimentaire. Les résidus de récolte devront alors jouer un grand rôle dans l'alimentation du cheptel. Ainsi une intensification de la production agricole permet de produire des résidus de récolte et sous-produits de bonne qualité pour l'amélioration de l'élevage et la lutte contre la dégradation de l'environnement (Bremen., 1987). La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de la fumure animale (de caprins, des ovins et des bovins) sur la productivité des sols et des cultures dans la région de Mopti en zone sahélienne du Mali.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

L'étude a été menée dans la région de Mopti. Les sites retenus ont été le village de Koporo-pen dans la Commune de Koporo-pen, dans la zone agro écologique du Séno, le village de Tougoumé, dans la Commune rurale de Docoumbo sur le Plateau Dogon, et dans le village de Madiama, à la Commune de Madiama, dans la zone du Delta au niveau des champs de brousse. Ces trois sites ont été choisis parce qu'ils sont à la fois représentatifs des trois zones agro écologiques de la région de Mopti et qu'ils sont accessibles. Le Séno correspond à un fossé d'effondrement entre le Plateau Mossi et le Plateau Dogon. Les plaines sont constituées de sable et de grès argileux coiffés d'une dalle cuirassée. Le Séno est dominé au sud par des bancs de collines et au nord par des cordons de dunes. L'ensemble du Séno est assez contrasté du point de vue type de sol ; on y distingue essentiellement trois types de sols : les sols légers sableux (50 %), les sols lourds argilo limoneux (35 %) et les sols limoneux sableux (15 %) (DRSPR, 1992).

Comme le reste du Plateau Dogon, la Commune Rurale de Docoumbo est caractérisée par un relief

très accidenté, composé d'un massif de 600 m d'altitude entouré de zones basses. Il s'agit de grès siliceux, caractérisés par une grande hétérogénéité. On observe çà et là des collines et des étendues rocailleuses constituées d'un empilement de bancs gréseux. La situation géomorphologique de la commune justifie la rareté des sols de culture, qui ne représentent que 22 % de la superficie totale du cercle, le reste étant occupé par des affleurements rocheux. Les terres sont dégradées à cause de l'insuffisance de couvert végétal et à cause des eaux de ruissellement (DRSPR, 1992).

La commune de Madiama est située dans le Delta Central du Fleuve Niger dans le bassin sédimentaire du moyen Bani, qui a été comblé par les alluvions du quaternaire. Les oscillations du niveau marin et les variations climatiques pendant le quaternaire ont provoqué plusieurs phases de creusement fluvial et d'alluvionnement qui ont donné des dépôts très variés par leur granulométrie et leur position topographique. Selon les travaux de Badini, 2001, la série texturale des types de sol des unités morpho pédologiques répertoriées comprend : sable, sable limoneux, limon gravillonnaire, limon sableux, limon, limon argileux et argile.

Le climat de la région est de type sahélien, il présente une saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une saison pluvieuse de juin à septembre. La pluviométrie a été en moyenne de 468 mm de 1977 à 2005, avec un minimum de 273 mm reçu en 2002 et un maximum de 643 mm en 1999 (Traoré et al., 2002). Il est caractérisé par une température moyenne annuelle de 29,1°C avec un maximum aux mois d'avril et de mai et un minimum au mois de janvier ; par une humidité relative annuelle moyenne de 44 % dont le maximum se situe aux mois d'août, septembre, octobre et le minimum aux mois de janvier, mars, avril ; par un ensoleillement minimal de six heures par jour en juillet, qui augmente pour atteindre son maximum en février avec 8 heures par jour et par saison pluvieuse (Traoré et al., 2002).

2.2. Méthodes

Le choix des paysans collaborateurs a été le principe directeur dans la conduite des tests. Il a été fait en assemblée villageoise en juin 2005 en présence des agents du service d'encadrement technique local et de quelques membres de la Commission Régionale des Utilisateurs des Résultats de la Recherche (CRU). Les critères de ce choix ont été focalisés surtout sur la volonté, la disponibilité du producteur et l'accessibilité de la parcelle de test.

Le dispositif expérimental était le bloc de Fisher à **5 traitements en 4 répétitions par zone agroécologique**. La superficie de la parcelle élémentaire était de 150 m².

En première année, le traitement T₀ est une culture continue de mil sans aucun apport d'engrais. Le T₁ et le T₂ ont reçu respectivement : 2t.ha⁻¹.an⁻¹ et 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier de bovins par parcelle élémentaire



pendant le labour. Les traitements T₃ et T₄ ont reçu respectivement une dose de 2t.ha⁻¹an⁻¹ et 5t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de petits ruminants, soit 30 kg par parcelle élémentaire pendant le labour. En deuxième et troisième années les traitements qui ont reçu 2t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de Bovin et de Petits Ruminants ont été reconduits avec le même apport. Par contre les traitements qui ont reçu 5t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de Bovin et de Petits Ruminants ont été reconduits sans aucun autre apport.

A la maturité, le mil a été récolté suivant les traitements en utilisant les carrés de rendement de 16 m². Les tiges et les épis ont été récoltés, séchés au soleil pendant deux semaines, puis pesés afin de déterminer le poids grain et paille par parcelle élémentaire.

La détermination du Carbone organique du sol (Méthode Anne modifiée) a été réalisée à partir du principe suivant : le carbone dans le sol est oxydé par un mélange de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. L'excès de K₂Cr₂O₇ éliminé par une solution contenant le Fe²⁺ (sous la forme de sel de Mohr ou de sulfate de fer). L'acide phosphorique est utilisé pour complexer l'ion Fe afin d'obtenir un point de virage plus distinct. La différence en meq. Fe utilisé pour l'échantillon et pour l'essai à blanc permet de calculer le contenu de carbone dans le sol. Des analyses élémentaires ont montré que 97 % du carbone dans le sol sont oxydés de cette façon. Le pourcentage de matière organique dans le sol peut être calculé sur la base du taux de carbone suivant la formule ci-dessous (Nelson et Sommers, 1982). % C = 0,24 x (ab) x (13/V) / g Où a = volume versé pour le blanc b = volume versé pour l'échantillon. V = volume versé pour le contrôle de la solution de Fe G = poids de l'échantillon % MO = 1,72 x % C Précision 0,01 près. Le calcul des moyennes des taux d'éléments du sol, et les analyses de la variance pour les rendements ont été effectués pour déterminer la différence entre les effets des traitements et le test de

Duncan a été utilisé pour séparer les moyennes des différents traitements. Des enquêtes sur les différents marchés ont été réalisées afin de faire une l'évaluation économique des différentes techniques.

III. RESULTATS

3.1. Effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur le sol.

• Effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur le taux de N, P₂O₅ et K₂O du sol dans la commune rurale de Koporo pen.

Le Tableau 1 montre la variation des taux de N, P₂O₅ et K₂O du sol après récolte suivant les itinéraires techniques. Les analyses chimiques du sol en première année ont montré un taux d'azote très faible dans l'ensemble, qui a connu un accroissement par rapport au T₀ variant de 11% à 44%. En deuxième année, l'accroissement du taux d'azote des différents traitements par rapport au T₀ était compris entre 0 et 14,2%. Mais en troisième année, le taux d'azote dans le T₁ et le T₂ a baissé par rapport à celui du T₀. Par contre, le taux d'azote a connu un accroissement de 5% par rapport au T₀ dans les traitements T₃ et T₄.

La quantité de P₂O₅ n'a pas connu d'augmentation par rapport au T₀ dans le sol pour tous les traitements en première année. De même en deuxième année, la quantité de P₂O₅ n'a pas connu d'augmentation par rapport au T₀ dans le sol avec le T₁ et le T₃. Le taux de P₂O₅ a connu une légère augmentation par rapport au T₀ de 7%(2,8ppm) avec les traitements T₂ et T₄. Mais en troisième année, la quantité de P₂O₅ a connu un accroissement de 8,4%(4,3ppm) avec le T₁. Tandis que cette quantité n'a pas connu de variation importante dans le sol pour les autres traitements par rapport à celle du T₀.

En première et deuxième année, la quantité de K₂O total est importante dans l'ensemble des traitements. En troisième année, cette quantité dans le T₁ n'a montré aucune augmentation par rapport au T₀.

Tableau 1. Variation des taux en N, P₂O₅ et K₂O du sol suivant les itinéraires techniques après récolte dans la commune rurale de Koporo pen.

Itinéraires Techniques Eléments fertilisants	Années	Mil (témoin) T ₀	Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Bovins T ₁	Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Bovins T ₂	Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Petit Ruminant T ₃	Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Petit Ruminant T ₄
		0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40
N total %	2005	0,009	0,010	0,012	0,013	0,013
	2006	0,021	0,020	0,022	0,024	0,021
	2007	0,020	0,019	0,019	0,021	0,021
P ₂ O ₅ total (P) ppm	2005	48,7	48,7	48,7	48,7	41,2
	2006	39,3	39,3	42,1	39,3	42,1
	2007	50,9	55,2	50,9	42,5	50,9
K ₂ O total (K) ppm	2005	587,0	663,5	561,5	535,9	515,1
	2006	324	344	383	342	353
	2007	316,8	306,5	344,4	330,6	337,5



(Source : analyse des sols : BUNASOL 2005, 2006, 2007)

- **Effet de l'apport du fumier de bovins et de petits ruminants sur le taux de carbone total et de matière organique totale du sol dans la commune rurale de Koporo pen (fig 1).**

Les analyses chimiques du sol après la deuxième année de culture ont montré un accroissement du taux de carbone dans le sol par rapport au T₀ de 8,26% avec le traitement T₁, de 7% avec le T₂, de 4,13% avec le T₃, et de 2,4% avec le T₄ (Figure 1). Le rapport C/N est de 13 pour le traitement T₁, ce rapport baisse et prend la valeur 12 pour les

traitements T₂ et T₄. Il est le plus bas, soit 11 pour le T₃. La matière organique connaît également une augmentation dans le sol comme le carbone. La matière organique totale est plus élevée dans les traitements à fumier de bovins. En troisième année, le taux de carbone du sol a connu une baisse pour l'ensemble des traitements par rapport à la deuxième année. Le traitement T₂ a montré le plus bas niveau en matière organique comparé au traitement T₀ (sans fertilisant). Le rapport C/N a été de 13 pour le traitement T₁, 11 pour le T₂ et le T₄, ce qui pourrait s'expliquer par une forte minéralisation.

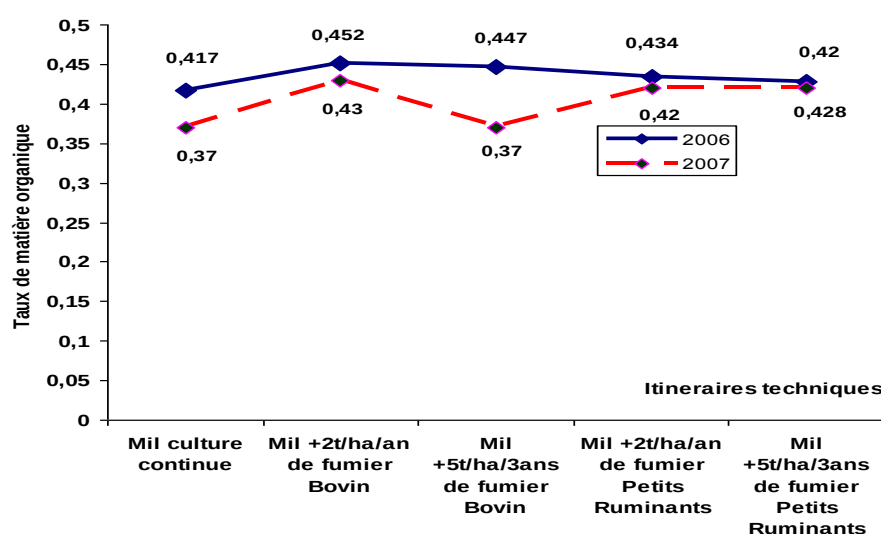


Figure 1. Variation du taux de matière organique du sol suivant les itinéraires techniques dans la commune rurale de Koporo pen.

- **Effet de l'apport du fumier de bovins et de petits ruminants sur le pH du sol dans la commune rurale de Koporo pen (Fig 2).**

Les analyses chimiques des échantillons de sol après la deuxième année révèlent (Figure 2) que le pH du sol n'a pas connu une variation importante pour l'ensemble des traitements pour lesquels il reste acide (Figure 18). Cependant les traitements avec le fumier de bovins ont été plus acides. La valeur du pH a augmenté de 5,09% avec le T₁, et de 4,10% avec le T₂. La valeur du pH a diminué de 0,9% avec le T₃ et de 3,28% avec le T₄. Ces différences s'expliqueraient par une minéralisation plus rapide du fumier de bovins par rapport au fumier de petits ruminants. Après la troisième année, l'acidité du sol a augmenté dans l'ensemble des traitements, et elle a été plus élevée dans les traitements de fumier de bovins. Cette baisse de la valeur du pH (augmentation de l'acidité du milieu) serait due à la

minéralisation de la matière organique (baisse du taux de carbone du sol).

- **Effet de l'apport du fumier de parc sur le rendement moyen du mil dans les communes rurales étudiées (tableau 2).**

En effet, avec une bonne pluviométrie, l'application de 2t.ha⁻¹an⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et de une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. Dans le cas de déficit pluviométrique, les déficits de production peuvent atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. L'apport d'une dose unique de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant, permet d'obtenir un taux d'amélioration



du rendement grain de mil par rapport au témoin variant de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Avec un risque de perte de 62% en pluviométrie

déficitaire. Compte tenu du caractère aléatoire des pluies, l'application de $2t.ha^{-1}.an^{-1}$ de fumier conviendrait mieux que celle de $5t.ha^{-1}.3ans^{-1}$ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier.

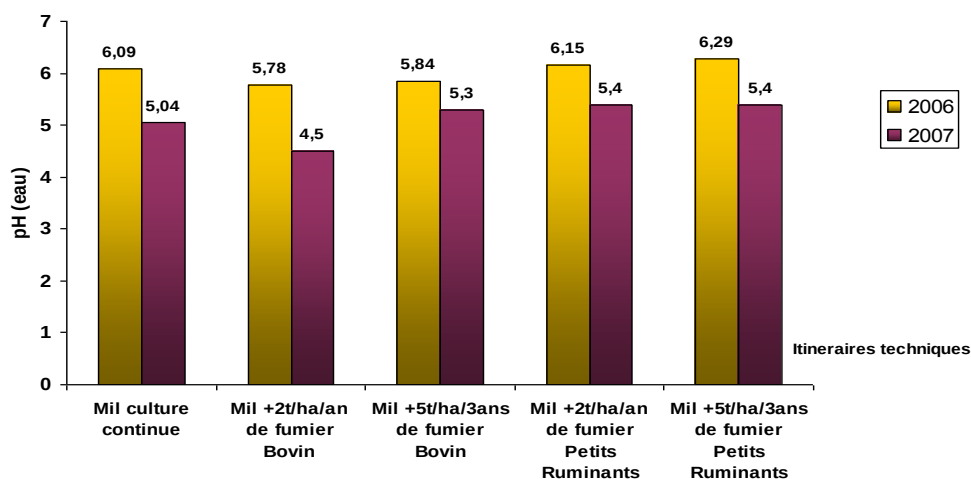


Figure 2. Variation du pH eau du sol suivant les itinéraires techniques en 2006 et 2007 dans la commune rurale de Koporo pen.



Tableau 2. Indicateurs de production après apport du fumier de bovins et de petits ruminants dans les communes rurales étudiées

Communes	Indicateurs	Années	Mil (témoin)		Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Bovins		Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Bovins		Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Petits ruminants		Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Petits Ruminants	
			T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
			Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille
Koporo pen	Rendement moyen (kg/ha)	2005	825	5950	820(ns)	5550(ns)	940(ns)	6650(ns)	830(ns)	5450(ns)	930(ns)	5950(ns)
		2006	710	2265	1150(ns)	4100(ns)	965(ns)	2950(ns)	1225(ns)	4200(ns)	890(ns)	2900(ns)
		2007	559	2043	855(ns)	3169(ns)	712(ns)	2822(ns)	986(ns)	3328(ns)	784(ns)	2894(ns)
	Coût total de Production	2005	27 835	-	80 645	-	195 165	-	97 845	-	154 455	-
		2006	25 515	-	84 115	-	30 350	-	102 150	-	30 655	-
		2007	23 552	-	80 280	-	27 061	-	99 043	-	29 277	-
	Bénéfices /Pertes	2005	87 665	-	34 155	-	-63 565	-	18 355	-	-24 255	-
		2006	66 785	-	65 385	-	95 100	-	57 100	-	85 045	-
		2007	49 118	-	30 870	-	65 499	-	29 137	-	72 643	-
Madiama	Rendement moyen kg/ha)	2005	520(ns)	4270**	800(ns)	3820**	710(ns)	4980**	840(ns)	3850**	870(ns)	7390**
		2006	660**	2950**	1 410**	5850**	1 970**	8050**	1 840**	5220**	1 920**	8200**
		2007	680*	3900(ns)	1160*	4890(ns)	1300*	4700(ns)	1340*	5300(ns)	1180*	4100(ns)
	Coût total de production	2005	23 565	-	80 365	-	191 945	-	97 985	-	153 615	-
		2006	25 525	-	88 905	-	45 385	-	111 985	-	45 965	-
		2007	25 805	-	85 405	-	36 005	-	104 985	-	35 605	-
	Bénéfices Pertes	2005	49 235	-	31 635	-	-92 545	-	19 615	-	-31 815	-
		2006	66 875	-	108 495	-	230 415	-	145 615	-	222 835	-
		2007	69 395	-	76 995	-	145 995	-	82 615	-	129 595	-
Doucombo	Rendement moyen (kg/ha)	2005	600	5 066	427*	5 800*	227*	2 053*	400*	4 400*	460*	3 466*
		2006	1 053	2 466	1 800**	3 966*	1 306**	3 433*	1 853**	4 033*	1 466**	3 500*
		2007	787	1967	1 433*	3 767*	1 167*	3 367*	1 573*	4 400*	1 227*	3 833*
	Coût total de production	2005	23 565	-	80 365	-	191 945	-	97 985	-	153 615	-
		2006	25 525	-	88 905	-	45 385	-	111 985	-	45 965	-
		2007	25 805	-	85 405	-	36 005	-	104 985	-	35 605	-
	Bénéfices Pertes	2005	49 235	-	31 635	-	-92 545	-	19 615	-	-31 815	-
		2006	66 875	-	108 495	-	230 415	-	145 615	-	222 835	-
		2007	69 395	-	76 995	-	145 995	-	82 615	-	129 595	-

*: Significatif ; **: très significatif ; ns : non significatif

(Source : tests en milieu paysan)

3.3. Évaluation des techniques

Pour l'évaluation des différentes techniques le temps de travail, prix (FCFA), les quantités (kg/ha) des intrants et produits agricoles ont été calculés. Ainsi, le Tableau 3 indique le nombre d'hommes qui travaillent par jour (homme/jour) pour les différents travaux. Il a été estimé à partir du nombre de travailleurs impliqués pour l'installation du test chez

un paysan. Les valeurs obtenues ont été ramenées à l'hectare. Ainsi, de nombreuses investigations ont été faites sur le terrain auprès des techniciens et des paysans pour aboutir à des données supposées raisonnables d'homme/jours par tâche. Quant au travail concernant la récolte, il a été évalué à 10% de la valeur de la production.

Tableau 3. Nombre d'hommes par jours et par hectare

Activités	Mil	Niébé
Labour (tous les ans)	2	2
Semis (tous les ans)	1	1
Sarclage 1 (tous les ans)	3,75	4
Sarclage 2 (tous les ans)	2,25	1
Epannage 2T de fumure organique (tous les ans)	2	-
Epannage 5T de fumure organique (1 ^{re} année)	3	-

(Source : enquête exploitations 2005)

Les prix de vente du mil, du niébé au producteur varient d'une année à l'autre et dans la même année les prix varient d'une période à l'autre. Ils sont les plus bas, juste après les récoltes et montent progressivement pour atteindre le maximum vers le début de la campagne agricole suivante. Les investigations sur les marchés des différents sites ont permis de retenir le prix moyen de vente du mil à 140FCFA.kg⁻¹ dans le Delta Central du Niger sur les

trois ans et dans le Séno en première année, le prix moyen de 130FCFA.kg⁻¹ sur le Plateau Dogon durant les trois ans et les deux dernières années pour le Séno. Le prix moyen de vente de grains de niébé utilisé dans nos évaluations a été de 300FCFA et celui des fanes 125FCFA pour l'ensemble des sites. Les prix des engrais, les quantités recommandées et la valeur du fumier sont indiqués dans les Tableaux 3, 4 et 5.

Tableau 4. Prix (FCFA) du mil, du niébé, des intrants et quantité (Kg/ha) d'intrants.

Produits et intrants	Unité	Prix en FCFA	Quantité d'intrants par hectare
Mil (semence)	kg	225	5kg.ha ⁻¹
Fumier de bovins	kg	22,32	2 et 5 t.ha ⁻¹
Fumier de petits ruminants	kg	30,69	2 et 5 t.ha ⁻¹
Fumier recommandé	kg	26,50	10 à 15t.ha ⁻¹
Labour	½ ha	4000	
Transport fumier	kg	250	
Autre main d'œuvre	h/jour	750	

(Source : enquête exploitations 2005)

Tableau 5. Valeur (FCFA) du fumier calculé à partir de son taux en éléments, du coefficient (Kg engrais / Kg élément), du taux d'engrais dans le fumier et du prix engrais (FCFA.kg⁻¹)

Engrais	% de l'élément dans le fumier	Coefficient (Kg engrais / Kg élément)	% engrais dans le fumier	Prix engrais (FCFA.kg ⁻¹)	Valeur du fumier (FCFA.kg ⁻¹)
Fumier bovin					
Kg. N	0,980	2,18	0,021	310	6,51
Kg. P ₂ O ₅	0,580	2,27	0,013	310	4,03
Kg. K ₂ O	1,680	2,27	0,038	310	11,78
					22,32
Fumier petit ruminant					
Kg. N	1,250	2,18	0,027	310	8,37



Kg. P ₂ O ₅	0,830	2,27	0,018	310	5,58
Kg. K ₂ O	2,400	2,27	0,054	310	16,74
					30,69

(Source : enquête exploitations 2005)

IV. DISCUSSIONS

L'apport du fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses dans la fertilisation du mil sur trois ans de test aux champs a permis d'obtenir des rendements moyens grain et paille supérieurs à ceux de la culture continue de mil. Les applications du fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses permettent également d'améliorer la qualité des grains et paille en azote et en phosphore par rapport au témoin. Les résultats des itinéraires techniques testés au champ confirment ceux des études conduites dans les stations de recherche en Afrique, qui ont montré des effets bénéfiques du fumier sur les rendements des cultures et les propriétés physiques et chimiques du sol (Bationo, 1998). En effet, avec une bonne pluviométrie, l'application de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et de une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. Dans le cas de déficit pluviométrique, les déficits de production peuvent atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. L'apport d'une dose unique de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant, permet d'obtenir un taux d'amélioration du rendement grain de mil par rapport au témoin variant de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Avec un risque de perte de 62% en pluviométrie déficitaire

Compte tenu du caractère aléatoire des pluies, l'application de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier conviendrait mieux que celle de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier. Cette conclusion est la même que celle tirée des résultats des expériences sur les effets du fumier sur les terres sablonneuses par Brouwer *et al.*, 1997 selon lesquels, l'application d'une très grande quantité de fumier de bovins, n'est pas nécessaire chaque année à cause des pertes élevées en éléments nutritifs. Pour réduire les pertes dues au lessivage, il conviendrait d'appliquer de petites quantités de fumier plus fréquemment, plutôt que de grandes quantités moins fréquemment. Face au constat alarmant de dégradation physique et organique des sols, un accroissement de la production de fumure animale apparaît comme l'une des réponses urgentes. « Contrairement à ce que l'on prêche généralement, pour arrêter la dégradation, il ne faut pas diminuer le

nombre de têtes de bétail mais l'augmenter, tout en changeant radicalement le système de conduite » (Bosma *et al.*, 1993). Mais cette optimisation des effets de l'élevage sur le maintien des potentialités édaphiques et sur la régénération du couvert végétal nécessite une intégration par tous les agropasteurs des innovations en cours de vulgarisation sur la conduite des animaux, une augmentation et une meilleure répartition du cheptel entre les paysans (70% des bovins sont actuellement en la possession de moins de 20% des éleveurs). Cependant, l'accroissement de l'apport de fumure animale organique est indispensable mais sera insuffisant pour compenser l'important déficit phospho-potassique du bilan minéral. La fertilisation chimique en phosphore et potassium devrait être intensifiée pour conserver la fertilité des sols. Selon Breman, 1987 l'utilisation du fumier est recommandée chaque fois que cela est possible, et considère qu'à court terme, son emploi ne doit pas exclure celui de la fertilisation chimique.

V. CONCLUSION

Au Mali, les céréales couvrent 80 à 90% des besoins alimentaires de la population. Dans cette zone sahélienne, la mauvaise gestion des terres agricoles et l'inadéquation entre le prix des intrants et celui des cultures vivrières constituent des éléments importants dans la dégradation continue des sols. La réduction, voire l'abandon de la jachère qui était la méthode traditionnelle de restauration de la fertilité du sol a entraîné un appauvrissement rapide des sols en éléments nutritifs et une baisse de la productivité des cultures. Dans la région de Mopti, le mil est l'une des cultures les plus importantes et représente 53% de la production agricole. Au cours de ces trois dernières décennies les rendements sont en baisse suite à la dégradation des sols et aux effets néfastes du climat sur le couvert végétal et les ressources en eau. Il en découle que la région connaît une insécurité alimentaire permanente. La pratique de gestion des amendements organiques basés sur le transport et l'application de fumier de bovins et de petits ruminants aux champs à différentes doses. L'application de fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses dans la fertilisation du mil sur trois ans de test de fertilisation aux champs a permis d'obtenir une augmentation des rendements moyens grain et paille, et une améliorer la qualité des grains et paille en azote, et en phosphore par rapport au témoin. L'apport de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une



augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et d'une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. En cas de déficit pluviométrique, la réduction de production peut atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. Avec, l'apport d'une dose unique de $5\text{t.ha}^{-1} \cdot 3\text{ans}^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant pour une durée de 3ans, le surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin peut varier de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Compte tenu du caractère aléatoire de la pluviométrie, l'application de $2\text{t.ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ de fumier est préférable à celle de $5\text{t.ha}^{-1} \cdot 3\text{ans}^{-1}$ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier. La stratégie serait de transformer les résidus de récolte en compost ou en fumier. L'effort doit porter sur la méthode de gestion des résidus de cultures et du fumier afin de définir des périodes d'application permettant de synchroniser la minéralisation des éléments nutritifs avec les besoins des cultures. Dans la région la plus sèche du Sahel où les résidus de récolte laissés au champ peuvent augmenter les rendements, les options de gestion pourraient viser à accroître la production de la biomasse afin de satisfaire les besoins à la fois des animaux et du sol en résidus de culture.

REFERENCES

- [1] Angé A., 1990. La fertilité des sols et les stratégies paysannes de mise en valeur des ressources naturelles : le mil dans les systèmes de culture du Sud du bassin arachidier sénégalais. 33pages 89-121.
- [2] Badini O., 2001. Agro-climatic assessment (description and analysis) of Madiama Commune in Mopti, Region, Mali (West Africa) (Draft) 102pages.
- [3] Bationo A., Seyni F., Buerkert A.C et Biielders, 1998. Rotation céréale – légumineuse.
- [4] Bationo, A., E. Ayuk et A.U. Mokwunye., 1991. Évaluation à long terme des engrais phosphoriques pour la production du mil à chandelle sur les sols sahéliens sablonneux des tropiques semi-arides de l'Afrique occidentale.
- [5] Pichot J. Sogodogo M.P., Poulain. J.F, Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques, Agronomie tropicale 26 13 pages.
- [6] Powell, J. M., Fernandez-Rivera, S., Hiernaux, P., Turner, M. D. 1996. Nutrient cycling in Integrated Rangeland/Cropland Systems of the Sahel. Agricultural Systems, 32 (2/3), 143-170.
- [7] Bosma R., Bengaly M., Defoer T., 1993. Pour un système durable de production : plus de bétail. Rôle des ruminants au Mali-Sud, dans le maintien du taux de matière organique des sols. In: Séminaire "Elevage et cycle viable des éléments nutritifs dans les systèmes mixtes agriculture élevage de l'Afrique sub-saharienne". CIPEA/ILCA, 22-26 novembre 1993, 14 p.
- [8] Breman H., Traore N., 1987. Analyse des conditions de l'élevage et proposition de politique et de programme. Mali OCDE/CILS Club du Sahel.
- [9] Brouwer J., et Bouma J., 1997. La Variabilité du sol et de la croissance des cultures au Sahel : points saillants de la recherche (1990 - 95) au Centre Sahélien de l'ICRISAT : Bulletin d'information n° 49 : 42pages.
- [10] Camara O.S., 1996. Utilisation des résidus de récolte et du fumier dans le cercle de Koutiala : Bilan des éléments nutritifs et analyse économiques : 136pages
- [11] DRSPR. 1992.. (Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale), Éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en 5ème région. 27pages.
- [12] Ganry F., 1985. Quelques réflexions pratiques sur la valorisation des fumiers et composts en : Atelier sur la recherche agronomique pour le milieu paysan, Nianing, Sénégal du 5 au 11 Mai 1985 Dakar, ISRA pages : 108 -119.
- [13] Kébé. D.,1989. Les relations agriculture-élevage et le devenir des systèmes de production de Fonsébougou, Sud-Mali Mémoire ENSAM, Unik. Montpellier -I 105 pages.
- [14] Kleene P., Sanogo B., Viestra G., 1989. A partir de Fonsébougou....Présentation, Objectifs et méthode du volet de Fonsébougou (1977-1987) Collection Système de Production Rurale au Mali : Volume I.
- [15] Landais E., et al., 1990. Systèmes d'élevage et transfère de fertilité in Savanes d'Afrique, terres fertiles? Montpellier 10 – 14 décembre 1990 p.219.
- [16] Landais E., Lhoste P., Guérin H., 1990. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. In: Savanes d'Afrique terres fertiles ? Actes des rencontres internationales Montpellier, 10-14 décembre 1990, Ministère de la Coopération et du Développement/CIRAD, p. 219-270.
- [16] PTD., 2002. Plan Triennal de Développement 2002 – 2004 Commune rurale de Doucoumbo, Cercle de Bandiagara, région de Mopti Janvier 2002.20 pages.



[17] Traore B., Samake O., Badini O., 2002. Combinaison de l'expression régionale et de la gestion holistique pour la recherche des Alternatives

d'amélioration de la fertilité du sol de la Commune de Madiama 18 Pages.



Caractéristiques structurelles et performances techniques et économiques des exploitations rizicoles de bas-fonds dans la région de Sikasso, Mali

Urbain Dembélé^{1a*}, Siaka Traoré^{1a}, N'Golo Coulibaly^{1a}, Baba Sidibé^{1b} et Fatogoma Sanogo^{1c}

^{1a}Intitut d'Economie Rurale, Equipe Systèmes de Production et Gestion des Ressources Naturelles, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso, Mali

^{1b}Intitut d'Economie Rurale, Programme Riz de bas-fond, Sikasso, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso, Mali

^{1c}Intitut d'Economie Rurale, Délégation Programme Fruits et Légumes, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso, Mali

* Corresponding author's email address: udembele@yahoo.fr

RESUME : Les bas-fonds sont sources de nombreuses productions agricoles dont le riz qui contribuent à la génération de revenus et à la sécurité alimentaire des exploitations agricoles au Mali-sud. Cette étude a pour objectif d'analyser les caractéristiques structurelles et les performances techniques et économiques des exploitations rizicoles dans les bas-fonds. Elle a été réalisée à travers des enquêtes socioéconomiques dans quatre sites de bas-fonds dans la région de Sikasso. Au total 134 exploitations agricoles ont été enquêtées dont 84 % pratiquant la riziculture. La taille moyenne des exploitations est de 26 personnes constituées à 38 % d'actifs âgés de 14 à 60 ans. Un total 307 parcelles rizicoles ont été recensées avec une moyenne de 2,7 parcelles rizicoles par exploitation agricole. Ces parcelles rizicoles sont majoritairement (59 %) exploitées par les femmes, 18 % par les hommes et 23 % exploitées en commun. La superficie moyenne par parcelle rizicole est de 0,785 ha. Toutefois, les parcelles féminines sont de plus petite taille (0,442 ha) que les autres. Les résultats indiquent des niveaux de performance techniques relativement faibles. Cependant, les indicateurs de rentabilité ont montré que la culture du riz est financièrement rentable. L'amélioration des performances des exploitations rizicoles doit s'accompagner par une meilleure facilitation de l'accès aux intrants subventionnés et la sensibilisation aux bonnes pratiques rizicoles.

Mots clés : bas-fond, genre, parcelles rizicoles, rendement, rentabilité économique, Mali-sud.

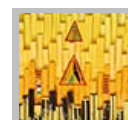
ABSTRACT: Lowlands are the source of a number of agricultural productions such as rice that contribute to income generation and food security for agricultural farms in southern Mali. The objective of this study is to investigate structural characteristics, technical and economic performance of rice farms in the lowlands. It was achieved through socio-economic surveys in four lowland sites in the Sikasso region. A total of 134 farms were surveyed, 84% of which were rice farms. The average size of the farms is 26 persons, 38% of whom are in active age groups between 14 and 60 years old. A total of 307 rice plots were recorded with an average of 2.7 rice plots per farm. These rice plots are mainly (59%) exploited by women, 18% by men and 23% collectively exploited. The average area per rice plot is 0.785 ha. However, the female plots are smaller (0.442 ha) than the others. The results indicate relatively low levels of technical performance. However, profitability indicators have shown that rice cultivation is financially profitable. Improving the performance of rice farms requires better access to subsidized inputs and more awareness of good rice practices.

Keywords: lowland, gender, rice plots, yield, economic profitability, Mali-sud.

I. INTRODUCTION

Au Mali, la riziculture connaît une croissance remarquable depuis deux décennies avec ses systèmes de production rizicole assez diversifiés. Les modes de production rizicole rencontrés peuvent être classés en cinq types : la riziculture avec maîtrise totale de l'eau, la riziculture de submersion contrôlée, la riziculture de submersion libre, la riziculture de bas-fond et la riziculture pluviale. En effet, le riz constitue une filière stratégique pour le développement agricole et la sécurité alimentaire au Mali. La préférence est avant tout portée sur le riz local qui détermine le prix sur le marché national. Cette dynamique est d'autant plus importante qu'elle

valorise les efforts du producteur, génère des emplois et contribue à retenir les populations en zones rurales rizicoles. La forte croissance démographique (3,6 % en moyenne/an) et le changement des habitudes alimentaires (consommation du riz de plus en plus importante dans les zones rurales, etc.) influencent fortement la consommation de riz qui augmente en moyenne de 7,5 % par an depuis 1995 [1]. Ainsi, pour satisfaire ces besoins croissants de la population malienne, le Gouvernement dans le cadre des politiques et stratégies de développement pour le secteur agricole a élaboré et mis en œuvre la stratégie nationale de développement de la riziculture (SNDR) qui vise à



accroître la productivité et la compétitivité de la riziculture.

En 2018/2019 avec une production totale de 3 002 562 tonnes sur une superficie de 790 642 hectares, la riziculture de bas-fonds a occupé environ 21 % des superficies en riz, et a fourni 20 % de la production nationale [2]. On peut en déduire que la riziculture de bas-fonds offre un fort potentiel pour booster la production du riz à l'échelle nationale.

Contrairement au riz irrigué, cultivé dans des exploitations relativement vastes dans un environnement à risque relativement faible et avec un objectif nettement commercial, le riz de bas-fond est cultivé généralement sur des superficies plus petites, dans le cadre d'une gamme de cultures plus diversifiée. Bien que certains surplus soient commercialisés, l'objectif de maximisation des revenus de la vente de riz n'est que secondaire parce que la riziculture de bas-fonds cherche principalement à couvrir les besoins de consommation propre des ménages. Mais il semble que la riziculture de bas-fonds puisse s'étendre considérablement et améliorer les rendements grâce à un meilleur contrôle de l'eau, une meilleure gestion et repiquage du riz, et de meilleures variétés de semences [3].

Les superficies de bas-fonds sont estimées à environ 300 000 ha en zone Mali-sud. L'exploitation de ces bas-fonds mobilise une importante main-d'œuvre majoritairement féminine pour la riziculture, masculine pour l'arboriculture et mixte pour le maraîchage. Les revenus générés par les productions agricoles dans les bas-fonds nécessitent qu'on y accorde une attention particulière. La riziculture de bas-fonds est caractérisée par une grande diversité des situations et des pratiques. Selon le type de bas-fonds, la position topographique de la parcelle, le riz est en submersion temporaire ou permanente due à la remontée de la nappe phréatique, à l'accumulation de l'eau de ruissellement et à la crue de la rivière ou du marigot. Le riz est semé sous régime pluviométrique en début d'hivernage avant l'inondation. Par la suite, l'eau se retire lentement en libérant la parcelle, en général, au moment de la récolte. Cette culture est fortement dépendante de la pluviométrie. Malgré, ces grandes potentialités, les productions agricoles dans les bas-fonds sont confrontées à de nombreuses contraintes aussi bien

techniques que socio-économiques. Au vu des multiples efforts déployés par l'Etat pour booster la production nationale de riz, les informations disponibles sur la riziculture de bas-fond dans la région étaient limitées et fragmentaires.

Cette étude vise donc à fournir un cadre de référence sur la riziculture de bas-fond dans la région de Sikasso, incluant la caractérisation structurelle et les performances techniques et économiques des exploitations rizicoles de bas-fond. L'étude a été réalisée dans le cadre du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO).

II. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite en durant la période de mars à avril 2016 dans trois cercles de la région de Sikasso au Mali.

2.1 Choix des sites

Les sites de l'étude ont été choisis sur la base des résultats des missions exploratoires de terrain réalisées dans trois cercles et de la revue documentaire sur les bas-fonds dans la région de Sikasso.

Les missions exploratoires ont été conduites dans les cercles de Kadiolo, Koutiala et Sikasso. Les critères de choix des bas-fonds ont porté sur le niveau d'intensification, de mise en valeur (exploitation en toute saison) et l'accessibilité. La revue documentaire a été basée sur les résultats du diagnostic régional de mise en valeur des bas-fonds dans le cercle de Sikasso réalisé en 2010 par le projet RAP (Réalisation du Potentiel Agricole des zones de bas-fonds en Afrique subsaharienne tout en maintenant leurs services environnementaux). Ce diagnostic a identifié six types de bas-fonds basés sur les critères de l'intensification de la mise en valeur, les contraintes et les caractéristiques biophysiques [4].

Au terme de la phase exploratoire et de l'exploitation documentaire, ont été retenus les bas-fonds de Sorobasso dans le cercle de Koutiala, de Loulouni dans le cercle de Kadiolo, de Sabénébouguou dans la commune rurale de Fama et de M'Pégnéso dans la commune rurale de Diomaténé dans le cercle de Sikasso (Figure 1).



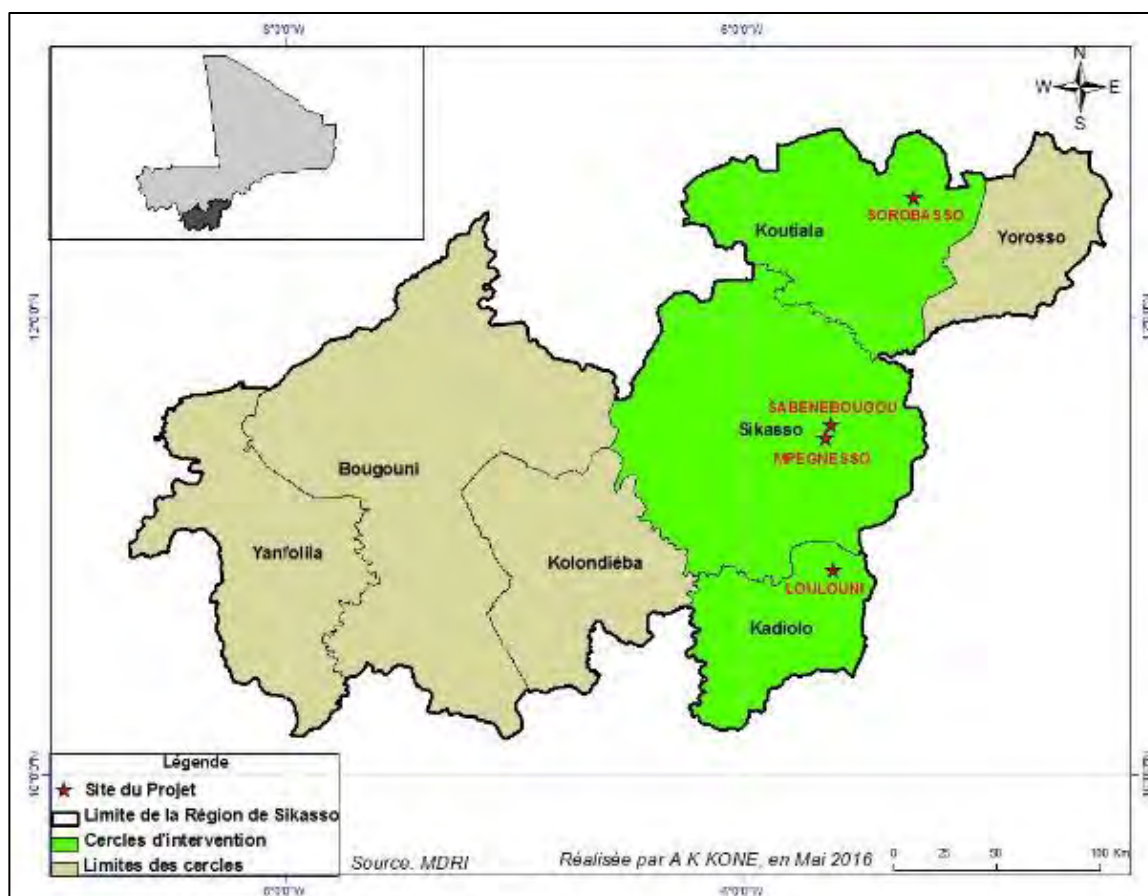


Figure 1: Localisation des sites d'étude

- Le site de Sorobasso

Ce site de bas-fond longe le village de Sorobasso qui est situé à 30 km de la ville de Koutiala, chef-lieu de Cercle, sur la route Nationale 13 reliant Koutiala à San. Sorobasso est le chef-lieu de la commune rurale du même nom constituée de cinq (5) villages dont Frougosso, Kazianso, Nizanso et Zingolosso. Le relief peu accidenté présente des vallées et des bas-fonds favorables aux cultures de contre saison. Le terroir bénéficie d'une bonne pluviométrie avec des isohyètes compris entre 550 mm et 800 mm. La couverture végétale est caractérisée par la savane arbustive avec de hautes herbes par endroits. La commune compte une population de 7 528 habitants, dont 3 823 femmes, composée en majorité de Minianka qui cohabitent avec les Peuls, Bambara, Bobo et Dogon. La principale activité de la population est l'agriculture. Ladite commune est considérée comme une zone de maraîchage par excellence dans le cercle de Koutiala et dispose d'environ 500 ha de plaines aménageables à Sorobasso, à Nizanso, Frougosso, Zingolosso [5].

- Le site de Loulouni

Le site de ce bas-fond est situé à Loulouni, chef-lieu de la commune du même nom dans le cercle de Kadiolo. Ce site est situé à 50 km de Sikasso et de Kadiolo sur la route nationale N°7. Le relief peu accidenté est entrecoupé de plaines, de bas fond, de

collines dont le point le plus culminant est Facoucourou près de Kebeni. Avec une pluviométrie annuelle autour de 1200 mm, la végétation est composée d'une savane boisée des forêts galeries, des forêts claires. La commune de Loulouni est composée de 29 villages répartis entre quatre secteurs de développement. Elle compte une population de 33 625 habitants dont 17 149 femmes. Cette population est constituée majoritairement de Sénoufo cohabitant avec les Samogos, les Dioulas, Peuls et Dogons [6].

- Le site de M'Pegnesso

Ce bas-fond est situé à M'Pegnesso dans la commune rurale de Diomaténé dans le cercle de Sikasso. Il est distant d'environ 18 km de la ville de Sikasso, chef-lieu du cercle. Le relief de la zone, peu accidenté, s'étend sur une ligne de crête formée de basses collines et de plateaux alignés au nord-est. Le plus haut sommet est situé dans le terroir de M'Pegnesso. Les zones basses sont constituées de bas-fonds dont les plus importants restent ceux de M'Pegnesso et Samogossoni. Avec une pluviométrie moyenne de 1000 mm par an, la végétation naturelle est dominée par divers types de savanes qui vont des arborées aux herbeuses en passant par les arbustives. La population de la commune de Diomaténé est estimée à 5 267 habitants dont 53 % de femmes et



est essentiellement composée de Sénoufo, Minianka et Peuls [7].

- Le site de Sabénébougou

Le site de ce bas-fond est à Sabénébougou, un des six villages de la commune rurale de Fama située dans le cercle de Sikasso. Il est distant d'environ 20 km de la ville de Sikasso. Le relief du terroir est de type accidenté et on y trouve des collines, des plaines et des plateaux. La pluviométrie est assez bonne dans l'ensemble et gravite autour de 1000 mm par an. La végétation est de type savane arborée. Le chef-lieu

de la commune est le village de Fama, situé au Nord à 28 km de Sikasso, chef-lieu de cercle et capitale régionale. La commune compte une population de 8 534 habitants dont 51 % de femmes et est composée de Sénoufos, de bamanan et de peuls [8].

2.2 Choix des unités d'enquêtes

Le choix des unités d'enquêtes a été fait sur la base du recensement du nombre d'exploitations agricoles par site. Le nombre d'exploitations rizicoles enquêtées par site sont donnés dans le Tableau 1.

Tableau 1: Total exploitations agricoles enquêtées et nombre d'exploitations rizicoles

Région	Cercle	Villages/Sites	Total EA enquêtées	Nombre EA rizicoles	
			(n)	(n)	(%)
Sikasso	Kadiolo	Loulouni	35	33	94,3
	Sikasso	M'Pégnesso	32	28	87,5
		Sabénébougou	32	21	65,6
	Koutiala	Sorobasso	35	31	88,6
Total			134	113	84,3

Légende : EA=Exploitation agricole ; n=nombre ; (%) =pourcentage.

2.3 Méthode de collecte des données

La collecte des données a consisté en des interviews individuels auprès des chefs d'exploitations. Pour ce faire, un questionnaire semi-structuré a été élaboré et pré-testé avant administration dans les sites d'étude. La collecte des données a intégré les observations participantes. Les principales informations et données collectées ont porté sur : les caractéristiques socioéconomiques des exploitants (sexe, âge, ethnie, origine, nombre de personnes par ménage, nombre d'actifs agricoles, niveau d'instruction, etc.) ; le statut du foncier ; les quantités et coûts des intrants agricoles utilisés (semences, engrais minéraux, engrais organique, pesticides) ; les quantités et types de main-d'œuvre utilisés par opération culturale (préparation des parcelles, labour, semis ou repiquage, épandage d'engrais, désherbage/sarclage, traitement phytosanitaire, récolte, etc.) ; les contraintes de production agricole.

2.4 Outils et méthodes de traitement et d'analyse des données

Une base de données a été élaborée pour l'enregistrement des données collectées. Ces données ont été saisies, traitées et analysées sous le logiciel SPSS.v23 et pour la mise en forme des tableaux à l'aide du logiciel EXCEL-2016.

Les analyses ont porté sur les statistiques suivantes : moyennes, écarts-types, pourcentage, somme, fréquence.

La performance technique des pratiques culturales de riz a été appréciée à travers le calcul du rendement

physique (Rdt) qui est la quantité totale de produit obtenu à l'unité de surface :

$$Rdt = \frac{Q_{Tp}}{SUPc}$$

Où, Q_{Tp} = la quantité totale récoltée (en kilogramme) par le producteur pour la spéculation ; $SUPc$ = superficie emblavée (en hectare) par le producteur pour la spéculation considérée.

L'évaluation de la performance financière et économique des activités de production a été basée sur la détermination des coûts variables de production et des indicateurs de rentabilité.

Les coûts variables de production (CV) ont été calculés suivant la formule :

$$CV = \sum_i^n Q_i PU_i$$

Où, Q_i = la quantité de l'intrant i ; PU_i = le prix unitaire correspondant à l'intrant i et n le nombre d'intrants utilisés dans la production de la spéculation considérée.

La marge brute (MB) est calculée en déduisant du produit brut en valeur (PBV) toutes les charges courantes de production (coûts variables de production, CV) pour la spéculation :

$$MB = PBV - CV$$

Le produit brut en valeur (PBV) est obtenu en multipliant le rendement (Rdt) par le prix unitaire (PU) de vente du produit :

$$PBV = Rdt * PU$$

Le taux de rentabilité (TR) est obtenu par le rapport entre la marge brute de production (MB) et les coûts



variables (CV) engagé dans la production de la spéculation :

$$TR = \frac{MB}{CV}$$

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractéristiques sociodémographiques des exploitations agricoles

- Profils socio-éducatifs des chefs d'exploitation rizicole

Les profils des chefs d'exploitation rizicole sont consignés dans le Tableau 2. **Erreur ! Source du r envoi introuvable.** Tous les chefs d'exploitation sont des hommes mariés dont la moyenne d'âge est de 52 ans. Ceux de Sabénébougou sont les plus jeunes avec une moyenne d'âge de 41 ans et les plus vieux sont ceux de Sorobasso avec une moyenne d'âge de 61 ans. Les chefs d'exploitation de

Loulouni et M'Pégnesso ont enregistré respectivement une moyenne d'âge de 52 et 55 ans. La catégorisation des chefs d'exploitation par groupe d'âge est présentée dans la Figure 2. Une diversité de groupes ethniques a été observée dans les sites de Loulouni et Sabénébougou. Par contre, deux et trois groupes ethniques ont été enregistrés respectivement à M'Pégnesso et Sorobasso. Les chefs d'exploitation sont majoritairement des autochtones.

Le site de Loulouni a enregistré le plus grand taux de scolarisation des chefs d'exploitation avec environ 49 %, suivi de M'Pégnesso 29 %. A l'opposé, aucun chef d'exploitation n'a fréquenté l'école formelle dans le site de Sorobasso. La proportion des chefs d'exploitation sachant lire et écrire en langues locales est plus la plus élevée à Loulouni (48 %) contre 29 % à Sorobasso.

Tableau 2: Profils socio-éducatifs des chefs d'exploitation rizicole

Variables	Loulouni		M'Pégnesso		Sabénébougou		Sorobasso		Total	
	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
Groupe ethnique										
Bambara	3	9,1	3	9,7	3	10,7	-	-	9	8,0
Sénoufo	22	66,7	28	90,3	8	28,6	-	-	58	51,3
Minianka	2	6,1	-	-	-	-	16	76,2	18	15,9
Peulh	1	3,0	-	-	4	14,3	-	-	5	4,4
Samogo	3	9,1	-	-	-	-	-	-	3	2,7
Sonrhāi	-	-	-	-	4	14,3	-	-	4	3,5
Malinké	2	6,1	-	-	2	7,1	-	-	4	3,5
Bozo	-	-	-	-	1	3,6	1	4,8	2	1,8
Sarakolé	-	-	-	-	3	10,7	4	19,0	7	6,2
Gana	-	-	-	-	3	10,7	-	-	3	2,7
Statut de résidence										
Autochtone	30	90,9	29	93,5	16	57,1	16	76,2	91	80,5
Allochtone	3	9,1	2	6,5	12	42,9	5	23,8	22	19,5
Education formelle										
Aucun niveau	11	33,3	19	61,3	9	32,1	17	81,0	56	49,6
Etudes primaires	14	42,4	8	25,8	2	7,1	-	-	24	21,2
Etudes secondaires	2	6,1	1	3,2	2	7,1	-	-	5	4,4
Etudes coraniques	6	18,2	3	9,7	15	53,6	4	19,0	28	24,8
Alphabétisation										
Aucun niveau	16	48,5	17	54,8	14	50,0	15	71,4	62	54,9
Sait lire	1	3,0	1	3,2	3	10,7	-	-	5	4,4
Sait écrire	-	-	3	9,7	1	3,6	-	-	4	3,5
Sait écrire et lire	16	48,5	10	32,3	10	35,7	6	28,6	42	37,2

Légende : n=nombre ; (%)=pourcentage.



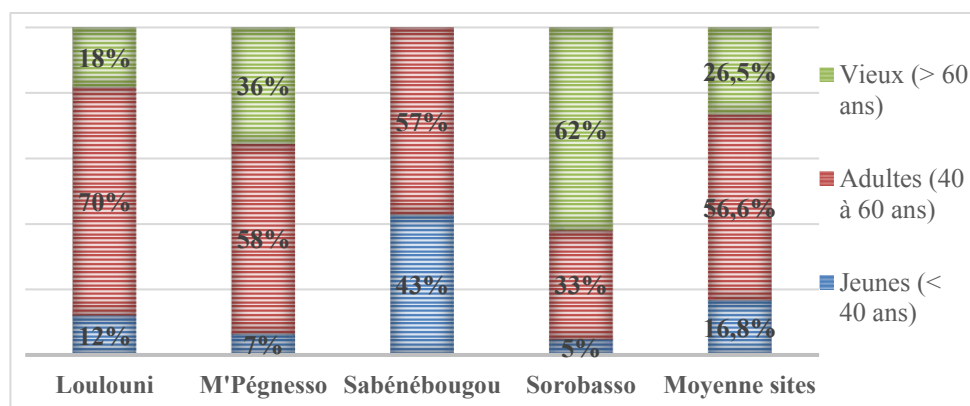


Figure 2: Catégorisation par groupe d'âge des chefs d'exploitation

- Structure de la population et des actifs des exploitations agricoles

Le nombre moyen de personnes par exploitation agricole est 26 personnes proportionnellement réparti entre les hommes et les femmes (Tableau 3). Cependant, la taille moyenne des exploitations est plus grande à M'Pégnesso comparativement aux autres sites. Le nombre moyen d'actifs agricoles de la tranche d'âge supérieur à 14 ans est estimé à 10 par exploitation, soit environ 38 % de la population totale. Ces actifs ont représenté 32 et 33 % de la population respectivement à Sorobasso et Loulouni. Le site de Sabénébougou a enregistré la plus grande proportion d'actifs agricoles (44 %).

Suivant la taille de la population, trois classes d'exploitation agricole ont été définies :

- les petites exploitations agricoles (PEA) dont la taille de la population est inférieure à 15 personnes ;
- les moyennes exploitations agricoles (MEA) dont l'effectif des membres est constitué de 15 à 30 personnes ;
- et les grandes exploitations agricoles (GEA) comprenant plus de 30 membres.

Les PEA sont plus représentées à Loulouni, que dans les autres sites contrairement aux GEA qui sont plus présentes à M'Pégnesso. Cependant, les MEA sont majoritaires dans tous les sites (Figure 3).

Tableau 3: Structure moyenne de la population et des actifs des exploitations agricoles par site

Population EA	Loulouni	M'Pégnesso	Sabénébougou	Sorobasso	Moyenne sites
Femmes	11	16	13	12	13
Hommes	10	15	12	13	13
Total membres	21	31	25	25	26
Actifs 14>60 ans	7	13	11	8	10

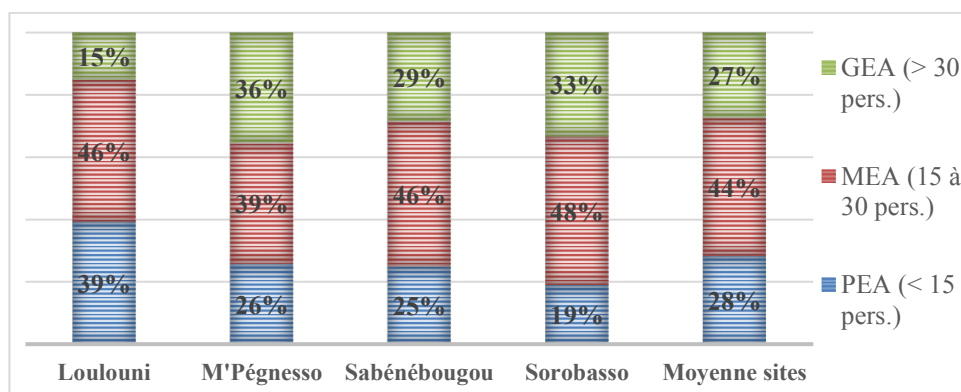


Figure 3: Catégorisation des exploitations agricoles suivant le nombre de personnes



3.2 Statut de gestion et superficies des parcelles rizicoles

L'inventaire des parcelles rizicoles a montré que le plus grand nombre moyen de parcelles par exploitation agricole a été enregistré à M'Pégnesso (4), suivi par Sabénébougou (3) et le plus faible (2) à Loulouni et Sorobasso.

Le statut de gestion a montré une dominance de parcelles rizicoles féminines (59 %) sur l'ensemble des sites (Tableau 4). Ce qui justifie le fait que la riziculture de bas-fond est considérée comme du ressort des femmes par de nombreux auteurs. Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres travaux qui indiquent que la proportion de femmes actives dans la riziculture de bas-fonds variait de 45 % dans la région de Sikasso à 88 % dans la région de Bougouni [9]. Le plus grand nombre de parcelles rizicoles féminines a été enregistré à M'Pégnesso où environ 80 % des parcelles rizicoles appartiennent

aux femmes. A Sorobasso, les parcelles rizicoles sont majoritairement exploitées en commun. Dans ce site, il n'y a pas de parcelles exclusivement féminines. La dominance des parcelles rizicoles féminines à M'Pégnesso et Sabénébougou s'explique par le fait que dans ces sites, après la culture du riz pendant l'hivernage suit la culture de la pomme de terre entièrement dominée par les hommes durant la saison froide. De ce fait, les hommes accordent l'opportunité aux femmes d'exploiter les parcelles pour la production du riz qui bénéficie ainsi des arrières effets de la fertilisation sur la pomme de terre. A Sorobasso ce sont les cultures maraîchères tels la tomate, le piment, le gombo et l'oignon/ échalote qui viennent après le riz alors qu'à Loulouni ce sont majoritairement la patate douce et le gombo qui viennent en rotation du riz.

Tableau 4: Statut de gestion des parcelles rizicoles

Sites	Type de parcelle						Total	
	Homme		Femme		En commun			
	n	%	n	%	n	%	n	%
Loulouni	8	13,1	27	44,3	26	42,6	61	19,9
M'Pégnesso	22	18,6	94	79,7	2	1,7	118	38,4
Sabénébougou	22	24,4	61	68,7	7	7,8	90	29,3
Sorobasso	4	10,5	-	-	34	89,5	38	12,4
Total sites	56	18,2	182	59,3	69	22,5	307	100

Légende : n=nombre ; (%)=pourcentage

- Superficie des parcelles rizicoles

La superficie moyenne par type de parcelle rizicole est donnée dans le Tableau 5. Les parcelles rizicoles féminines sont de plus petites tailles que les parcelles des hommes et celles exploitées en commun sauf à Sorobasso où il n'a pas été enregistré de parcelles féminines. La superficie moyenne des parcelles rizicoles est de 0,79 ha avec une moyenne de 0,44 ha, 1,07 ha et 1,46 ha respectivement pour les parcelles féminines, celles de hommes et celles de gestion commune. Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres auteurs qui ont indiqué que les

parcelles attribuées aux femmes étaient petites et variaient selon la disponibilité des terres, leur taille allant de 0,1 à 0,5 ha [10]. Une différence significative est enregistrée au niveau des superficies de parcelles rizicoles suivant le statut de gestion dans tous les sites. Cela s'explique par le fait qu'en général les hommes qui sont les gestionnaires des terres allouent de faibles superficies aux femmes et en retour s'octroient les plus grandes superficies, particulièrement celles destinées aux besoins de toute l'exploitation.

Tableau 5: Superficie moyenne (en ha) par type de parcelles rizicoles suivant les sites

Sites	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Loulouni	1,14 (±0,97)	0,47 (±0,22)	1,02 (±0,98)	0,79 (±0,78)	4,697	0,013*
M'Pégnesso	0,74 (±0,41)	0,46 (±0,43)	1,25 (±0,35)	0,52 (±0,45)	6,856	0,002**
Sabénébougou	1,2 (±0,67)	0,41 (±0,28)	1,61 (±1,75)	0,69 (±0,74)	22,212	0,000**
Sorobasso	2 (±1,15)	-	1,78 (±1,56)	1,8 (±1,51)	0,074	0,787
Tous sites	1,07 (±0,74)	0,44 (±0,36)	1,46 (±1,39)	0,79 (±0,89)	47,164	0,000**

Légende : les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types ; (*)=moyennement significatif ; (**) =hautement significatif.



3.3 Performance technique des systèmes de culture de riz

Les rendements moyens de riz obtenu suivant le type de parcelle rizicole sont donnés dans le Tableau 6. Le meilleur rendement est obtenu à M'Pégnesso (2140 kg/ha). Ce rendement est inférieur à celui de 2366 kg/ha obtenu dans d'autres travaux [11]. Il n'existe pas de différence significative de rendement entre les types de parcelle. A Sabénébougou, le rendement moyen des parcelles en commun est significativement différent des rendements moyens obtenus au niveau des parcelles féminines et des

hommes. Suivant les témoignages recueillis dans ce site, les chefs d'exploitation accordent une priorité et une attention particulière aux parcelles communes dont en général la production est destinée directement à toute l'exploitation. Par contre, les productions des parcelles individuelles sont gérées par leurs propriétaires qui les exploitent selon leurs moyens. Cependant, les rendements moyens obtenus restent faibles comparés au rendement potentiel des variétés améliorées disponibles.

Tableau 6: Rendement moyen (kg/ha) de riz paddy par type de parcelle suivant les sites

Sites	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Loulouni	1659,3 (±564,8)	1325,8 (±604,8)	1386,9 (±727,8)	1395,6 (±654,2)	0,801	0,454
M'Pégnesso	2 244,5 (±1 254,7)	2 136,1 (±1 140,3)	1169,2 (±232,2)	2 139,9 (±1 155,3)	0,794	0,455
Sabénébougou	1985,2 (±840,9)	1 924,3 (±1 062,4)	3 282,9 (±2 926,6)	2 044,9 (±1 279,3)	3,797	0,026*
Sorobasso	1012,1 (±476,1)	1 496,1 (±1 081,9)	-	1 445,1 (±1 417,0)	0,768	0,387
Tous sites	1 970,9 (±1 017,4)	1 944,9 (±1 082,2)	1 626,7 (±1 355,9)	1 878,1 (±1 142,7)	2,182	0,115

Légende : les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types ; (*)=moyennement significatif.

3.4 Analyse des charges variables de production de riz

Les coûts moyens par élément des charges variables considérées suivant les types de parcelles sont donnés dans les tableaux 7, 8, 9 et 10. A Loulouni et Sabénébougou, les coûts de la main d'œuvre salariée constituent les plus importantes charges de production du riz et suivis des coûts des engrais minéraux. Par contre, à M'Pégnesso et Sorbasso, ce sont les coûts des engrais minéraux qui constituent les principales charges suivis des coûts des semences. Des résultats similaires ont montré que les coûts de la main d'œuvre ont constitué la principale composante (50 %) des charges de production, suivis des coûts des fertilisants et des coûts semences respectivement avec 18 % [11].

A Loulouni, les charges variables les plus élevées sont enregistrées au niveau des parcelles féminines essentiellement dues aux coûts de la main d'œuvre salariée car en général, les femmes ne bénéficient pas de la main d'œuvre familiale de l'exploitation. Ce constat est soutenu par d'autres auteurs qui ont rapporté que les femmes n'ont guère accès aux ressources familiales pour investir dans la culture du riz [3]. Cependant, les charges variables ne sont pas statistiquement différentes suivant les types de

parcelles (Tableau 7). A M'Pégnesso, les charges variables les plus élevées sont enregistrées pour les parcelles exploitées par les hommes et principalement basées sur les coûts des engrais minéraux. Cela est justifié par le fait que les hommes ont plus accès aux intrants de production surtout les engrais plus que les femmes. Par conséquent, les hommes ont tendance à mieux fertiliser les parcelles sous leurs responsabilités. Cet état de fait justifie la différence significative enregistrée entre les charges variables des parcelles des hommes et les autres types de parcelles dans ce site (Tableau 8). A Sabénébougou les plus grandes charges variables de production sont constituées par les coûts de la main d'œuvre salariée et ceux des engrais minéraux. Cette différence est significative entre les parcelles des femmes qui ont eu plus recours à la main d'œuvre salariée que les autres (Tableau 9). A Sorobasso, il n'a pas été enregistré de charges relatives à la main d'œuvre salariée (Tableau 10). Ce qui veut dire que dans ce site les exploitations ont eu recours exclusivement à la main d'œuvre familiale surtout que la majorité des parcelles rizicoles sont du ressort de la gestion commune de toute l'exploitation.



Tableau 7: Coûts moyens (en FCA/ha) par élément de charges variables par type de parcelle à Loulouni

Eléments de charge variable	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Semence	19 450	25 019	20 997	22 574	0,898	0,413
Engrais minéraux	28 438	23 956	32 484	28 179	1,288	0,284
Produits phytosanitaires	6 370	10 476	12 966	10 999	1,758	1,181
(*)Autres dépenses	14 579	27 574	25 312	24 905	0,673	0,514
Main d'œuvre salariée	86 476	96 593	54 908	77 499	2,341	0,105
Total charges variables	155 313	183 617	146 667	164 156	1,158	0,321

Légende : (*)Autres dépenses =sacherie, corderie, bâche, matériels usagers

Tableau 8: Coûts moyens (en FCA/ha) par élément de charges variables par type de parcelle à M'Pégnesso

Eléments de charge variable	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Semence	9 977	12 574	7 500	12 004	0,570	0,567
Engrais minéraux	87 551	67 870	47 000	71 186	1,562	0,214
Produits phytosanitaires	11 540	7 402	2 833	8 096	1,666	0,193
Autres dépenses	11 500	4 863	-	6 018	0,716	0,491
Main d'œuvre salariée	12 886	3 587	-	5 260	2,163	0,120
Total charges variables	141 636	96 297	57 333	104 059	3,656	0,029*

Légende : (*)=moyennement significatif ; (**)=hautement significatif

Tableau 9: Coûts moyens (en FCA/ha) par élément de charges variables par type de parcelle à Sabénébouougou

Eléments de charge variable	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Semence	14 807	19 883	9 033	17 798	1,946	0,149
Engrais minéraux	13 913	33 467	38 036	29 043	0,840	0,435
Produits phytosanitaires	18 420	21 429	11 714	19 938	0,915	0,404
Autres dépenses	8 706	12 536	4 143	10 947	1,838	0,165
Main d'œuvre salariée	10 364	43 784	12 732	33 200	5,512	0,006**
Total charges variables	66 210	131 099	75 658	110 926	5,726	0,005**

Légende : (*)=moyennement significatif ; (**)=hautement significatif.

Tableau 10: Coûts moyens (en FCA/ha) par élément de charges variables par type de parcelle à Sorobasso

Eléments de charge variable	Type de parcelle		Moyenne	F	p-value
	Homme	En commun			
Semence	32 750	23 457	24 436	1,376	0,249
Engrais minéraux	25 767	31 905	31 259	0,401	0,531
Produits phytosanitaires	7 875	10 367	10 105	0,686	0,413
Autres dépenses	4 246	-	447	60,420	-
Main d'œuvre salariée	-	-	-	-	-
Total charges variables	70 638	65 730	66 246	0,099	0,754

3.5 Performances économiques des systèmes de culture de riz

- Marges brutes de production

Les marges brutes moyennes obtenues suivant les types de parcelles sont données dans le Tableau 11. De manière générale, à l'échelle de l'ensemble des sites, il n'y a pas de différence significative de marge brute quel que soit le type de parcelle rizicole. Cependant, à Sabénébouougou une différence significative est observée entre les parcelles de

gestion commune et celles de gestion individuelle. Cela s'explique en partie par le meilleur rendement obtenu au niveau de ces parcelles de gestion commune dans ce site. La meilleure marge brute est obtenue à M'Pégnesso et la plus faible à Sorobasso. Les marges brutes sont toutes positives, ce qui indique que l'activité de production de riz est économiquement rentable.



Tableau 11: Marges brutes moyennes (en FCFA/ha) de production du riz par type de parcelle suivant les sites

Sites	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Loulouni	268 914 (±194 615)	206 228 (±212 232)	231 883 (±218 470)	225 384 (±210 381)	0,289	0,750
M'Pégnesso	373 834 (±282 397)	362 445 (±209 395)	234 958 (±75 955)	362 408 (±222 525)	0,353	0,703
Sabénébougou	405 835 (±214 898)	295 783 (±235 167)	745 056 (±766 806)	357 628 (±320 658)	7,431	0,001**
Sorobasso	216 004 (±145 944)	-	185 024 (±160 761)	188 285 (±157 702)	0,135	0,716
Tous sites	360 144 (±240 200)	316 927 (±224 469)	260 943 (±330 766)	312 228 (±255 955)	2,419	0,091

Légende : les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types ; (**)=hautement significatif.

- Coûts bruts de production

L'analyse des coûts de production présentée dans le Tableau 12 révèle que le coût brut moyen de production du kilogramme de riz paddy est de 76 FCFA. Ce résultat est comparable à celui obtenu par [12]. L'analyse des coûts de production suivant les types de parcelles indique que celles exploitées par les hommes sont les plus rentables car ayant enregistré les plus faibles coûts de production. A l'opposé les parcelles de gestion commune sont les moins rentables avec les coûts de production les plus élevés. Entre les sites, la production du riz à

M'Pégnesso est la plus rentable car enregistrant les plus faibles coûts de production. Dans ce site une certaine différence est enregistrée entre les coûts de production des parcelles des hommes qui sont moins rentables que les autres types de parcelles. Cela est dû aux plus grandes charges enregistrées par les parcelles des hommes dans ce site. Comparativement à Sabénébougou, cette différence des coûts de production est significative entre les parcelles féminines moins rentables avec les coûts de production les plus élevés et les autres types de parcelles dans ce site.

Tableau 12: Coûts bruts moyens de production de riz par type de parcelle suivant les sites

Sites	Type de parcelle			Moyenne	F	p-value
	Homme	Femme	En commun			
Loulouni	107,2 (±107,8)	167,8 (±109,2)	131,1 (±76,8)	144,2 (±97,4)	1,639	0,203
M'Pégnesso	73,7 (±48,1)	47,5 (±36,3)	51,6 (±25,6)	52,5 (±39,6)	4,094	0,019*
Sabénébougou	35,9 (±21,9)	76,6 (±495,0)	37,5 (±45,4)	63,6 (±47,5)	8,178	0,001**
Sorobasso	74,7 (±20,1)	-	65,6 (±48,4)	66,5 (±46,1)	0,138	0,713
Tous sites	63,7 (±56,6)	75,1 (±69,8)	87,0 (±69,0)	75,7 (±67,6)	1,862	0,157

Légende : les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types ; (*)=moyennement significatif ; (**)=hautement significatif.

V. CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence trois modes d'exploitation et de gestion des parcelles rizicoles dans les bas-fonds. Ces modes d'exploitation impliquent aussi bien les hommes que les femmes et au-delà toute l'exploitation.

La catégorisation des exploitations suivant la taille démographique a montré que la majorité des exploitations sont de taille moyenne (MEA) dont l'effectif est compris entre 15 à 30 personnes.

Les rendements de riz obtenus ne sont pas statistiquement différents suivant les modes de gestion des parcelles et restent faibles comparés au rendement potentiel des variétés améliorées

disponibles. Les coûts de la main d'œuvre salariée et ceux des engrais minéraux représentent la plus grande part des charges variables de production. Les marges brutes sont toutes positives et indiquent que l'activité de production de riz est économiquement rentable.

Les résultats obtenus permettent de formuler les recommandations suivantes. Etant donné la faiblesse des rendements moyens obtenus par les producteurs et les rendements potentiels, la priorité devra être accordée à l'intensification de la riziculture de bas-fonds pour l'amélioration des rendements à travers l'introduction de paquets technologiques adaptés. Ceci devrait s'accompagner par un appui de la



recherche et des structures de vulgarisation pour sensibiliser les producteurs aux bonnes pratiques agricoles et renforcer leurs capacités sur les technologies à introduire. Aussi, une facilitation de l'accès au crédit permettra aux femmes qui ont un faible accès aux ressources familiales de mieux investir dans l'activité de production rizicole.

REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée dans le cadre du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO / WAAPP) soutenu par la Banque Mondiale. C'est le lieu de remercier toute l'équipe du PPAAO-Mali et du CNS-Riz pour leur soutien.

Les auteurs expriment également toute leur gratitude aux agents d'appui et tous les exploitants agricoles dans les sites de Loulouni dans le cercle de Kadiolo, M'Pégnesso et Sabénébougou dans le cercle de Sikasso et Sorobasso dans le cercle de Koutiala pour leur appui et collaboration dans la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] SG-MA, "Stratégie nationale de développement de la riziculture SNDR II 2016-2025," 2016.
- [2] SG-MA, "Plan de campagne agricole consolidé et harmonisé 2018/2019," 2018.
- [3] J. Staatz *et al.*, "Évaluation du secteur agricole du Mali 2011," 2011.
- [4] B. Lidon *et al.*, "Fiches signalétiques d'un échantillon de bas-fonds du cercle de Sikasso, Mali. Diagnostic régional de la mise en valeur des bas-fonds dans le cercle de Sikasso au Mali. IER-AfricaRice-CIRAD.," Cotonou, Bénin., 2012.
- [5] CSA/PROMISAM, "Plan de sécurité alimentaire de la commune rurale de Sorobasso 2006-2008. Projet de mobilisation des initiatives en matière de sécurité alimentaire au Mali (PROMISAM). Janvier 2006, USAID.," 2006.
- [6] CSA/PROMISAM, "Plan de sécurité alimentaire de la commune rurale de Loulouni 2006-2010. Projet de mobilisation des initiatives en matière de sécurité alimentaire au Mali (PROMISAM). Décembre 2005, USAID."
- Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA), Présidence de la République, Bamako, Mali, pp. 1-11, 2005.
- [7] CSA/PROMISAM, "Plan de sécurité alimentaire de la commune rurale de Diomaténé 2006- 2010. Projet de mobilisation des initiatives en matière de sécurité alimentaire au Mali (PROMISAM). Décembre 2005, USAID." Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA), Présidence de la République, pp. 1-9, 2005.
- [8] CSA/PROMISAM, "Plan de sécurité alimentaire de la commune rurale de Fama 2006-2010. Projet de mobilisation des initiatives en matière de sécurité alimentaire au Mali (PROMISAM). Janvier 2006, USAID.," 2006.
- [9] G. Dimithè, "An economic analysis of the competitiveness of alternative rice production systems: the case of bas-fond rice production in Mali-Sud," Michigan State University, 1997.
- [10] S. Adetonah, O. Coulibaly, E. Sessou, S. Padonou, U. Dembélé, and S. Adekambi, "Contribution of inland valleys intensification to sustainable rice/vegetable value chain development in Benin and Mali: constraints, opportunities and profitable cropping systems," in *Poster presented at the Joint 3rd African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010.*, 2010.
- [11] R. T. Adjao, "Analysis of the competitiveness of the rice subsector in Mali: the case of gravitational irrigation and bas-fonds production systems," Michigan State University, 2011.
- [12] G. Dimithè, R. Bernsten, J. M. Staatz, O. Sanogo, B. S. Coulibaly, and M. Simpara, "Can agricultural production in the marginal lands contribute to improving food security in the Sahelian African Countries: an evidence from the bas-fond rice production in Mali. Staff paper No. 00-13," 2000.



Impact du buttage avec cloison sur le rendement de trois variétés de sorgho en zone soudanienne du Mali

Seydou Mamadou Traore^{1*}, Mahamoudou Famanta¹, Ousmane Niangaly¹, Abdoulaye Sidibe¹ et Brahim Songore²

¹IPR / IFRA de Katibougou

²Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée

* Adresse de correspondance : E-mail : seydtraore2000@yahoo.fr

RESUME : Les enjeux du réchauffement climatique sont énormes pour les pays du Sud. Même avec l'atteinte de l'objectif de la COP21, une hausse de température de 2°C se traduirait par une baisse drastique de la productivité agricole (**La période végétative raccourcit quand la température dépasse le seuil maximal**). Au Mali, l'agriculture pluviale occupe plus de 80% de la population ; le sorgho représente la deuxième céréale après le mil ; il est une plante de jour court, l'induction florale intervient généralement en septembre, début octobre peu après l'équinoxe d'automne. La fin prématurée de la saison des pluies, exige des stratégies de gestions et de conservation des eaux pour une meilleure production du sorgho. Dans cette étude, nous avons analysé de 2013 à 2015 l'impact du buttage avec cloison sur le rendement de trois variétés de sorgho. L'essai a été implanté dans la ferme Agro-sylvo-pastorale de l'IPR/IFRA de Katibougou en zone soudanienne du Mali. Le dispositif expérimental utilisé est le Split-Split Plot à quatre répétitions. Le logiciel d'analyse est le STATITCF. L'analyse de variance des résultats de l'étude montre que l'application du buttage avec cloison augmente de manière significative les valeurs de toutes les variables mesurées (poids de mille graines, poids des grains des panicules, le rendement grain, le rendement en biomasse aérienne). L'application du buttage avec cloison a augmenté le rendement en grain de 8,73 % à 10,7 % par rapport aux plants non buttés ainsi que la productivité en biomasse aérienne de 3,88 % à 6,04%.

Mots clés : variabilité-pluviométrique, buttage avec cloison, sorgho

INTRODUCTION

Les enjeux du réchauffement climatique sont énormes pour les pays du Sud. Le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), paru en 2014, prévoit une hausse des températures de 0,3 à 4,8 °C d'ici 2100. Avec cette hausse, les pays du Nord verront la productivité de leur agriculture augmenter (**La chaleur accrue allonge la période de végétation des arbres et des plantes**) comme il en est déjà le cas en Amérique du Nord et dans certains pays de l'Europe.

Dans les pays du Sud et singulièrement en Afrique au Sud du Sahara, même avec l'atteinte de l'objectif de la COP21 (maintenir l'augmentation maintenir l'augmentation de la température en deçà de 2°C), la hausse de température de 2°C se traduirait par une baisse drastique de la productivité agricole (**La période végétative raccourcit quand la température augmente (8)**). Par exemple, la productivité du riz baisse au-delà de 34°C, celle du sorgho, de 10% lorsque la température dépasse le seuil de 1°C) et de la disponibilité en eau. Dans ces pays, où environ 90% de la population dépend de l'agriculture pluviale pour sa production alimentaire, et où la croissance démographique annuelle est de 2,4%, la productivité agricole pourrait baisser de 22% d'ici à l'an 2050, si les pratiques actuelles à faible niveau d'intrants continuent à prévaloir.

Au Mali, la source principale du réchauffement climatique est la déforestation avec ses conséquences comme, l'augmentation du

ruissellement au détriment de l'infiltration et de la percolation profonde, l'amplification de l'érosion hydrique et éolienne, et la perte de fertilité des sols. La variabilité interannuelle des précipitations, la variation dans les dates de début et de fin des saisons pluvieuses, la multiplication des pauses pluviométriques au sein des périodes pluvieuses posent d'énormes difficultés aux producteurs des cultures sèches.

L'application des techniques de conservation des eaux et des sols tels les aménagements en courbes de niveaux, les cordons pierreux, les cordons d'*Andropogon goyanus*, le paillage, les demi lunes et le zaï (manuel ou mécanique) ont permis à des paysans de différentes localités d'augmenter la production du sorgho (3).

Dans cette étude, nous nous sommes proposés d'analyser de 2013 à 2015 l'impact du buttage avec cloison (comme technique de conservation des eaux de pluies tardives appliqué à partir du début du mois de septembre) sur le rendement de trois variétés de sorgho (une variété précoce « Sofin » : 86-25-13, une intermédiaire « Gnoumani » : 88-10-06 et une tardive « Ansona » : CMI-06) afin de faire des propositions concrètes qui puissent augmenter la résilience des producteurs aux effets néfastes du réchauffement climatique.

METHODOLOGIE

Le dispositif utilisé est le split-plot à quatre répétitions, avec comme facteur principal la variété



et comme facteurs secondaires les deux variantes du buttage (butté et non butté).

Les trois variétés sont les traitements principaux, les deux variantes du buttage, les sous- traitements. La parcelle (72 au total) avait une superficie de 14,4 m² (3,6 m de large et 4 m de longueur). Les écartements entre les lignes sont de 80 cm et entre les poquets 40 cm (donc nous avons un total de 5 lignes de 10 poquets).

Variables mesurées

Les observations ont porté sur :

- le poids de mille graines
- le poids des grains des panicules des différentes variétés en fonction de la date de semis et du buttage
- le rendement grain des différentes variétés en fonction de la date de semis et du buttage
- le rendement en biomasse aérienne sèche des différentes variétés en fonction de la date de semis et du buttage

Nous avons en outre suivi l'évolution de l'humidité du sol de 0 à 20 cm et de 20 à 40 cm de profondeur après le buttage dans chaque sous-sous-parcelle.

RESULTATS

1. Effets du buttage sur le rendement en grain (q/ha)

Modalités du buttage	2013 - 2014	2014 - 2015
	Rendement grain (q/ha)	Rendement grain (q/ha)
Plants buttés	39,18 ^a	26,78 ^a
Plants non buttés	35,19 ^b	24,54 ^b
Moyenne générale	37,19 q/ha	25,66 q/ha
Signification	HS (Hautement significative)	HS (Hautement significative)
C.V.%	10,1%	15,6%

NB : Les lettres en puissance indiquent la classe homogène

L'analyse de variance a mis en évidence une différence hautement significative entre les deux variantes du buttage (buttée, non buttée) en ce qui concerne le rendement en grain des plants pour chacune des années. Le test de Newman et Keuls au seuil de signification 5% révèle deux groupes homogènes. Le groupe, le plus performant est constitué par les plants Buttés.

Le rendement en grain avec l'application du buttage avec cloison a augmenté de 10,7 % par rapport à la moyenne la première année. Cette augmentation est de 8,73 % pour la deuxième année. Le rendement moyen a baissé de 31% durant la campagne 2014-2015.

2. Effets du buttage sur le rendement en biomasse aérienne (q/ha)

Modalités du buttage	2013 - 2014	2014 - 2015
	Rendement en biomasse aérienne (q/ha)	Rendement en biomasse aérienne (q/ha)
Plants buttés	151,24 ^a	107,65 ^a
Plants non buttés	142,39 ^b	103,55 ^a
Moyenne Générale	146,39	105,6
Signification	HS (Hautement significative)	NS (Non significative)
C.V.%	14,2%	12,5%

NB : Les lettres en puissance indiquent la classe homogène

Le test de Newman et de Keuls au seuil de signification 5% révèle deux groupes homogènes en rapport avec le buttage la première campagne ; le groupe le plus performant étant constitué par la variante Butté. Il ne fait pas de distinction entre les deux variantes du buttage la campagne 2014- 2015. La première année avec l'application du buttage, la productivité en biomasse aérienne a augmentée de 6,04% par rapport à la moyenne, contre seulement une augmentation de 3,88 % la seconde année.

3. Effets du buttage sur l'évolution du taux d'humidité du sol

Modalités du buttage	Taux d'humidité en %		Taux d'humidité en %	
	2013- 2014		2014- 2015	
	20 cm sous les plants	40 cm sous les plants	20 cm sous les plants	40 cm sous les plants



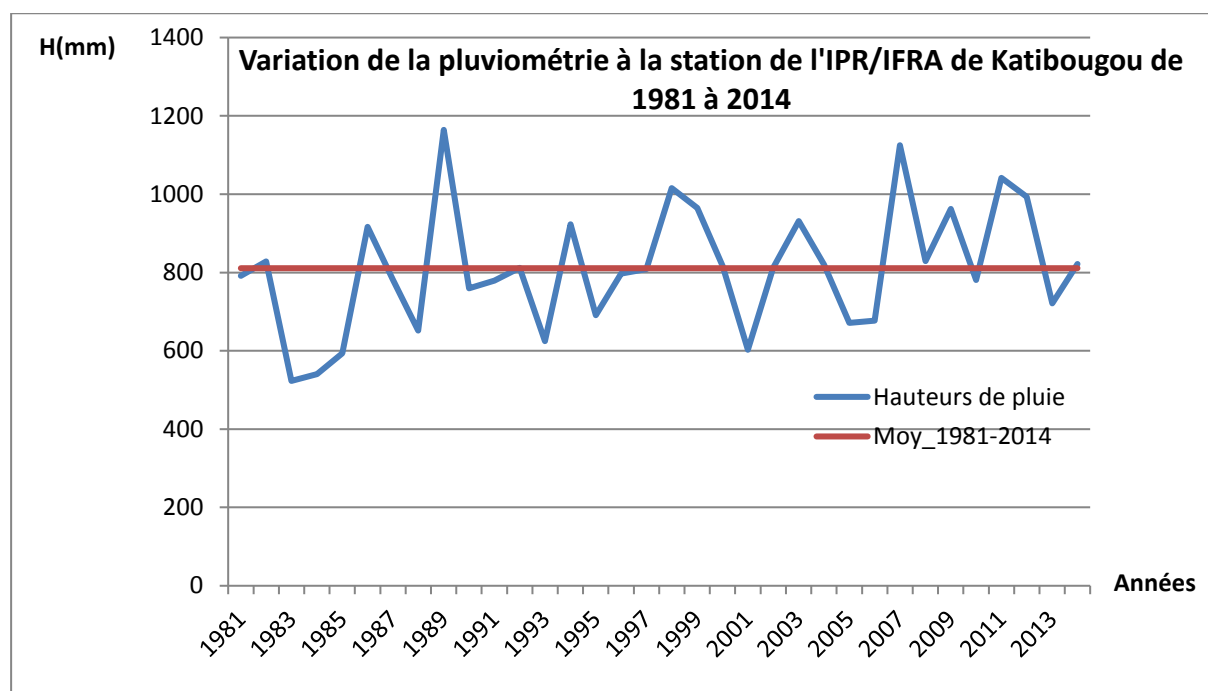
Butté	43,52	42,75	59,76	59,10
Non butté	39,11	41,9	52,88	49,47
Moyenne générale	41,31	42,33	56,32	54,29

L'humidité dans le sol trois jours après un événement pluvieux est plus élevée dans toutes les couches la campagne agricole 2014-2015 qu'en campagne agricole 2013- 2014.

Variabilité inter annuelle de la pluviométrie de la station de Katibougou

Figure : Variation de la pluviométrie inter annuelle de la station de Katibougou (1981-2014)

La normale pluviométrique (1981-2010) de la station est de 810,96 mm



Graphique : variabilité inter annuelle de la pluviométrie à la station de Katibougou

La variabilité inter annuelle de la pluviométrie est la caractéristique principale de la station de Katibougou ainsi que des stations météorologiques de toute la zone Tropicale. Celle-ci est due à la remontée plus ou moins accusée de la branche Nord du Front de convergence intertropicale (FIT) qui oscille normalement entre 2° et 12°N.

DISCUSSIONS

Les variétés de sorgho utilisées ont été sélectionnées dans le laboratoire agro-physio-génétique et de biologie végétale de l'IPR/IFRA de Katibougou (2). Le Buttage avec cloison augmente beaucoup le capital en eau du sol, elle permet de diminuer le ruissellement et favorise plutôt l'infiltration. Pour les semis tardifs (malgré le photopériodisme qui offre une large période d'adaptation au sorgho) le stockage de l'eau peu agir négativement sur le développement des jeunes plants, ce qui nous a permis d'avoir des mauvais rendements pour les semis de la première décade du mois d'août. A la suite des auteurs J. Gigou (6) et DAPOLA C.E. (5), nous avons enregistré une nette augmentation du rendement en utilisant le buttage avec cloison et une stabilisation de l'humidité sous les plants. La répartition de la pluviométrie à une très grande importance sur la croissance d'une plante. Pour un

sol qui a une grande capacité de rétention de l'eau, la plante peut se nourrir plusieurs jours, dans le cas contraire elle subira un stress qui peut agir sur le rendement.

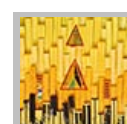
CONCLUSION

Aux termes des deux années de l'essai dans la zone agro climatique de l'IPR/IFRA de Katibougou, le buttage avec cloison a eu des impacts hautement significatifs sur les variables mesurées (Poids de mille graines, rendement paniculaire, rendement en grain et production de la biomasse aérienne). L'application du buttage augmente l'humidité de façon significative sous les plants et a un impact positif sur les variables mesurées.

BIBLIOGRAPHIE



1. ARVALIS –Institut du végétal Variétés ; 2010 - Conduites de culture CHOISIR SORGHO (60 pages).
2. BRETAUDEAU A. et al. 1988, Laboratoire d'agro-physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou.
3. CLERGET, B., et al., 2007. « An easy way to assess photoperiod sensitivity in sorghum: relationships of the vegetative-phase duration and photoperiod sensitivity ». *Journal of SAT Agricultural Research* 3 (1), 1-3.
4. CPS/SDR, 2015/2016 (Rapport de l'Enquête Agricole de Conjoncture EAC 2015/2016).
5. DAPOLA C.E., 2008, Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre –Nord du Burkina Faso, Cahier d'Outre Mer N°241242, Vol.61, Bordeaux, France, pages 99-110.
6. GIGOU J., COULIBALY L., WENNINCK B., TRAORE K.B. ; 1997, Aménagements des champs pour la culture en courbes de niveau au sud du Mali. *AgricDévelop* 14 : 47-57.
7. KANE M, 2000, Relations entre rendements des cultures, pluviométrie et caractéristiques du sol, mémoire de fin d'étude, IPR/IFRA décembre 2000, pages 16-25.
8. Spore, changements climatiques, Numéro hors série- août 2008



Influence de la densité de semis sur le comportement de la carotte (*Daucus carota* L.) variétés Shakira et New Kurada dans les conditions agro climatiques de Katibougou

Gaoussou Kader Keita¹ et Abdoulaye Sidibe²

¹IPR/IFRA de Katibougou-Mali

Adresse E-mail de l'auteur¹: Gaoussoukader7@gmail.com

RÉSUMÉ : Au Mali, en 2016 sur une population totale estimée à 18.341.000 habitants, 14.408.969 personnes pratiquent les activités agricoles. En 2016, sur 8849 551 tonnes de céréales produites sur 5504917 ha, celle du maïs a été estimée à 2811385 tonnes sur 1031522 ha (CPS/SDR, 2016). Soit, 31,77% de la production totale en céréales. Cependant, la production de la carotte, source alimentaire et de revenus monétaire doit être élevée par la maîtrise des techniques culturales et variétales. La production mondiale de la carotte (*Daucus carota* L.) était de 35,5 millions de tonnes / an (FAO, 2014). Selon la DNA (2017), du Mali, la production nationale de la carotte était de 15 805 tonnes pour une superficie de 999 ha. La faible fertilité des sols et la non maîtrise des techniques culturales considérées comme l'un des facteurs limitent la production de la carotte. L'objectif de ce travail est de mettre en évidence le comportement de deux variétés de carotte par rapport à la densité. Les variétés Shakira et New Kuroda ont constitué le matériel végétal et la méthodologie a concerné la densité de semis. Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher à trois répétitions avec deux facteurs étudiés : la densité et la variété. Les mesures biométriques ont porté sur le diamètre au collet, la hauteur et le nombre des feuilles des plants. Le plus faible nombre de feuilles a été obtenu par Sh??? 20 avec 2,33 suivi de NK?? 30, NK 20 et Sh 30 respectivement 2,66 chacun. Le traitement SH30?? a donné le plus grand diamètre des racines avec 3,63 cm, suivi de NK20?? avec 3,58 cm. Le traitement NK30 a enregistré la plus grande hauteur des plants avec 44,98 cm suivi du traitement NK20 avec 42,62 cm et le traitement Sh20 a donné la hauteur la plus basse avec 40,2 cm. Le traitement Sh30 a obtenu le plus grand rendement avec 61,33 t/ha et NK30 a eu le plus bas rendement avec 38,83 t / ha. Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel SAS.

I. INTRODUCTION

La sécurité alimentaire est l'un des domaines les plus importants pour la lutte contre la pauvreté dans l'intervention de la coopération internationale dans les pays du Sud. Dans ce cas, le soutien aux activités de production agricole et particulièrement à celles de légumes se place parmi les priorités, vu que ces légumes restent dans plusieurs cas un complément significatif à l'apport diététique des céréales.

La culture maraîchère se pratique généralement au Mali en saison sèche fraîche le long des fleuves, rivières, autour des points d'eau en ville comme en campagne et ce sont surtout les femmes rurales qui constituent la frange la plus importante de la population qui pratiquent cette activité. Actuellement, nous avons beaucoup de variétés adaptées à la saison chaude, ce qui nous permet la production de légumes en toute saison.

La production mondiale de carotte est 3,5 millions de tonnes par an (FAO 2014), le rendement moyen est de 20 à 30 t / hectare et varie selon les variétés FAO (2014). Selon la DNA (2017), du Mali, la production nationale de la carotte était de 15 805 tonnes pour une superficie de 999 ha. La culture de la carotte représente une des activités permettant la création de branches annexes agro-industrielles (conserverie, conditionnement, transport). C'est une activité permettant l'insertion des jeunes dans le

circuit économique. Elle contribue aussi à réduire l'exode rural. L'exportation de la tomate permet aux producteurs de se procurer des biens d'équipement et d'élever leur niveau de vie. C'est une plante riche en carotène, la carotte contient plus de vitamines A, elle améliore la vue, soigne les brûlures, la constipation, les maladies du foie, les maladies de la peau. Cette culture connaît aujourd'hui d'énormes difficultés sur le plan du rendement. Ces difficultés sont causées principalement par la faible fertilité des sols mais aussi surtout de la non maîtrise de la densité de semis. La densité de plantation est considérée comme l'un des facteurs limitant la production de la carotte. Deux variétés hybrides ont montré un bon potentiel d'adaptation aux conditions agro écologiques locales (Coulibaly, et al (2002).

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Matériel végétal :

Il est constitué de deux variétés de carotte. Amazonia :

Type Nantaise, l'hybride Shakira F1 et New Kuroda

Matériel technique :

Les outils utilisés sont consignés dans le tableau 5.

Méthodes

Facteurs étudiés :



Deux facteurs ont fait l'objet de l'étude : la densité de semis prise à deux niveaux de variation (D1 : 20 cm entre les lignes et D2 : 30 cm entre les lignes) et la variété à deux niveaux dont Shakira et New Kuroda.

Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher avec quatre traitements en quatre répétitions ou blocs. Dimensions des unités expérimentales, des blocs et de la parcelle d'essai. Les planches ont de 10 m de long sur 1,40 m de large, soit une superficie de 14 m² séparées par des allées de 0,40 m de large. Le dispositif de l'essai avait une superficie de 112 m². L'affectation des différentes variétés sur les parcelles a été faite par tirage au sort.

Chaque parcelle élémentaire comportait 25 lignes et les observations étaient faites sur 20 plants des lignes centrales pour chaque traitement.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats

Diamètre au collet des plants au 30^{ème} jour après semis, 45^{ème} jour après semis, 60^{ème} jour après semis, 75^{ème} jour après le semis. Pour le diamètre au collet, il n'y a aucune différence significative aux 30^{ème} jour après semis, 45^{ème} jour après semis, 60^{ème} jour après semis et 75^{ème} jour après semis. Ce qui veut dire que la densité n'a pas eu d'influence sur le diamètre au collet des plants. Mais des différences arithmétiques existent entre les différents traitements (Figure 1). L'analyse de cette figure nous révèle que le traitement Sh20 domine les autres à la DC1 avec 0,46 cm; à la DC2 c'est le traitement Sh30 qui a donné le plus grand diamètre au collet avec 0,56 cm; à la DC3 et à la DC4, c'est le NK30 qui arrive en tête avec 1,42 cm et 1,33 cm de diamètre respectivement.

Hauteur des plants cm

Nous n'avons obtenu aucune différence significative. La densité n'a pas eu d'effet sur la hauteur des plants au cours des trois décades. Par contre, cette analyse de variance a fait ressortir une différence hautement significative au 75^{ème} jour après semis avec une probabilité de <0,001. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % a fait apparaître quatre groupes homogènes a, b, c, et d (Figure 2).

Nombre moyen de feuilles par plant. L'analyse de variance des données sur le nombre moyen de feuilles par plant n'a montré aucune différence significative et la densité de semis n'a pas eu d'influence sur cette variable. Mais des différences arithmétiques apparaissent et sont représentées à travers la figure 3 ci-dessous :

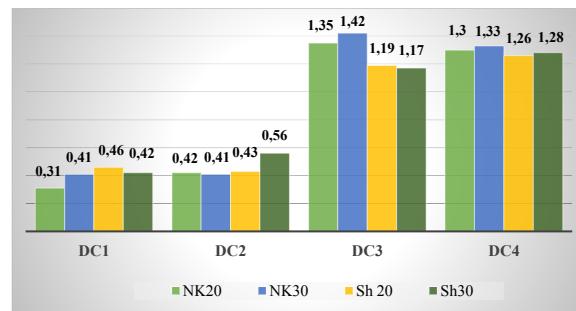


Figure 1 : Diamètre au collet des plants cm

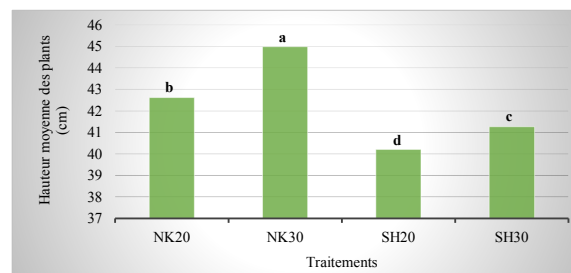


Figure 2 : Hauteur moyenne des plants cm.

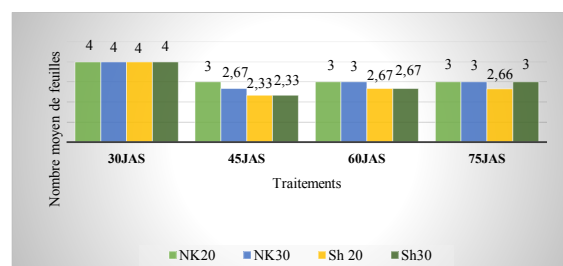


Figure 3 : Nombre moyens de feuilles

L'analyse de variance des données sur le rendement a montré des différences significatives entre les traitements.

Nous deduisons que les écartements ont eu de l'influence sur les rendements de la culture avec une probabilité de 0,005. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% fait apparaître deux groupes homogènes a et b (Figure 4).

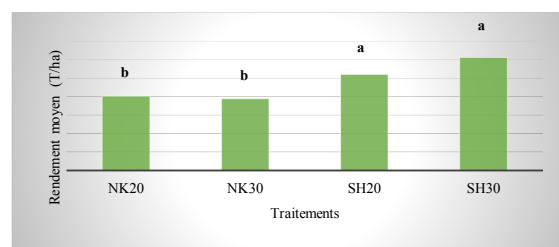


Figure 4 : Rendement (t/ha)

Discussion

La densité de semis a eu un effet significatif sur la croissance et le rendement de la carotte. Cela s'explique par la concurrence à la recherche de la lumière et des éléments nutritifs dans les différentes couches du sol traversées. A cet effet, Soltner (2000)



a montré que la bonne croissance des plantes et leur tolérance aux différentes agressions (parasitisme par exemple), résultent non seulement d'une bonne alimentation en éléments N, P, K, mais également d'une disponibilité suffisante en éléments secondaires et oligo-éléments (Fe, Mn, Cu, Zn, Bo, Mb) et en divers activateurs. Or, plus la densité de semis est grande, plus il y aura de la compétition nutritive entre les plants, et moins la densité est grande plus les éléments nutritifs seront disponibles pour les plants. Pour la carotte cultivée en champ, Konsler et Shelton (1984) ont observé une forte influence de l'espacement entre les plants (29 à 258 plants / m²) sur la croissance racinaire. La taille moyenne des racines était proportionnelle à l'espace disponible pour le plant, tandis qu'il y avait une relation très étroite entre le rendement racinaire par unité de surface et les populations de plants. Ces résultats convergent avec les nôtres qui montrent que plus les plants sont espacés, plus les racines sont grosses; mais plus ils sont serrés, plus le rendement est grand. En revanche, dans un essai conduit par Oliver (1996), aucun effet significatif n'a été observé selon les densités de plantation parce que les plantules étaient trop petites pour observer un effet de densité. Avec des écartements de 25, 30 et 35 ??? et un taux de germination de 65 %, le taux d'émergence a été de 27, 32 et 38 plants/m², respectivement (Oliver, 1996).

IV. CONCLUSION

Au terme de notre étude sur l'influence de la densité de semis sur le comportement de la carotte dans les conditions agro climatiques de Katibougou, il ressort que : Les résultats des analyses de variance sur le diamètre au collet des plants n'ont pas décelé de différences significatives au 30^e jour après semis, 45^e jour après semis, 60^e jour après semis et 75^e jour après semis; L'analyse des résultats sur la hauteur moyenne des plants n'a pas montré de différences

significatives aux 30^e jour après semis, 45^e jour après semis et 60^e jour après semis. Mais par contre, au 75^e jour après semis, cette analyse de variance a montré une différence hautement significative sur la hauteur des plants avec une probabilité de <,001. Ainsi, le traitement NK30 a enregistré la plus grande hauteur des plants avec 44,98 cm, suivi du traitement NK20 avec 42,62 cm et le traitement sh20 a donné la hauteur la plus petite avec 40,2 cm. L'analyse ne fait pas ressortir de différences significatives sur le nombre moyen de feuilles. L'analyse de variance ne fait pas ressortir de différences significatives sur le diamètre moyen des racines et la longueur moyennes des racines. L'analyse de variance fait apparaître des différences significatives dans les résultats des rendements de la carotte avec une probabilité de 0,005. Le rendement le plus élevé est obtenu avec le traitement SH30 avec 61,33 t / ha, suivi de SH20 avec 52,00 t / ha et NK 30 a enregistré le plus bas rendement avec 38,83 t / ha.

REFERENCES

- CHAUVET, M. J. SIEMONSMA ?. 2004 : Ressource Végétale de l'Afrique tropicale 2 Légumes. Pays-Bas. Fondation PROTA, Wageningen. N° de pages (315-319) ; 736 Pages.
- CPS/SDR), 2016. Statistique de la population.
- TORRE M., 2004 : Les Légume et Céréales qui nous guérissent. Paris BRODAR DE TAUPIN. N° de page (185 - 187) ; 333 Pages.
- LI. C., 2010. Serum α -carotene concentration and risk of death among US adults. Arch. Intern. 515p.
- Konsler T.R. and. Shelton J.E, 1984. Plant spacing, mulches and soil effect on cultivated American ginseng (*Panax quiquefolium* L.). Sixth North American ginseng conference, University of Gueph, Canada, Eds J.T.A. Protor



Relation taille-poids chez *hemichromis fasciatus* peters, 1852 dans le lac de barrage hydroélectrique de Sélingué

Kadiatou Traoré^{1*}, Youssouf Sanogo¹, Adama Konaté¹, Fassé Samaké², Diop Ramata¹ et Diakaridia Traoré¹

¹Faculté des Sciences et Techniques

²Institut des Sciences Appliquées

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

* Adresse de correspondance : kkadi801@gmail.com

RESUME : La présente étude décrit la croissance pondérale de *Hemichromis fasciatus* à travers la relation taille-poids dans le lac de barrage de Sélingué sur la rive droite de la rivière Sankarani, un affluent du fleuve Niger. Au total, 1050 poissons ont été échantillonnés mensuellement de mars 2017 à février 2019 dans les captures de la pêche artisanale. Ces poissons ont été pesés et mesurés afin d'établir la relation taille poids par la méthode des moindres carrés en utilisant le programme EXCEL. Les résultats ont montré que la valeur de la pente b de la droite logarithmique est supérieur 3 traduisant une croissance meilleure en poids qu'en taille quel que soit l'année, pour le sexe considéré (3,13 à 3,23) mais la valeur de b reste la même (3,16) pour l'ensemble des sexes (mâles et femelles). Par contre le suivi mensuel de la pente b a révélé une variation de la croissance d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre. Cependant, il existait une bonne corrélation entre la taille et le poids, les R étant proche de 1 (0,986 à 0,989). Ces résultats pourraient servir de référence pour *Hemichromis fasciatus* dans le cadre d'un aménagement de la pêche lacustre de Sélingué.

Mots clés : Relation taille-poids, croissance, *Hemichromis fasciatus*, lac de Sélingué, Mali.

SUMMARY: The present study describes the weight growth of *Hemichromis fasciatus* through the size-weight relationship in the Sélingué dam lake on the right bank of the Sankarani River, a tributary of the Niger River. In total, 1050 fish were sampled monthly from March 2017 to February 2019 in the catches of the artisanal fishery. These fish were weighed and measured in order to establish the size-weight relationship using the least squares method using the EXCEL program. The results showed that the value of the slope b of the logarithmic line is greater than 3, reflecting better growth in weight than in size whatever the year, for all sexes and for the sex considered (3.13 to 3.23). On the other hand, the monthly monitoring of slope b revealed a variation in growth from month to month and from year to year. However, there was a good correlation between height and weight, R being close to 1 (0.986-0.989). These results could serve as a reference for *Hemichromis fasciatus* within the framework of a management of the Sélingué lake fishery.

Keywords: Size-weight relationship, growth, *Hemichromis fasciatus*, Lac de Sélingué, Mali.

I. INTRODUCTION

Hemichromis fasciatus Peters, 1852 est un poisson de la famille des Cichlidés largement répandu dans les bassins fluviaux en Afrique de l'Ouest [1]. Au Mali, l'espèce se rencontre dans les bassins des fleuves fluviaux du Sénégal et Niger [2,3 et 4]. Elle apparaît dans les captures de la pêche artisanale du lac de Sélingué en raison de sa valeur économique [5] et joue un rôle biologique et écologique. Ce poisson possède des caractéristiques de reproduction analogues à celles des espèces du genre *Tilapia* (www.nzdl.org/gsdmod [6]).

Au regard de son importance dans les captures des pêcheries du lac de barrage hydroélectrique de Sélingué, nous avons étudié chez ce poisson la relation taille poids qui traduit la croissance pondérale dans l'optique d'une bonne exploitation et une meilleure gestion de l'espèce. En effet, l'étude de la relation taille-poids répond généralement en halieutique à deux objectifs à savoir la détermination

du poids des individus dont on connaît la taille ou inversement et la description des formes, de l'embonpoint et de ses variations au cours de la croissance [7 et 8].

Les données de l'étude ont été récoltées sur le terrain de façon continue sur une période de deux ans, de mars 2017 à février 2018.

II. MATERIEL ET METHODES

Les données ont été collectées dans le débarcadère de Carrière et ses environs dans la zone lacustre du barrage hydroélectrique de Sélingué (figure 1). Cette zone est sous l'influence du climat de type soudanien caractérisé par l'alternance d'une saison sèche (novembre à avril) et d'une saison pluvieuse (mai à octobre) avec 1200 à 1400 mm de pluies par an. La température moyenne annuelle varie de 23,7 à 28,6°C [9].

Chaque mois, au moins 30 spécimens de *H. fasciatus* étaient prélevés dans les captures de la pêche



artisanale. Ces poissons ont été pesés à l'aide d'une balance de marque Nahita de 2 kg de portée et 0,01g de précision puis mesurés à l'aide d'un pied à coulisse de marque Mitutoyo de 30 cm gradué en millimètres. Les pesées ont porté sur le poids total en g et les mensurations sur la longueur standard en mm.

L'étude de la relation taille poids a été faite à l'aide la formule $W = aL^b$ [8]. En règle générale, l'acquisition du poids (W) en fonction de la longueur (L) des individus est décrite chez les poissons par une fonction puissance du type $W = aL^b$. Cette relation est connue sous sa forme logarithmique $\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L$. Les paramètres a (constante) et b (pente), indépendants l'un de l'autre, sont régis par des lois de croissance. b est généralement

compris entre 2 et 4 et souvent proche de 3. Il représente le rapport des vitesses de croissance spécifique pour le poids et la longueur. Lorsque b est égal à 3, la croissance est dite isométrique et lorsqu'il est supérieur ou inférieur à 3, la croissance est dite allométrique. Un coefficient b supérieure à 3 indique une meilleure croissance en poids qu'en longueur (l'allométrie est dite majorante) et si b est inférieur à 3, la croissance est meilleure en longueur qu'en poids (l'allométrie est dite minorante).

L'étude a touché 1050 poissons dont 485 spécimens la première année et 565 spécimens la deuxième année. Le logiciel Excel version 10 et le Programme PAST sont utilisés pour le traitement et l'analyse des données.

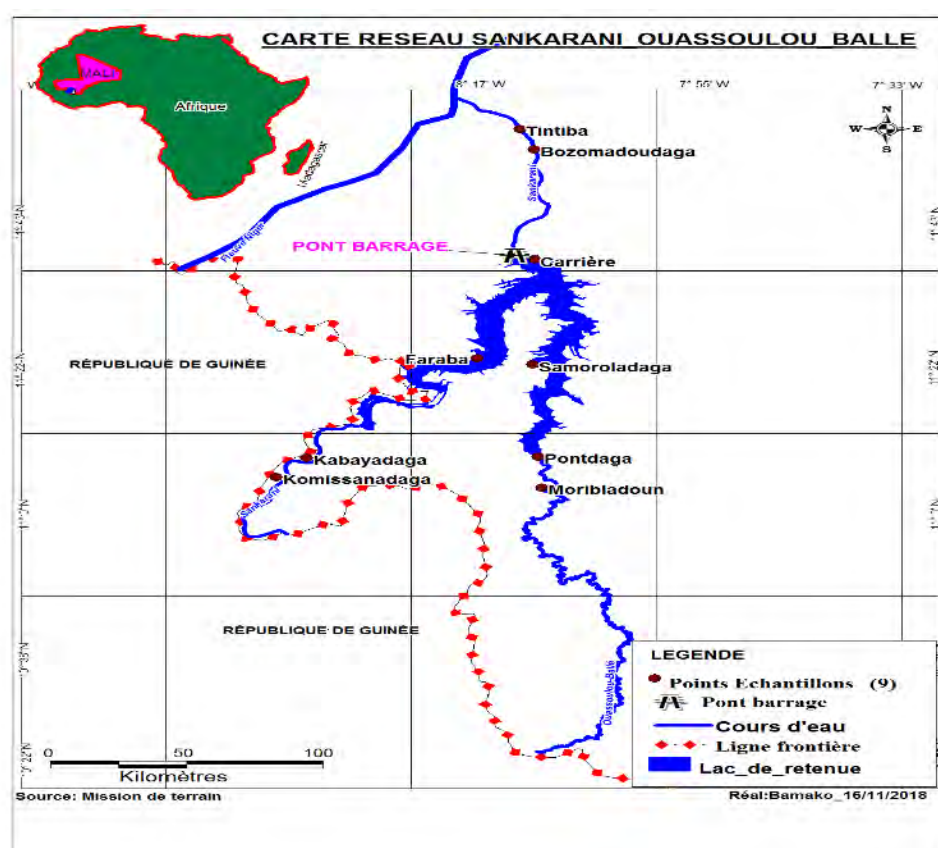


Figure 1 : Localisation du barrage de Sélingué et du débarcadère de Carrière et ses environs

III. RESULTATS

3.1. Relation taille poids globale

Les paramètres de la relation taille sont représentés dans le tableau 1. Les valeurs de la pente b de l'équation logarithmique de la relation taille poids étaient variables d'une année à l'autre pour le sexe considéré. Par contre, elles étaient identiques pour l'ensemble des échantillons (mâles et femelles) d'une année à l'autre. Toutefois, les valeurs restaient supérieures à la valeur théorique 3 : la croissance était allométrique majorante chez *H. fasciatus*.

Les diagrammes logarithmiques de la relation taille-poids établis pour les sexes et pour l'ensemble des échantillons collectés ont montré que les points étaient bien alignés le long de la droite aussi bien en première année qu'en deuxième année d'étude (figures 2 à 7). Les paramètres R relatifs à la régression étaient tous proches de 1 (tableau 1). Il existait une bonne corrélation entre la taille et le poids.



Tableau 1 : Paramètres des relations taille-poids chez les poissons échantillonnés dans le lac de Sélingué.

Année	Première année				Deuxième année			
	F	a	b	R	F	A	b	R
Mâles	318	0,0082	3,13	0,986	409	0,0077	3,17	0,988
Femelles	167	0,0069	3,23	0,989	156	0,0082	3,15	0,985
Mâles+femelles	485	0,0079	3,16	0,987	565	0,0080	3,16	0,987

F = effectif ; a = constante ; b = pente ; R = régression.

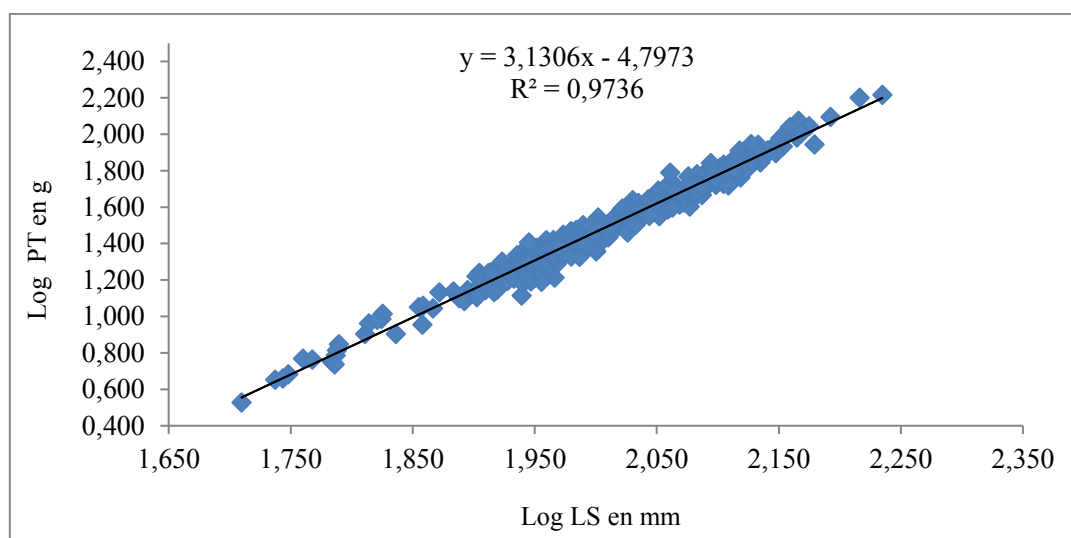


Figure 2 : Diagramme logarithmique de la relation taille poids chez les mâles de mars 2017 à février 2018.

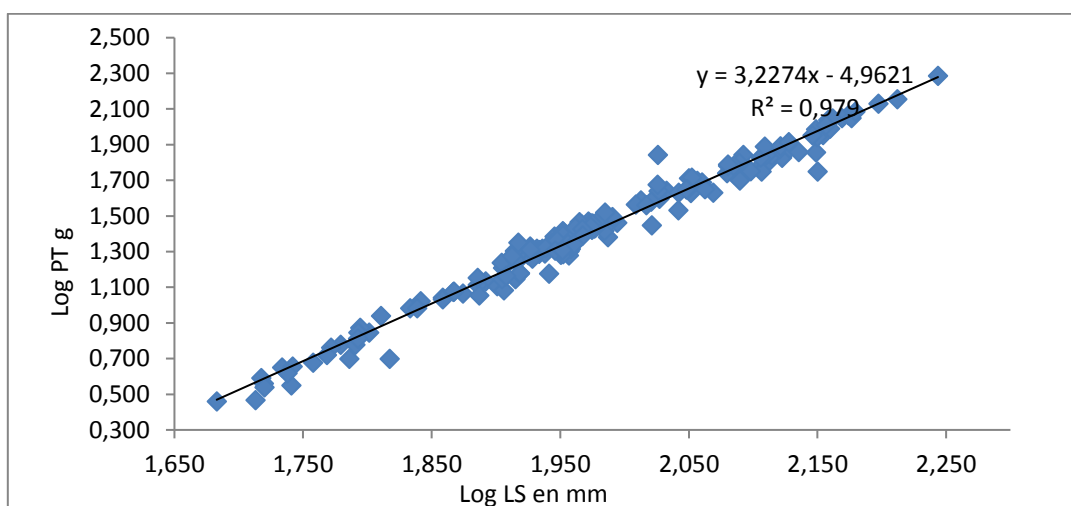


Figure 3 : Diagramme logarithmique de la relation taille poids chez les femelles de mars 2017 à février 2018.



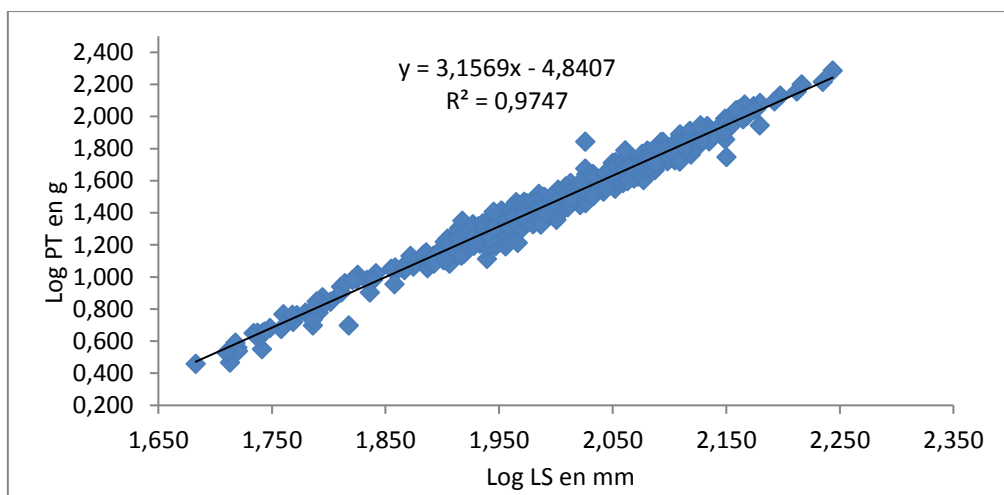


Figure 4 : Diagramme logarithmique de la relation taille-poids chez l'ensemble des échantillons collectés (mâles + femelles) de mars 2017 à février 2018.

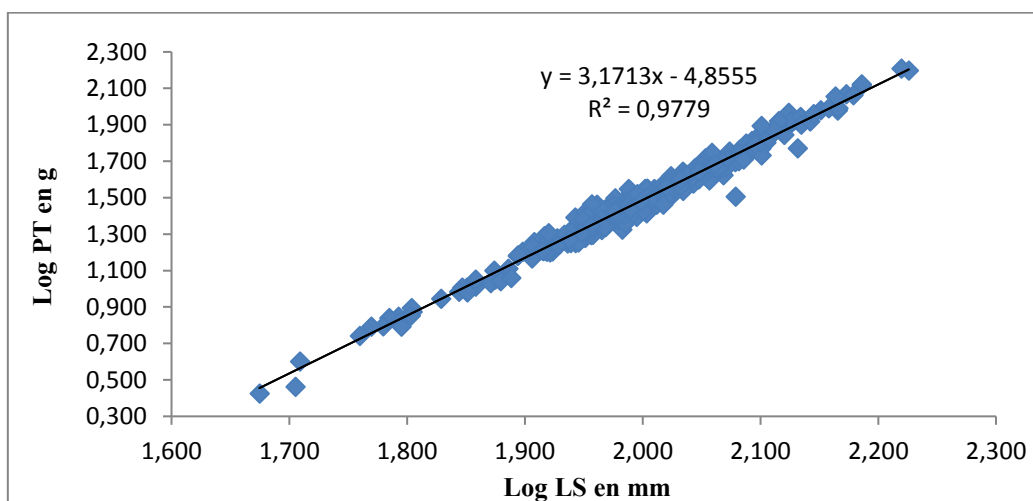


Figure 5 : Diagramme logarithmique de la relation taille poids chez les mâles de mars 2018 à février 2019.

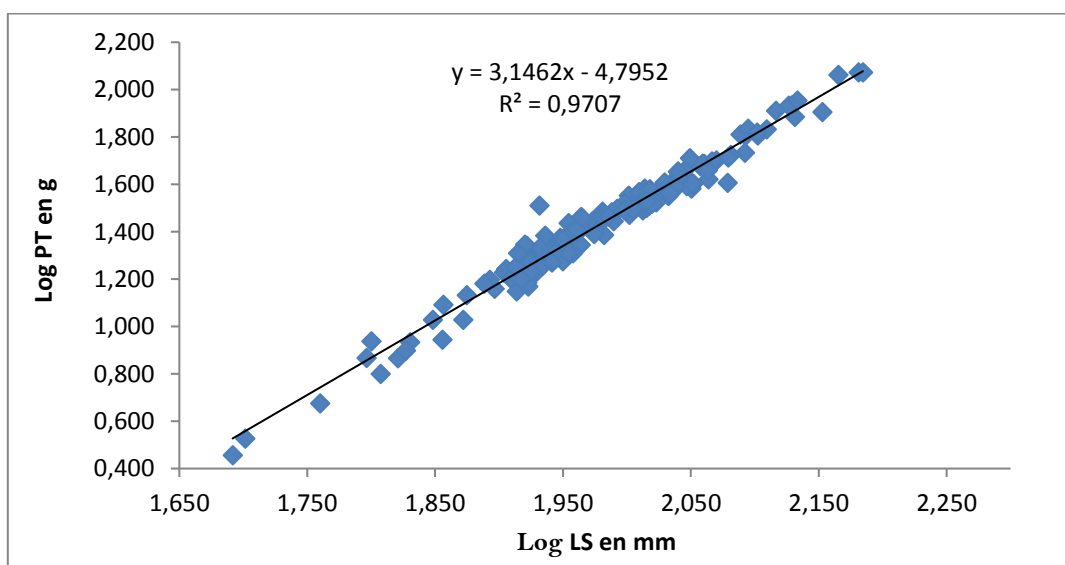


Figure 6 : Diagramme logarithmique de la relation taille poids chez les femelles de mars 2018 à février 2019.



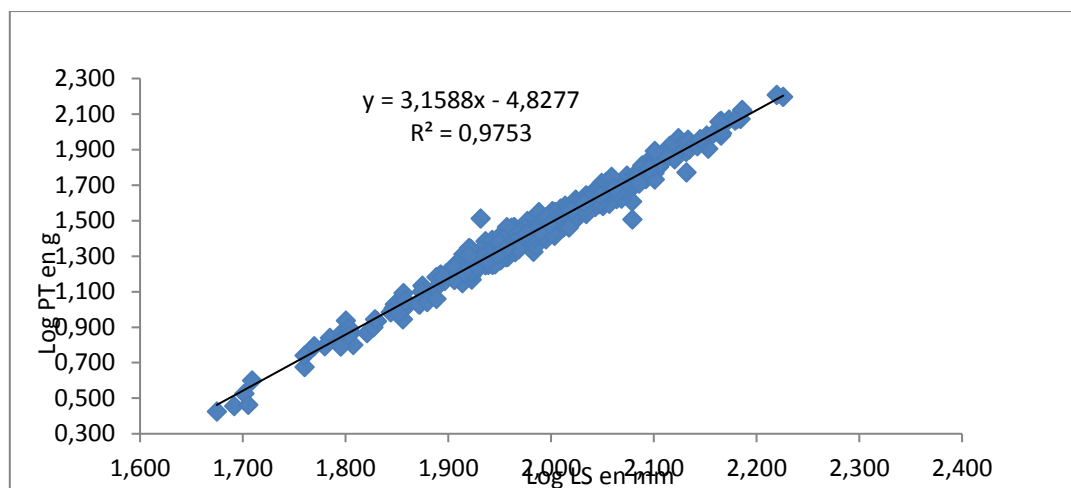


Figure 7 : Diagramme logarithmique de la relation taille-poids chez les échantillons collectés (mâles + femelles) de mars 2018 à février 2019.

3.2 Evolution mensuelle de la relation taille poids

Les courbes de l'évolution mensuelle de l'allométrie sont représentées sur la figure 8. L'allométrie était variable d'un sexe à l'autre et au sein du même sexe d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre.

Pendant la première année (mars 2017 à février 2018), la croissance est allométrique majorante chez la femelle. En janvier, une seule femelle a été retrouvée dans les captures et la croissance n'a pu être évaluée. Par contre, chez le mâle, l'allométrie

est minorante en mars, isométrique en mai et juillet et majorante les autres mois.

Pendant la deuxième année chez le mâle, la croissance est isométrique en avril et septembre. Elle est allométrique minorante en décembre et reste majorante le reste de l'année. En revanche, chez la femelle, la croissance est allométrique minorante en mai et février, isométrique en septembre. En décembre, une seule femelle a été retrouvée dans les captures et la croissance n'a pu être évaluée pendant ce mois.

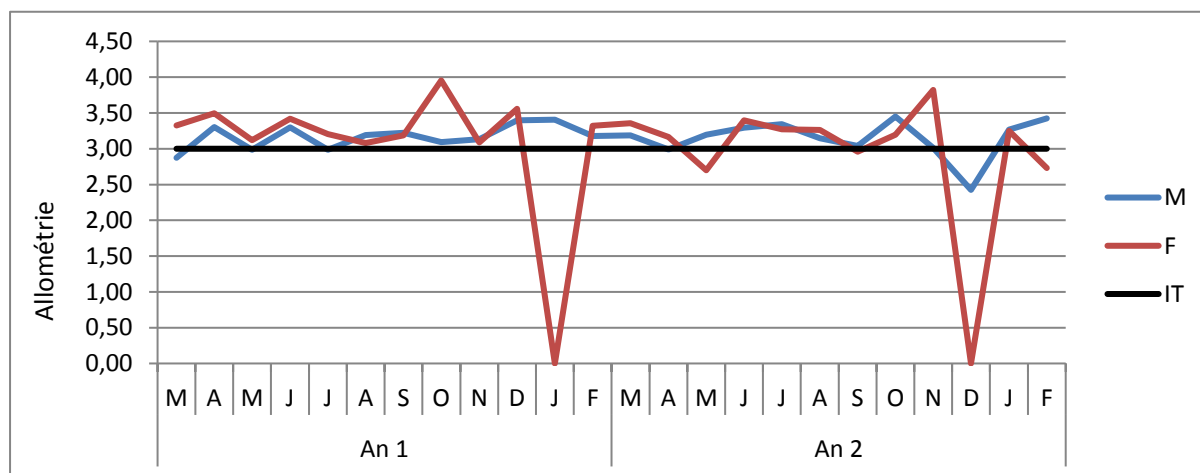


Figure 8 : Courbes de l'évolution mensuelle de l'allométrie chez les spécimens de *H. fasciatus* échantillonnés au cours de l'étude (M = mâle, F = femelle, IT = isométrie théorique 3)

IV. DISCUSSION

La croissance établie à partir de la relation taille poids montre une variation mensuelle de l'allométrie selon le sexe et le mois. Dans le cas de l'allométrie minorante, le poisson grandit plus vite qu'il ne grossit et dans le cas de l'allométrie majorante, le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit. Par contre, l'allométrie globale est majorante la première année

et la deuxième année aussi bien pour chaque sexe et pour l'ensemble des spécimens échantillonnés.

Les variations mensuelles de l'allométrie pourraient être expliquées par les variations des conditions environnementales qui semblent ne pas avoir une grande influence sur l'état de croissance globale du poisson. La croissance mensuelle semble montrer une dynamique au niveau de l'état physiologique. L'activité reproductrice avec l'utilisation d'une



partie importante des réserves nutritives du poisson pourrait jouer un rôle dans cette dynamique. Elle pourrait être retenue comme un facteur important de variation de l'état physiologique et de ce fait de l'allométrie.

Les droites d'allométrie fournissent des renseignements précieux, en ce sens qu'elles donnent une description dynamique et non statique de l'espèce, quelles décrivent celle-ci tout au long de sa croissance et non pas seulement sa forme pour une taille donnée [10].

La relation taille-poids est largement utilisée dans la gestion des pêches car elle fournit des informations sur l'état des stocks de poissons dans un écosystème aquatique [11, 12]. Elle constitue un outil important pour la bioécologie des stocks de poissons et permet l'évaluation des stocks [13].

Dans le cas de notre étude, les spécimens de *H. fasciatus* échantillonnés ont présenté une meilleure croissance en faveur du poids. Les variations mensuelles de l'allométrie constatées pourraient être liées à l'activité reproductrice du poisson. L'état physiologique global de *H. fasciatus* semble ne pas être affecté par ces variations mensuelles. Les facteurs environnementaux semblent être stables pour cette espèce car la valeur de b est la même pour les deux années d'études (3,16).

Les résultats de l'étude pourraient servir d'indicateurs de suivi de la croissance de *H. fasciatus* dans le cadre d'un aménagement de la pêche du lac de Sélingué.

V. CONCLUSION

L'étude a montré une croissance en faveur du poids malgré des variations mensuelles. La croissance pondérale globale de *H. fasciatus* semble ne pas être affectée par les variations mensuelles constatées. Chez ce poisson, il a existé une bonne corrélation entre la taille et le poids.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest-Mali (PPAAO/WAAPP-Mali) pour le financement d'une partie des recherches sur le terrain, les communautés de pêche pour leur franche collaboration et les anonymes qui ont bien voulu participer à la lecture de cet article.

REFERENCES

[1] G.G. Teugels et D.E.F. Thys Van Den Audenaerde, Cichlidae in Faune des poissons d'eau douce et saumâtre d'Afrique de l'ouest, Tome 2, C. Lévêque, D. Paugy et G.G.

Teugels, Eds. Paris : Collection Faune Tropicale, ORSTOM-MRAC, Paris, 1992, pp. 714-779.

[2] Y. Sanogo, F. Samaké, K. Konaté, M.S. Maïga et D.F. Dansoko, Diversité de communautés ichthyologiques de la réserve de biosphère du Baoulé au Mali. Etudes et recherches sahéliennes, n° 14-15, 2010 a, pp. 128-147.

[3] Y. Sanogo, D. Traoré, F. Samaké et A. Koné, Les communautés ichthyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali. Tropicultura, n°30, 2012, pp. 65-71.

[4] Y. Sanogo, F. Samaké, A. Koné et D. Traoré, Diversité du peuplement ichthyologique de la rivière Bagoé (Bassin du Niger, Mali). Agronomie Africaine 27 (1), 2015, pp. 47-56.

[5] Kantoussan, Impact de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons : Application aux retenues artificielles de Sélingué et Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Rennes Agrocampus : Thèse de doctorat, 2007, p. 195.

[6] www.nzdl.org/gsdllmod, Pisciculture en eau douce : Tilapia. Maisonneuve et Larisse, 1993. Consulté le 30 janvier 2020.

[7] J.S. Huxley et G. Teissier, Zur terminologie des relativen Grössenwachstums. Biol. Zbl, 56, G., 1936, pp. 381-3.

[8] G. Teissier, La relation d'allométrie, sa signification statistiques et biologique. Biometrics, (4), 1, G., 1948, pp. 14-53.

[9] N.N. Sanogho, Etude sur les menaces qui pèsent sur l'environnement et les ressources du lac de Sélingué. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Consultation UCN/PMEDP/Mali, 2004, p. 52.

[10] A. Mayrat, Allométrie et taxinomie. Revue de statistique appliquée, tome 18, n°4, 1970, pp. 47-58.

[11] T.B. Bagenal et A.T. Tesch, Conditions and Growth Patterns in Fresh Water habitats. Blackwell Scientific publications, Oxford, 1978, pp. 75-89.

[12] M.Y. Hossain, Z.F. Ahmed, P.M. Leunda, S. Jasmine, J.J. Oscoz, R. Miranda et J. Ohtomi, Condition factor, length-weight and length-length relationship of the Asian striped catfish *Mystus vittatus* (Bloch, 1794) (Siluriformes : Bagridae) in the Mathabhangha River, Southern Bangladesh. Journal of Applied Ichthyology. 22, 2006, pp. 304-307.

[13] L. Bologni, F. Domenichetti, F. Grati, P. Polidori, G. Scarcella et G. Fabi, Weight-length relationships for 20 fish species in the Adriatic Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences n°13, 2013, pp.



Effects of Diets Fortified with Onion (*Allium cepa*. L.) Powder on Growth, of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Aboubacar Kané^{1*}, Adetola Jenyo-Oni², Siaka Dembélé¹, Mahamadou Kelepily¹, Salif Maiga³

¹IPR/IFRA de Katibougou, Mali

² University of Ibadan, Nigéria

³ IER Mopti, Mali

*Corresponding author's email address: aboubackane@gmail.com

SUMMARY: Phytogenics such as Onion powder (OP) in aquaculture is increasing because they could enhance productivity. Information on utilisation of OP in *Oreochromis niloticus* production is limited. Therefore, growth performance of *Oreochromis niloticus* fed diets fortified with OP bulbs was investigated. Fresh Onions (*Allium cepa*. L.) bulb were washed, chopped into small pieces, air dried, and ground. The OP was used to supplement diet at 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5%. *O. niloticus* (n=360; 1.76±0.14g) were randomly divided in 6 treatments 3 replicates and fed twice a day with 5% body weight for 12 weeks. Crude Protein (CP, %), Ether Extract (EE, %), and Moisture content (MO, %) of fish were done using standard methods. Weight gain (WG, g), and feed conversion ratio (FCR), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER) and feed intake (FI) were monitored using standard procedures. Data were analysed using descriptive statistics, quadratic regression and ANOVA at p=0.05. Highest CP (77.53±0.60%) was recorded in OP₄ and least (56.80±0.60%) in OP₃. Highest WG was (3.66±0.79g) and least FCR (3.26±0.43g) in OP₁, while least WG (2.46±1.50g) and highest FCR (4.05±0.47g) in OP₂. The range of protein efficiency ratio (PER) was from (0.83±0.01%) in OP₂ to (1.03±0.13%) in OP₁. The highest value of feed intake (FI) (11.70±1.21g) was obtained in OP₁ and the least (9.90±0.63g) in OP₂. This study showed that the optimum inclusion of onion powder in diets inclusion which can improve WG of *O. niloticus* was OP₁, i.e. with 0.5% supplement.

Keywords: onion powder, *Oreochromis niloticus*, diet fortified, growth, aquaculture.

I. INTRODUCTION

Aquaculture is one of the fastest growing food producing sectors and it accounts for more than 50 percent of the world food fish production. Its contribution to global seafood supplies in comparison to capture fisheries is increasing steadily for last few decades (Muhammad and Anser, 2015). According to FAO (2014), fish is among the most traded food commodities world-wide accounting for 17 per cent of global intake of animal protein. Over the years, the total world fishery production decreased slightly and the human consumption for aquatic products increased (FAO, 2012). Fish consumption per capita in Nigeria is 17.1kg/year which is less than the estimated 20.1kg/year consumption per capita (FAO, 2016). Olaifa (2015), observed that the actual annual fish demand of Nigeria is 2.68 million tonnes, whereas only 0.78 million tonnes are produced locally leaving a huge deficit of 1.8 million tonnes. The reduction in capture fisheries was partly compensated for the fast growth of aquaculture industry.

Omitoyin (2007) reported that in aquaculture production, feed is the single most important input. Producers may choose a least-cost feed ration to achieve a certain production target, which could be represented in a model by a cost-minimization

problem subject to explicit constraints, such as minimum nutrient requirements.

Researchers have intensified efforts to exploit natural products such as herbs and plants in development of alternative dietary supplements that enhance growth performance, and health and immune system of cultured fish instead of chemotherapeutic agents (Syahidah *et al.*, 2015). Onion powder has been reported to contain prebiotic potentials which are non-digestive food and these are metabolized by specific microorganisms beneficial to the health and growth of the host (Gibson and Roberfroid, 1995; Manning and Gibson 2004).

Tilapia is the common name applied to three genera of family Cichlidae (*Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Tilapia*) including about 70 species (Meyer, 2002). Tilapia is an important food fish in many tropical and sub-tropical countries as it provides one of the most important sources of animal protein in the world (FAO, 2012). They are considered suitable for culture because of their high tolerance to adverse environmental conditions, relatively high growth rate, good taste, ability to efficiently convert organic and domestic wastes into high quality protein and the ease with which they can be bred (Yi *et al.*, 1996). Tilapia is among the most studied groups of fish in Africa water bodies and they are increasingly prominent in freshwater aquaculture in many regions



of the world (Admassu, 1996; Coward and Bromage, 1998).

Production of tilapias has a wide distribution, notably in Asia, Africa, and Americas. The global production of tilapia reached 4,507,002 tons in 2012, representing 10.2% of total farmed fish production (FAO, 2014). Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is one of the important fish aquacultures worldwide, with a production above 3.9 million tons in 2015 (FAO, 2016). Tilapia rearing needs research to make it easier for farmers. This includes: solutions to reduce mortality and to accelerate its growth. In fact the use of Onion as an additive needs further research especially in the cultivation of Nile tilapia. In other hand, in Mali and Nigeria, it is better to increase Nile tilapia culture so as to boost aquaculture production due to their huge market potentials. This study evaluated the effects of varying red onion powder inclusion level in the diets on growth performance.

II. OBJECTIVES

2.1 General Objective

To investigate the effect of diets fortified with onion powder on growth performance of Nile Tilapia.

2.2 Specific Objectives

- Determine the effect of varying Onion powder inclusion in the diets on growth performance and nutrient utilisation of *O. niloticus*;
- Assess the impacts of Onion powder inclusion on gut morphometry of *O. niloticus*.

III. MATERIALS AND METHODS

3.1 Experimental site

This study was carried out in the Department of Aquaculture and Fisheries Management Laboratory located in the Faculty of Renewable Natural Resources, University of Ibadan.

3.2 Preparation of Onion power

Fresh onions (*Allium cepa* L.) bulb was purchased from Bodija Market in Ibadan. Two kilograms of onions were washed thoroughly with clean water and finely chopped into small pieces. The small pieces were spread in room for 3 weeks to air dry. After drying, the onion was grounded in University of Ibadan Fish Farm into powder and the powder was used as feed additive.

3.3 Diets preparation

Fish feed ingredients were procured from a reputable commercial fish feed store in Ibadan and basal diet of 30% crude protein was prepared using: cellulose, soybean meal, fishmeal, ground nut oil, Salt, Lysine, methionine, maize, fish premix etc. The diets preparation is showing in Table 3.1.

3.4 Experiment fish and feeding conditions

Three hundred and sixty fingerlings of mixed sex *Oreochromis niloticus* (mean weight 1.79 ± 0.14 g) were obtained from a reputable commercial fish

farm. The fish were acclimatized to environmental conditions for 2 weeks before starting the feeding trial. The fish were randomly distributed into 18 rectangular plastic aquaria of 35L capacity at the density 20 fish per aquarium. Each aquarium was supplied with fresh tapwater with 50% changes every two days. Fish were hand fed two times a day (in the morning 8:00-9:00 am, and in the evening 4:00-5:00 pm) for 12 weeks. The fish were fed at 5% body weight daily 2.5% in the morning and 2.5% in the evening. Dead fish were daily recorded and removed. Every week, the average weight of fish for each aquarium was determined with digital scale (NOTEBOOK series with 500gx0.01g), made in China. Measurement of the weight changes was performed every 2 weeks and the feeding rate was adjusted according to the new body weight.

3.5 Proximate analysis of experimental feeds

Proximate composition of each treatment sample was determined. Crude protein, Crude fibre, Ash content, Ether extract, and Moisture content were analyzed chemically according to the official methods of analysis described by the Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C., 2005). All analysis was carried out in duplicate.

3.6 Determination of growth performance and feed utilisation

The growth performance and feed utilisation including weight gain (WG, g) percent weight gain (%WG), specific growth rate (SGR, %/day), and feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER) were determined as follows (Saleh *et al.*, 2015):

Feed intake (FI)

= *The amount of feed fed throughout the period of the experiment* (1)

Mean weight gain per week =

$$\frac{\text{Total weight of fish}}{\text{Number of weeks}} \quad (2)$$

$$WG = FW - IW \text{ (g/fish)} \quad (3)$$

$$\%WG = 100 \times$$

$$\frac{\text{final fish weight (g)} - \text{initial fish weight (g)}}{\text{initial fish weight}} \quad (4)$$

$$SGR = 100 \times$$

$$\frac{(\ln \text{ final fish weight (g)}) - (\ln \text{ initial fish weight (g)})}{\text{experimental days}} \quad (5)$$

Where, ln= the natural logarithm



$$FCR = \frac{\text{feed fed (g)}(\text{dry weight})}{\text{weight gain}} \quad (6)$$

$$PER = \frac{\text{weight gain (g)}}{\text{protein fed (g)}} \quad (7)$$

Table 1: Gross Composition of the experimental diets (g/1000g DM)

Ingredients	Treatments					
	OP ₀	OP ₁	OP ₂	OP ₃	OP ₄	OP ₅
Fish meal 72%CP	148.8	148.8	148.8	148.8	148.8	148.8
Soybean meal 48%CP	148.8	148.8	148.8	148.8	148.8	148.8
Ground nut cake 45%CP	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3
Yellow Maize 9%CP	478.1	478.1	478.1	478.1	478.1	478.1
Cellulose	108.2	103.2	98.2	93.2	88.2	83.2
Oil (ground nut)	20	20	20	20	20	20
Premix*	5	5	5	5	5	5
Lysine	2	2	2	2	2	2
Methionine	2	2	2	2	2	2
Vitamin C	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Salt	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
DCP**	10	10	10	10	10	10
Onion powder	0	5	10	15	20	25
Total in gram	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Note: * Premix = HI-MIX®AQUA (Fish) each one kilogram (1 kg) contains; vitamin A, 4,000,000 International Unit (IU); vitamin D3, 8,00,000 IU; vitamin E, 40, 000 IU; vitamin K3, 1,600 mg; vitamin B1, 4,000 mg; vitamin B2, 3,000 mg; vitamin B6, 3,800 mg; vitamin B12, 3 mcg; Nicotinic acid 18000 mg; Pantothenic acid, 8000 mg; Folic acid, 800 mg; Biotin, 100 mcg; Choline chloride 120,00.

**DCP= dicalcium phosphate; OP₀= control (with 0g Onion powder), OP₁, OP₂, OP₃, OP₄, OP₅ are treatments with respectively 5g; 10g; 15g; 20g and 25g/1000g Onion powder additive.

3.7 Histological processing of gut of *O. niloticus* fed with onion powder

The appropriately labeled samples were brought to the laboratory and subjected to the following procedure. Dissected, and appropriately labeled, fixed in 10% neutral buffered formalin for further fixing before processed in automatic tissue processor, embedded in paraffin wax and sectioned at 5 microns on a rotary microtome mounted on glass slides. The stepwise protocol for the automatic tissue processor for histological examination slide as described by Winsor (1994) and Hopwood (1996).

3.8 Statistical analysis

All data that emanated from the research was managed using Microsoft Excel and statistical analysis was done using Statistical Package for Social Scientists (SPSS) version 20. The analyses of data was done following one way analysis of variance (ANOVA). The mean differences among the treatments were adjudged with Duncan's Multiple Range Test.

IV. RESULTS

4.1 Proximate analyses

4.1.1 Proximate composition of *O. niloticus* fed with onion powder after 84 days

Table 2 shows the values of the proximate composition of *O. niloticus* fed with the experimental diets. The highest (77.53±0.60%) mean crude protein was recorded in OP₄ and least (56.80±0.60%) in OP₃. The group control recorded highest CP than the group fed with 1.5% inclusion onion powder (OP₃). The highest and least Ash content (7.33±0.15%, 5.30±0.10%) were recorded in OP₃ and OP₄ respectively. The highest Ether extract was recorded

in fish fed OP₄ (7.07±0.15%) and least in OP₃ (6.33±0.21%). The crude fibre were between (0.02±0.01%) in OP₅ and (0.01±0.01%) in OP₀. The highest Dry matter was (37.28±1.90%) in OP₅ and least (34.04±2.82%) in OP₄. The Moisture content ranged between (65.96±2.82%, 62.30±1.32%) in OP₄ and OP₁, respectively. There were significant differences (p<0.05) in mean crude protein, mean Ash content and mean Ether extract among treatments. No significant difference (P>0.05) was noticed between all the treatments in crude fibre, Dry matter and Moisture contents.



Table 2: Proximate compositions of *O. niloticus* recorded among treatments during the 84 days experimental period

Proximate Compositions (%)	Treatments					
	OP ₀	OP ₁	OP ₂	OP ₃	OP ₄	OP ₅
Crude protein	65.13±0.31	65.92±0.30 ^c	67.53±0.62 ^b	56.80±0.60 ^d	77.53±0.60 ^a	65.46±0.67 ^c
Ash content	6.33±0.21 ^b	6.33±0.12 ^b	5.77±0.12 ^c	7.33±0.15 ^a	5.30±0.10 ^d	6.11±0.09 ^b
Ether Extract	6.57±0.15 ^{bc}	6.57±0.12 ^{bc}	6.73±0.06 ^b	6.33±0.21 ^{bc}	7.07±0.15 ^a	6.57±0.12 ^{bc}
Crude fibre	0.01±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a
Dry matter	36.46±1.10	35.37±3.11 ^a	36.30±4.80 ^a	36.81±1.14 ^a	34.04±2.82 ^a	37.28±1.90 ^a
Moisture contents	63.54±1.10	62.30±1.32 ^a	63.70±4.80 ^a	63.19±1.14 ^a	65.96±2.82 ^a	62.72±1.90 ^a

Note: Values are represented as Mean ± Standard Deviation; values with different superscripts are significantly different (p<0.05).

4.12 Proximate composition of diets fortified with onion powder

The values of feed proximate composition are showed in table 3. The highest and least crude protein recorded were 34.73±1.87% in OP₀ and 25.85±1.15% in OP₅. The Ash content were between (8.50±0.85%) in OP₅ and (6.35±1.63%) in OP₃. The Ether extract was highest (8.07±0.19%) in OP₀ and

least (5.90±0.28%) in OP₅. crude fibre (5.00±0.14, 3.06±0.04) in OP₅ and OP₀. The Dry matter ranged (92.50±0.85%, 92.16±0.06%) in OP₀ and OP₅; the highest and least values of moisture content (8.22±0.14%, 7.50±0.85%) were recorded in OP₃ and OP₀, respectively. There were significant differences (p<0.05) in the means of Ether extract and crude fibre among the treatments.

Table 3: Proximate compositions of experimental feed recorded among treatments during the 84 days experimental period

Proximate compositions (%)	Treatments						P-value
	OP ₀	OP ₁	OP ₂	OP ₃	OP ₄	OP ₅	
Crude protein	34.73±1.87	33.37±1.81	34.23±1.58	33.88±3.57	32.48±3.57	25.85±1.56	0.078*
Ash content	8.30±2.55	6.70±2.55	8.25±3.04	6.35±1.63	7.45±0.92	8.50±0.85	0.850*
Ether extract	8.07±0.19	7.65±0.07	7.25±0.07	6.80±0.14	6.35±0.21	5.90±0.28	0.000**
Crude fibre	3.06±0.04	3.30±0.00	3.55±0.07	3.77±0.04	4.25±0.21	5.00±0.14	0.000**
Dry matter	92.50±0.85	91.96±0.18	92.16±0.16	91.78±0.14	92.45±0.08	92.16±0.06	0.432*
Moisture contents	7.50±0.85	8.0±40.18	7.84±0.16	8.22±0.14	7.55±0.08	7.85±0.06	0.432*

Note: Values are represented as Mean ± Standard Deviation

** = There is significant difference (P<0.05) among treatment means.

* = There is no significant difference (P>0.05) among treatment means.



4.3 Growth performance and nutrients utilisation of *O. niloticus* fed with onion powder based diets for 84 days

The growth parameters and nutrients utilisation of *O. niloticus* fed with different levels of inclusion onion powder are showed in table 4.3. The initial weight was nearly similar in all the treatment groups with no significant differences ($P>0.05$). Weight gain (WG) ranged from 2.46 ± 1.50 g (OP₂) to 3.66 ± 0.79 g (OP₁). The results showed that there were improvement in the performances of the fish fed OP₁ and OP₅ compared to those fed the control diet and not improvement for OP₂, OP₃ and OP₄. Specific growth rate (SGR) was highest ($1.33\pm0.021\%$) in

OP₁ and least ($1.06\pm0.12\%$) in OP₂; Feed conversion ratio (FCR) was highest (4.05 ± 0.47) in OP₂ and least (3.26 ± 0.43) in OP₁, respectively. The highest value of feed intake (FI) (11.70 ± 1.21 g) was obtained in OP₁, and the least (9.90 ± 0.63 g) in OP₂. The range of protein efficiency ratio (PER) was from ($0.83\pm0.01\%$) in OP₂ to ($1.03\pm0.13\%$) in OP₁. There were significant differences in WG, SGR between fish fed with 0.5% and 1.0% inclusion onion powder, and no significant difference among 1.5%, 2.0% and 2.5% inclusion onion powder. The FCR was not significant difference among treatments. No significant variation for FI and PER among the treatments.

Table4. Mean growth performance parameters and feed utilisation of *O. niloticus* fed with experimental diets

Treat ments	Initial mean Weight (g)	Final mean Weight (g)	Weight Gain(g)	FCR	SGR (%/day)	FI (g)	PER (%)
OP0	1.76 ± 0.15^a	4.75 ± 0.28^{ab}	2.99 ± 0.18^{ab}	3.60 ± 0.19^a	1.18 ± 0.059^{ab}	10.73 ± 0.42^a	0.93 ± 0.51^a
OP1	1.78 ± 0.086^a	5.43 ± 0.71^b	3.66 ± 0.79^b	3.26 ± 0.43^a	1.33 ± 0.21^b	11.70 ± 1.21^a	1.03 ± 0.13^a
OP2	1.73 ± 0.19^a	4.19 ± 0.13^a	2.46 ± 0.15^a	4.05 ± 0.47^a	1.06 ± 0.11^a	9.90 ± 0.63^a	0.83 ± 0.10^a
OP3	1.73 ± 0.17^a	4.69 ± 0.36^{ab}	2.96 ± 0.36^{ab}	3.60 ± 0.55^a	1.19 ± 0.13^{ab}	10.55 ± 1.03^a	0.94 ± 0.16^a
OP4	1.94 ± 0.13^a	4.89 ± 0.63^{ab}	2.96 ± 0.56^{ab}	3.89 ± 0.35^a	1.10 ± 0.12^{ab}	11.38 ± 1.18^a	0.86 ± 0.08^a
OP5	1.78 ± 0.14^a	4.79 ± 0.41^{ab}	3.02 ± 0.46^{ab}	3.42 ± 0.44^a	1.18 ± 0.15^{ab}	10.17 ± 0.35^a	0.99 ± 0.13^a

Note: values with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Figures 1 to 3 show the relationship between WG, SGR, FCR and onion powder inclusion levels using polynomial curve regression. The figure 1 shows the relationship between mean weight gain and onion powder inclusion level requirement for *O. niloticus* was 1.61% while 1.82% inclusion was required for specific growth rate, 1.34% for feed conversion ratio (Figure 3)

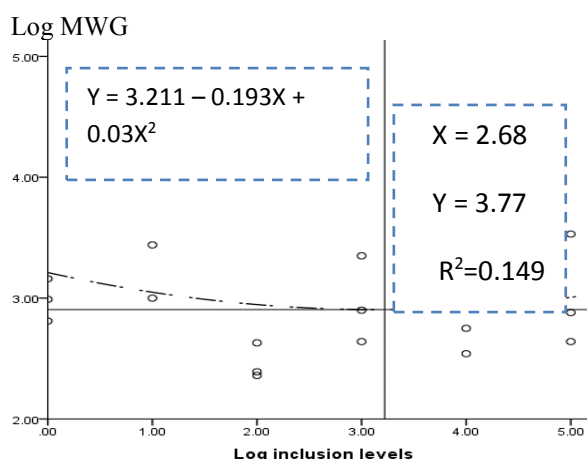


Figure 1: Polynomial regression curve showing the optimum inclusion level of onion powder in relation to mean weight gain.

Note: 0.00→0.0% onion inclusion level; 1.00→0.5% onion inclusion level; 2.00→1.0%

onion inclusion level; 3.00→1.5% onion inclusion level; 4.00→2.0% onion inclusion level; 5.00→2.5% onion inclusion level.

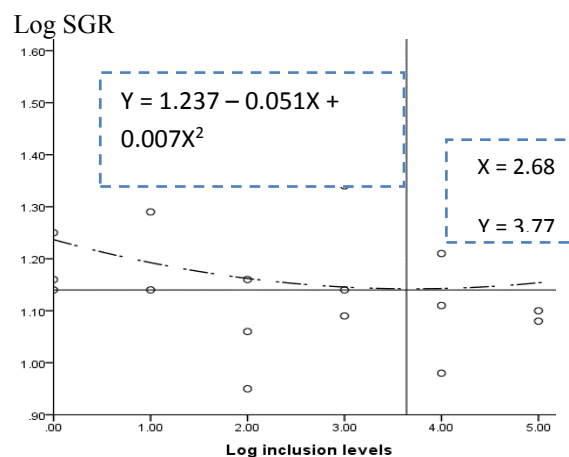


Figure 2: Polynomial regression curve showing the optimum inclusion level of onion powder in relation to specific growth rate.

Note: 0.00→0.0% onion inclusion level; 1.00→0.5% onion inclusion level; 2.00→1.0% onion inclusion level; 3.00→1.5% onion inclusion level; 4.00→2.0% onion inclusion level; 5.00→2.5% onion inclusion level.



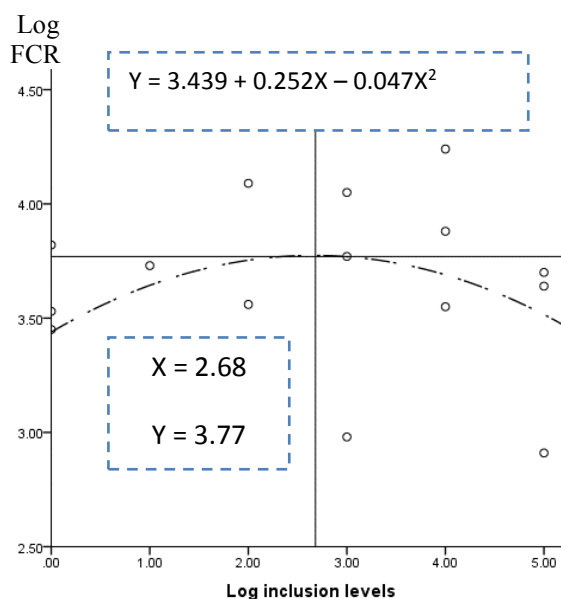


Figure 3: Polynomial regression curve showing the optimum inclusion level of onion powder in relation to feed conversion ratio.

Note: 0.00→0.0%onion inclusion level; 1.00→0.5% onion inclusion level; 2.00→1.0% onion inclusion level; 3.00→1.5% onion inclusion level;4.00→2.0% onion inclusion level; 5.00→2.5% onion inclusion level.

4.3 Gut morphometry of *O. niloticus* fed with onion powder for 84 days

Mean morphometry parameters of *O. niloticus* fed with various inclusion onion powders are presented in figure 4.4. The highest (0.20 ± 0.02 cm) and least (0.15 ± 0.02 cm) mean villi height were recorded in OP₁ and OP₅, while the villi width (0.10 ± 0.04 cm, 0.05 ± 0.02 cm) in OP₄ and OP₂; Area of absorption mean values (0.02 ± 0.01 cm², 0.01 ± 0.00 cm²) were recorded in OP₁ and OP₅, respectively. No significant differences ($P > 0.05$) were observed in all the indices among the treatments.

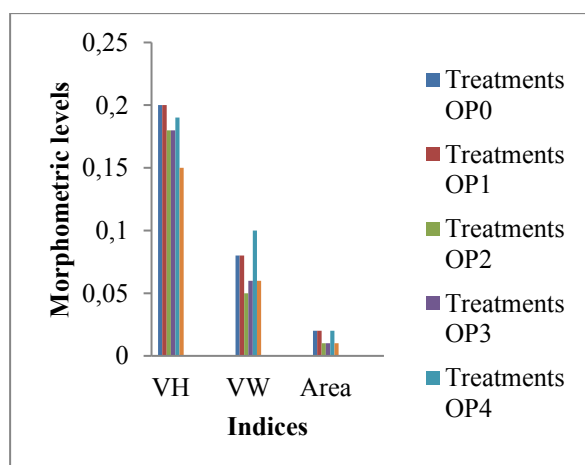


Figure 4: Mean morphometry indices of *O. niloticus* fed onion powder recorded among treatments during 84 days experimental period.

VH=villi height; VW= villi width; Area= area of absorption.

V. DISCUSSION

5.1 Proximate composition of *O. niloticus* fed diets fortified with onion powder for 84 days

The carcass composition of fish can be changed both by nutrient concentration in diets as well as the feed rate and changes in protein levels and fat in the carcass may be related to better relationship between synthesis and deposition rate in fish muscle (Shearer, 1994). Rafael *et al.*, (2016) reported that the increase in Crude Protein content and the reduction of Ether Extract in fish fed supplemented diets may indicate greater absorption of amino acids, improving the balance digestible energy: digestible protein of the diet, reducing carcass Ether Extract. Also he found that Crude Protein, Moisture content, Ether Extract unaffected ($P > 0.05$) by supplement in diets prebiotics and probiotics. This study showed no significant difference ($P > 0.05$) among all treatment groups, and other hand significant difference ($P < 0.05$) among treatment group OP₂, OP₃, and OP₄ while there was not significant difference ($P > 0.05$) between OP₁, OP₅ and control group. This study shows that the variation of Crude Protein content was followed on the same way by Ether Extract. This could be attributed to the composition of experimental feed or the culture condition. The lack of energy is compensating by fish protein consumption.

5.2 Growth performance and nutrients utilisation of *O. niloticus* fed with onion powder for 84 days

Growth performance of fish and its survival are attached for fish feed. The used of onion powder in fish diets with different inclusions had effect of the growth, the survival and the immune system of fish. In this study survival of fish was highest (96%) in OP₂; and least (75%) in OP₀. This means the least survival was recorded in control (without onion powder inclusion). There was increase of specific growth ratio (SGR) in treatment (OP₁) with 0.5% inclusion of onion powder. Also in OP₂ (1.0% inclusion with onion powder), was recorded the lowest value of SGR, but for control, it was the same for OP₅ with 2.5% of onion powder. There was increase in weight gain in fish feed with 0.5% inclusion comparing to all treatments. The control without any inclusion was high to these treatments with 1.0%, 1.5% and 2.0% inclusion of onion powder. There was an increase in FCR ($4.05 \pm 0.47\%$) in experimental fish fed with 1.0% of onion powder inclusion (OP₂) and its lowest value was recorded in OP₁ ($3.26 \pm 0.43\%$) with 0.5% of onion powder inclusion. It was found that if FCR was high, the weight gain of fish was low and vis-versa. FCR, SGR, and weight gain of *O. niloticus* fed with onion powder at different inclusion levels was not significantly different ($p > 0.05$) than the control



without onion powder inclusion. Survival was significantly different ($p < 0.05$) for all inclusion levels of onion powder than the control. This study is in line with Karthik *et al.*, (2010), in African catfish fed with garlic peel for no significant difference in SGR, FCR and weight gain between fish fed with different levels of garlic inclusion than the control. The same line with Sahu *et al.*, (2007) in *Labeo rohita* fingerlings fed with 1g, 5g, and 10g of garlic bulb/kg feed and revealed that no significant difference in SGR, FCR of fish fed with garlic bulb and control diet. Also this study recorded significant different ($p < 0.05$) survival on fish fed with onion powder and control diet, which is far opposite to the study of Karthik *et al.*, (2010). Saleh *et al.*, (2015), reported that onion powder inclusion in sea bass diets led to mend in all feed utilisation indices. Values of FCR of 5g/kg and 10g/kg onion inclusion groups were similar and significantly better when compared with either the inclusion of 20g/kg or the control groups ($P < 0.05$). The result of this is coincided at 5g/kg inclusion but far opposed at 10g/kg that have reported Saleh *et al.*, (2015).

5.3 Gut morphometry of *O. niloticus* fed with onion powder inclusion

Intestinal absorption capacity is related to the surface area available for absorption, which depends on the villi size and number to maintain digestive and absorptive intestinal capacity there must be a balance in cell turnover (renewal and cell loss). However, when in response to any agent (antinutritional factor, microorganisms) may occur imbalance in the turnover and the consequent change in villus height (Rafael *et al.*, 2016). The results of this study showed that there was no significant difference ($P > 0.05$) in villus height, width and area absorption among the treatments. This study is similar with the findings of Rafael *et al.*, (2016), no effect of prebiotics supplementation on Villi Width ($p > 0.05$) and not similar to the probiotics supplementation in diets resulted in higher Villi Height and Perimeter ratio than control diet while the prebiotics- and symbiotic supplementation in diets resulted in higher Perimeter ratio than control diet ($p < 0.05$).

VI. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Nile tilapia fed with 0.5% inclusion level showed the best enhancement in weight gain. The % crude protein was increased in fish fed with all inclusion levels onion powder apart from 1.5% inclusion, but 2.0% recorded the highest. This study showed that onion powder can be used in *O. niloticus* rearing like feed additive. In addition, using onion powder in fish feed is easy for farmers and encourage integrated fish farming cum onion. Further studies on onion powder utilisation, in tilapia culture is need for the future of aquaculture development.

REFERENCES

- [1] Admassu D., 1996. *The breeding season of tilapia, Oreochromis niloticus L. in Lake Awassa* (Ethiopian rift valley), *Hydrobiologia*, 337(1): 77-83.
- [2] Association of Official Analytical Chemist (AOAC) 2005. *Official Methods of Analysis* (18th edition) Association of Official Analytical, Chemists International, Maryland, USA.
- [3] Coward K., and Bromage N.R., 1998, Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*, *Journal of Fish Biology*, 53(2): 285-302.
- [4] Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all*. Rome, ISBN 978-92-5-109185-2. 200pp.
- [5] Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and challenges* 2014. FAO, Rome.
- [6] Food and Agriculture Organization (FAO), 2012. *The State of World Fisheries and Aquaculture*, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-107225-7. 230 pp.
- [7] Gibson G. R. and Robertfroid M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics, *J. Nutr.* 125 (1995) 1401-1412.
- [8] Hopwood D. Fixation and fixatives. In Bancroft J and Stevens A 1996. eds. *Theory and practice of histological techniques*. New York: Churchill Livingstone, 1996
- [9] Karthik Thanikachalam, Marimuthu Kasi, Xavier Rathinam. 2010. Effect of garlic peel on growth, hematological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in African catfish *Clarias gariepinus* (Bloch) fingerlings. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* (2010) 614-618.
- [10] Manning, T. and Gibson. 2004. Prebiotics. *Best practice and research in clinical gastroenterology* 18, 287-298.
- [11] Meyer D.E., 2002. *Technology for successful small-scale tilapia culture* (CRSP Research Report



02-179). In 6 to Simposio oamericano de Acuacultura Proceedings: Tilapia Sessions, 22-24 August 2001. Tegucigalpa, Honduras, pp. 97-106.

[12] Muhammad Naeem Khan and Anser Mahmood Chatta, 2015. *-Fish Farming and Nutrition in Pakistan*. Aquaculture Handbook First printing: 2015, Pakistan, Chapter I, pages 1-17.

[13] Olaifa F E. 2015. *Food Security: The Perspective of Aquaculture and Fisheries*. PhD, thesis. University of Ibadan, Nigeria. 47pages.

[14] Omitoyin, B. O. 2007. *Introduction to Fish Farming in Nigeria*. PhD, University of Ibadan, Nigeria. 90 pages.

[15] Rafael Vieira de Azevedo, João Carlos Fosse Filho, Samue Louzada Pereira, Leonardo Demier Cardoso, Dalcio Ricardo de Andrade and Manue Vazquez Vidal Júnior. 2016. Dietary mannan oligosaccharide and *Bacillus subtilis* in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, v. 38, n. 4, p. 347-353, Oct.-Dec., 2016.

[16] Sahu S, Das K, Mishra K, Pradhan J, Sarangi N (2007). Effect of *Allium sativum* on the immunity

and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila*. *J. Appl. Ichthyol.* 23:80-86.

[17] Saleh N, Michael M, and Toutou M, 2015. Evaluation of garlic and onion powder as phyto-additives in the diet of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Egy. J. Aqua. Res.*, 41 (1): 211–217.

[18] Shearer, K. D. (1994). Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119 (1), 63-88.

[19] Syahidah A.1; Saad C.R.; Daud H.M.; Abdelhadi Y.M. 2015. Status and potential of herbal applications in aquaculture: A review. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 14 (1) 27-44.

[20] Winsor L. Tissue processing. In Woods A and Ellis R eds. *Laboratory histopathology*. New York: Churchill Livingstone, 1994; 4.2-1 - 4.2-39.

[21] Yi Y., Lin C.K., and Diana J.S., 1996. *Influence of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages*, *Aquaculture*, 146 (3-4): 205-21



Caractérisation phénotypique de la chèvre Djallonké dans les régions de Sikasso et Koulikoro au Mali

Oumar OUATTARA¹, Drissa KONATE¹, Ramata DIOP¹, Sognan DAO¹, Aboubacrine TOURE¹, Rokiatou FANE¹ et Diakaridia TRAORE^{1,2}

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne (LaboREM-Biotech), Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

²Centre National d'Insémination Artificielle Animale

Corresponding author's email address: oumarouattara2012@gmail.com

RESUME : L'élevage caprin constitue une principale source de revenus pour les ménages ruraux au Mali. Parmi les races caprines rencontrées au Mali, une se distingue par sa rusticité, sa prolificité et surtout sa trypanotolérance : la chèvre Djallonké. Dans la perspective d'amélioration et de gestion rationnelle de cette ressource génétique, des travaux de caractérisation phénotypique ont été conduits au Sud du Mali. A cet effet, l'étude s'est réalisée en milieu paysan sur 102 chèvres Djallonké (84 femelles et 18 mâles) répartis entre 26 exploitations. Elle a porté sur 3 variables quantitatives : le poids vif (PV), le périmètre thoracique (PT), la hauteur au garrot (HG) et 5 variables qualitatives : l'âge (estimé à partir de la dentition), la robe, le sexe, la présence ou l'absence des pendeloques et la présence ou l'absence de la barbiche. Les résultats obtenus ont montré que les robes sont variées (8 robes) avec une dominance de la robe fauve (59,5 %). Cette variabilité phénotypique suggère une diversité intra- raciale au niveau génétique, à confirmer par des analyses moléculaires par PCR. Le PV, PT, HG ont varié en fonction des positions géographiques, du sexe et de l'âge des sujets. Une corrélation hautement significative ($r = 0,70$) a été constatée entre le PV et le PT. Le PV moyen a été de 17.85 ± 2.17 kg, 22.77 ± 5.27 , 24.30 ± 3.04 et 31.36 ± 5.67 kg respectivement à 1 an, 2, 3 et à 4 ans. Le PT moyen a été de 59.32 ± 5.86 cm, 64.32 ± 4.98 , 67.64 ± 1.70 et 71.34 ± 5.0 cm respectivement pour ces mêmes âges types.

Mots clés : Caractérisation, phénotype, chèvre Djallonké, Mali.

I. INTRODUCTION

Dans le monde, l'élevage contribue significativement à l'autosuffisance alimentaire à travers la consommation de viande, lait, œufs et les abats (FAO, 2011).

L'élevage des petits ruminants occupe une place importante dans l'économie des ménages et ceci particulièrement auprès de ceux en zone sahélienne. Au Mali, le sous-secteur élevage occupe une place très importante dans l'économie nationale comme en témoigne sa contribution au Produit Intérieur Brut (PIB) national (19,2 %) (Doufils, 2010). Il est pratiqué par au moins 80 % de la population rurale et constitue la principale source de revenu pour plus de 30 % de la population (DNPIA, 2015). L'élevage des petits ruminants, en particulier les caprins, est une activité économiquement importante et adaptée à toutes les zones agro-écologiques du Mali. Parmi les ressources génétiques animales du cheptel caprin, la chèvre Djallonké occupe une place de choix auprès des populations des zones humide et subhumide. Elle est prolifique, trypanotolérante, bien adaptée à l'environnement humide et au système d'élevage traditionnel pratiqué par les agro-éleveurs du milieu. Aujourd'hui avec l'impact du changement climatique couplé à la déforestation, la zone d'élevage de la chèvre naine est de plus en plus abritée par des races sahéliennes. Cette situation a conduit à de multiples brassages entre les races sahéliennes et la chèvre Djallonké. Cela constitue

une menace pour cette dernière dans son berceau. Les études exclusivement phénotypiques sur la chèvre Djallonké remontent des années 1947 (Doutressoule, 1947 ; Wilson, 1983 ; Wilson et Bourzat, 1985 ; Wilson, 1991). Par ailleurs, dans un contexte actuel de changements globaux, notamment de changement climatique, l'intégration des gènes sahéliens, l'évolution des systèmes d'élevage et des échanges commerciaux des caprins, il est impérieux d'actualiser les données morphobiométriques sur la chèvre Djallonké.

C'est dans cette perspective que l'étude a été menée afin de proposer des actions concrètes d'amélioration et de valorisation durable de la chèvre Djallonké.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

Les zones enquêtées dans le cadre de ce travail ont été celles situées dans les zones humide et subhumide du Mali. Cette étude préliminaire a été menée dans deux (2) régions du Sud : région de Sikasso (Cercles de Yanfolila et Kolondiéba) et dans la région de Ségou (cercle de Dioïla). L'ensemble de cette zone est localisée entre les latitudes $10^{\circ}49$ Nord et 13° Nord et entre le $6^{\circ}55$ et $9^{\circ}40$ de longitude Ouest et, de l'altitude 302 à 381 m.

La zone d'étude est répartie entre deux (2) zones climatiques, la zone humide (soudanienne) et subhumide (soudano-sahélienne), avec des précipitations moyennes inférieures à 750 mm par



an. La température moyenne annuelle dépasse partout 28 °C (Bayogo, 2010). La zone soudano-sahélienne se caractérise par un climat de type semi-aride ayant 4 à 5 mois de saison de pluie. La zone humide se caractérise par une longue saison pluvieuse, allant du mois de mai au mois d'octobre avec une pluviométrie supérieure à 1100 mm de pluie par an (Bayogo, 2010).

La végétation de la zone est celle de savanes arborées à arbustives avec une strate herbacée très importante. Ce qui fait de cette zone, une excellente zone de pâturage pour les troupeaux transhumants pendant la période de soudure (avril-mai). Les cultures (vivrières et céréalières) que l'on rencontre dans la zone sont : le coton, l'arachide, le maïs, le mil, le sorgho et peu de fonio et d'haricot

2.2. Conduite des troupeaux

Dans la zone d'étude, le système d'élevage est du type extensif. Les animaux ne sont pas identifiés par des boucles auriculaires. Un suivi sur le plan sanitaire n'y est pas mis en place. Le déparasitage contre les vers gastro-intestinaux et les parasites externes (surtout les tiques) se font selon le cas signalé. Le temps de pâture est généralement d'environ 9 heures par jour en saison de pluie. En saison sèche, les animaux sont laissés en divagation toute la journée sur les pâturages naturels et ramenés au piquet ou dans les bergeries le soir. La nuit, les animaux sont gardés dans les chèvreries ou bergeries traditionnelles construites à l'aide de matériaux

locaux. Les géniteurs restent constamment dans les troupeaux et le mode d'accouplement est libre. Ces trois (3) dernières pratiques favorisent les saillies des femelles par n'importe quel géniteur et n'importe quelle race pendant la saison sèche. L'alimentation est assurée par le pâturage naturel. Les animaux reçoivent occasionnellement une complémentation en saison sèche. L'accès à l'eau est en fonction de la volonté du berger. Les vaccinations contre la peste des petits ruminants et la pasteurellose sont faites selon les cas signalés.

2.3. Matériel animal et échantillonnage

L'étude a porté sur des chèvres Djallonké en milieu réel dans des zones subhumide et humide, en particulier, les cercles de Kolondiéba, Yanfolila et de Dioïla. Elle a été effectuée dans huit (8) villages, ces derniers ont été choisis en fonction de leur accessibilité à tout moment. Dans chaque village, des troupeaux ont été choisis avec l'adhésion volontaire et de la disponibilité de leurs propriétaires. Les sujets ont été choisis dans des troupeaux distants les uns des autres pour éviter de choisir des animaux consanguins. Dans un troupeau choisi, les animaux sont tirés au hasard. Au total, cent deux (102) chèvres Djallonké (84 femelles et 18 mâles) ont été choisies au hasard dans des élevages (26 exploitations) en milieu paysan. La figure 1 montre des chèvres Djallonké (chèvres naines) dans différentes régions.



(A) Chèvres Djallonké à Kolondiéba (Kolondiéba)



(B) Chèvre Djallonké à Yanfolila



(C) Chèvres Djallonké à Dioïla



(D) Chèvre Djallonké à Dioïla

Figure 1 : Chèvres Djallonké dans différentes régions d'étude



2.4. Caractérisation phénotypique de la chèvre Djallonké

La caractérisation morpho-biométrique de la chèvre Djallonké a porté sur 3 variables quantitatives à savoir, le poids vif (PV), la hauteur au garrot (HG), le périmètre thoracique (PT) et sur 5 variables qualitatives : l'âge (dentition), la robe, le sexe, la présence ou l'absence de la barbiche et la présence ou l'absence des pendeloques.

Le Poids vif (PV) des sujets a été déterminé à l'aide d'une balance (portée maximum : 150 kg) dont sa partie supérieure était accrochée à un support et un harnais suspendu à sa partie inférieure (figure 2 (E)). La hauteur au garrot et le périmètre thoracique ont

été déterminés à l'aide d'un mètre ruban gradué en cm (figures 2 (F) et (G)). La dentition a été déterminée par un comptage direct du nombre de dents adultes (figure 2 (H)). La robe, sexe, la présence ou l'absence de la barbiche et des pendeloques) ont été déterminées par appréciation visuelle. Les animaux pesés et mesurés ont été identifiés par des boucles d'oreilles à l'aide d'une pince (ARDEN).

Les femelles qui étaient à un stade de gestation avancé (4 mois environ) n'ont pas été pesées ni mesurées, parce que cet état physiologique peut fortement influencer le PV et le périmètre thoracique (PT) des animaux.



(E) Pesée d'un bouc Djallonké



(F) Mesure du PT d'une chèvre Djallonké



(G) Mesure de la HG d'une chèvre



(H) Détermination de l'âge d'une

Figure 2 : Caractérisation morphologique des chèvres

2.5. Analyse des données

Toutes les données (variables quantitatives et qualitatives) ont été analysées à l'aide du logiciel IBM SPSS statistic 20. Cela a permis d'exprimer les résultats sous la forme de moyenne $\pm$ écart type pour les variables quantitatives (le poids vif, la hauteur au garrot et le périmètre thoracique) et de fréquences pour les variables qualitatives (la robe, le sexe, la présence de la barbiche et des pendeloques) chez la chèvre Djallonké.

III. RESULTATS

3.1. Structure des troupeaux

La population de la chèvre Djallonké échantillonnée est composée de 84 femelles (82,35 %) et 18 mâles (17,65 %).

3.2. Variabilité morphobiométrique

3.2.1. La robe

La figure 3 résume le pourcentage (%) des différentes robes rencontrées chez la chèvre Djallonké sur l'ensemble des sujets échantillonnés dans les deux régions.



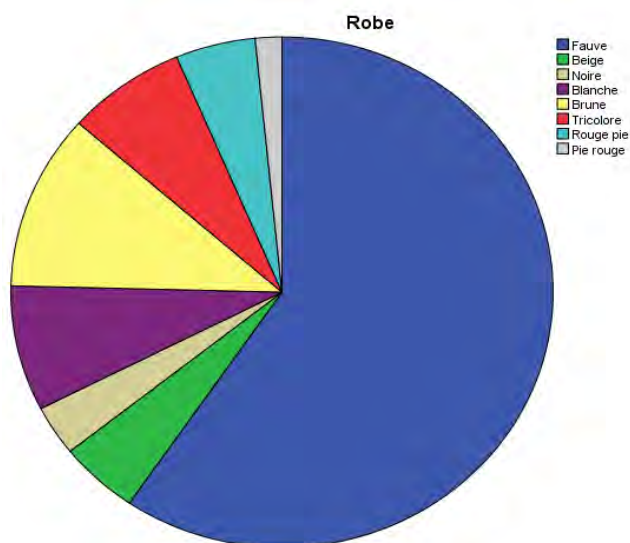


Figure 3 : Différentes robes de la chèvre Djallonké

Chez la chèvre Djallonké, la robe fauve est dominante avec une fréquence de 59,50%, suivie de la robe brune (11,10 %).

3.2.2. La présence ou l'absence de la barbiche et des pendeloques

La barbiche est présente chez 33,3% des chèvres mais elle est plus observée chez les mâles que les femelles.

Les pendeloques sont absentes chez 91,2% de la population de chèvres Djallonké échantillonnées.

3.3. Mensurations corporelles de la chèvre Djallonké.

La figure 4 présente la variation du poids vif en fonction du sexe.

Les résultats des mensurations corporelles effectuées chez la chèvre Djallonké en fonction des classes d'âges et des cercles sont consignés aux tableaux (1 et 2). Les figures 4 et 5 ci-après, montrent la variation du PV et de la HG à des âges types en fonction du sexe.

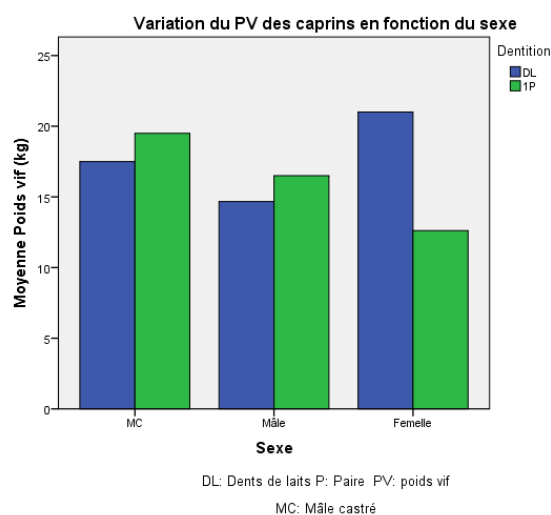


Figure 4 : Variation du PV en fonction du sexe

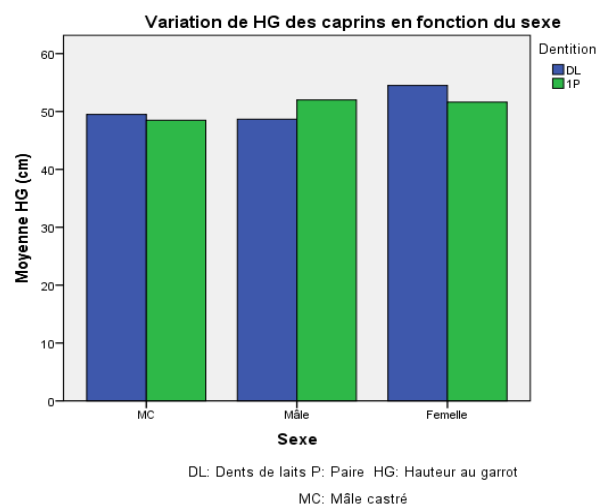


Figure 5 : Variation de la HG en fonction du sexe



Ces deux (2) figures ont montré que chez cette population de chèvre Djallonké, les mâles castrés sont plus lourds que les mâles entiers (non castrés) pour les deux (2) catégories d'âges (dents de laits et 1 paire de dents) et cette différence n'est pas significative.

De 6-11 mois, les femelles ont été plus lourdes que les mâles (castrés et entiers). De 12-20 mois (1P), ce retard de croissance a été rattrapé par les mâles (castrés et entiers) qui sont devenus plus lourds que les femelles au. Cette inversion de tendance peut s'expliquer par l'effet du dimorphisme sexuel chez les caprins. Cependant, les mâles entiers ont une taille (HG) supérieure à celle des femelles et mâles castrés.

Tableau 1 : Moyennes $\pm$ écart types des paramètres biométriques de la chèvre Djallonké en fonction des classes d'âges et par cercle.

Cercles	Paramètres mesurés aux âges types									
	PV (kg)					HG (cm)				
	DL	1P	2P	3P	4P	DL	1P	2P	3P	4P
CY	15,50±3,62	17,71±3,30	24±5,56	23,5±4,50	29,86±3,07	49 ±5,65	48,13±4,76	52,29±2,87	55,5±4,65	54,5±3,77
CKo	22,20±5,35	17,50±0,70	23±6,04	24±0,0	-----	54,2±3,11	52,67±0,57	56±4,18	56±0,0	-----
CDiaila	16,33±4,50	18,33±2,50	21,31±4,22	25,40±4,62	33,25±8,26	51,33±6,65	54,13±3,87	57,63±2,82	55,71±7,04	61,25±9,17
Moyennes générales	18,01±3,65	17,85±0,43	22,77±1,36	24,30±0,99	31,56±2,39	51,51±2,60	51,64±3,13	55,31±2,74	55,74±0,25	57,75±4,77

P : Paire, DL : Dents de lait, PV : poids vif, HG : Hauteur au garrot, CY : Cercle de Yanfolila, CKo : Cercle de Kolondiéba.

NB : Le PV et la HG moyens des caprins en fonction des cercles ne sont pas significativement différentes ($P>0.05$).

Ces données ont montré que de 6-20 mois (DL-1P), le PV moyen des sujets est inférieur à 20 kg sauf chez les animaux de Kolondiéba où il est supérieur à 20 kg. D'une manière générale, le poids vif moyen augmente progressivement avec l'âge des caprins.

La HG moyenne a varié en fonction des localités. Chez toutes les catégories d'animaux de Kolondiéba et Diaila, la HG moyenne est supérieure à la moyenne de celle des sujets de Yanfolila mais la différence n'est pas significative ($P>0.05$).

A part chez les caprins de 6-11 mois (DL) de Kolondiéba, les animaux des autres catégories de Diaila sont plus grands que ceux de Kolondiéba. Cela montre qu'en quittant la zone Sud vers le centre du pays (Diaila, Baraouéli), la taille (HG) des caprins augmente progressivement. Ce qui serait dû à des éventuels croisements des caprins Djallonké avec les races sahéliennes.

Le tableau 2 montre la variation du PT en fonction de l'âge et des localités.

Tableau 2 : Variation du PT de la chèvre Djallonké en fonction des classes d'âge et par cercle.

Cercles	Paramètre mesuré aux âges types				
	PT (cm)				
	DL	1P	2P	3P	4P
CY	56,88±4,45	56±9,91	65,43±4,92	69±2,16	69,67±5,17
CKo	62,4±3,84	59,33±3,51	63,4±5,41	66±0,0	-
CDioila	58,33±2,88	62,63±4,17	64,13±4,63	67,93±2,94	73±4,83
Moyennes générales	59,20±2,86	59,32±3,32	64,32±1,03	67,64±1,52	71,34±2,35

PT : Périmètre thoracique.

NB : La différence entre les moyennes du périmètre thoracique par cercle n'est pas significative ($P>0.05$).

Ce tableau a montré que chez les animaux âgés de moins d'un an (DL), les sujets de Kolondiéba sont



plus lourds que ceux des deux autres localités. Par contre, à l'âge adulte (3 ans) les chèvres de Yanfolila sont devenues plus lourdes que celles de Kolondiéba et Dïoila. Ces variations sont dues à l'effet des environnements d'élevage

IV. DISCUSSION

La première observation qui ressort de cette étude est relative à la structure des troupeaux. Les femelles sont numériquement plus importantes que les mâles dans tous les troupeaux échantillonnés. Cette importance numérique des femelles par rapport aux mâles montre que le travail a été effectué sur des troupeaux à but reproductif.

Cette situation montre que les mâles sont commercialisés ou précocement utilisés à d'autres fins et que les femelles sont longtemps gardées dans les troupeaux pour la reproduction.

La présence de la barbiche chez les caprins a été de 33,3 %. Ce résultat corrobore celui obtenu par Traoré *et al.* (2006) sur les caprins Mossi du Burkina Faso.

Les valeurs obtenues sur le poids vif (PV) et les mesures staturales (hauteur au garrot et le périmètre thoracique) chez la population de chèvres Djallonké au Mali sont supérieures à celles obtenues par Rotimi *et al.* (2017) sur les populations de chèvres Djallonké de Bassa (Nigeria). Traoré *et al.* (2006) ont obtenu des résultats similaires sur les caprins Mossi à ceux que nous avons obtenus pour le PV ; de 0-11 mois ils ont obtenu chez les femelles un poids de $11,1 \pm 4,6$ kg contre $8,44 \pm 4,0$ kg chez les mâles. De 13-24 mois, la tendance a été renversée avec des poids de $23,5 \pm 0,7$ kg contre $17,2 \pm 3,4$ kg respectivement chez les mâles et les femelles.

Djagba *et al.* (2019) ont obtenu un PV de $16,60 \pm 3,4$ kg et une HG de $41,16 \pm 3,58$ cm chez la chèvre du Bénin contre $22,24 \pm 6,50$ kg et $53,00 \pm 5,08$ cm respectivement pour le PV et la HG chez la chèvre Djallonké du Mali.

Ebegebulem *et al.* (2011) ont obtenu chez les chèvres Djallonké du Nigeria, des poids vifs moyens suivants : $11 \pm 0,84$ kg, $11,15 \pm 0,40$, $13,30 \pm 0,46$, $16,55 \pm 0,39$ et $18,00 \pm 0,99$ kg respectivement aux stades DL, 1P, 2P, 3P et 4P. Ces valeurs sont inférieures à celles que nous avons obtenues. Il en est de même pour le périmètre thoracique ($45,29 \pm 1,47$ cm, $48,65 \pm 0,70$, $51,44 \pm 0,81$ et $54,23 \pm 0,63$ cm contre $59,20 \pm 3,72$, $59,32 \pm 5,86$, $64,32 \pm 4,99$, $67,64 \pm 1,70$ cm respectivement aux stades DL, 1P, 2P et 3P. Cette supériorité du PV moyen des chèvres du Mali par rapport à celles du Nigeria serait aux facteurs environnementaux et à la variabilité génétique entre ces populations de chèvres.

Pour la hauteur au garrot, Hagan *et al.* (2012) ont obtenu chez les chèvres Djallonké du Ghana : 43 cm, 43,8, 43,7, 46,6 cm respectivement aux âges DL, 1P, 2P et 3P. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues au Mali.

Les sujets de Dïoila sont plus hauts sur pattes que ceux de Yanfolila et Kolondiéba. Cela montre qu'en quittant la zone Sud vers le centre du pays (Dïoila), la taille (HG) des caprins augmente progressivement. Ce qui serait dû à des éventuels croisements des caprins Djallonké avec les races sahéliennes.

V. CONCLUSION

Les résultats préliminaires de la caractérisation phénotypique ont montré une variabilité dans les populations de chèvre naine. Chez ces caprins, les mâles castrés ont un PV moyen supérieur à celui des mâles entiers (respectivement $17,5 \pm 3,69$ kg contre $14,67 \pm 3,82$ kg) à deux stades (DL et 1P). Les mâles entiers ont une taille (HG) supérieure à celle des mâles castrés et des femelles avec des valeurs respectives de : $52 \pm 4,24$ cm, $48,5 \pm 0,7$ et $50,89 \pm 6,0$ cm pour les mêmes catégories de sujets. La robe fauve est la plus dominante chez la chèvre Djallonké (59,5 %) suivie de la robe brune (11,1 %). La corrélation moyenne entre le PV et le PT a été de 0,70. Elle a été de 0,45 entre le PV et la HG. Tandis que la corrélation moyenne entre le PT et la HG a été de 0,53.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Font Compétitif pour la Recherche et l'Innovation Technologique (FCRIT) qui a financé cette étude dans le cadre d'une thèse de doctorat. Nous présentons toute notre reconnaissance aux responsables des services techniques d'élevage et en particulier aux éleveurs qui ont accepté mettre à notre disposition leurs animaux.

BIBLIOGRAPHIE

BAYOGO B. (2010). Caractéristiques des pêcheries et des espèces de poissons dans les communes de Markala et Pelengana (Ségou) et le changement climatique. Rapport définitif d'activité de recherche. Centre de Recherche en Anthropologie de l'Eau. Faculté des Lettres, Langues, Arts et Sciences Humaines (FLASH). Université de Bamako. 78p.

Djagba A. Y., Bonfoh B., Dayo G.-K., Aklikokou K. et Bassowa H. (2019). Variabilité des caractères morphologiques mesurables de la chèvre Djallonké dans les zones agro-écologiques du Togo. *Tropicultura -Volume 37 (2019) Numéro 2*.

DNPIA (2015). Rapport annuel. Ministère de l'Elevage et de la Pêche. Direction Nationale des Productions et Industries Animales/Bamako, Mali, 114p.

Doufils, A., Diallo, M., Ripoché, D. & LE Masson, A. (2010). Capitalisation du modèle mini-laiterie rurale au mali : définition des facteurs de succès et de la place des mini-laiteries dans le développement



laitier national ; Rapport de stage de seconde année
Master BGAE-SCIENCES, 85p.

DOUTRESSOULE G. (1947). L'élevage en Afrique
Occidentale Française -Paris : Larose. 292p.

Ebegbulem V.N., Ibe S.N., Ozung P.O. et Ubua J.A.
(2011). Morphometric trait characteristics of West
African Dwarf goats in Abia State, South East
Nigeria. *Continental J. Agricultural Science* 5 (2): 1
- 6, 2011 ISSN: 2141 – 4203.

FAO (2011). L'élevage dans le monde en 2011-
contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire.
FAO, Rome, 150p.

Hagan J. K., Apori S. O., Bosompem M., Ankobea
G. et Mawuli A. (2012). Morphological
Characteristics of Indigenous Goats in the Coastal
Savannah and Forest Eco-Zones of Ghana. *J Anim
Sci Adv* 2012, 2 (10): 813-821.

Rotimi E. A., Egahi J. O. et Adeoye A. A. (2017).
Body Characteristics of West African Dwarf (WAD)

goats in Bassa Local Government Area of Kogi
State. *World Scientific News* 69 (2017) 179-189.

Traoré A., Tamboura H.H., Kaboré A., Yaméogo N.,
Bayala B. and Zaré I. (2006). Caractérisation
morphologique des petits ruminants (ovins et
caprins) de race locale "Mossi" au Burkina Faso.
AGRI 2006, 39: 39-50.

WILSON R. T. (1983). Production animale ; *In* :
Wilson, PN de Leeuw et C de Haan (eds.) Recherche
sur les systèmes de production des zones arides du
Mali : résultats préliminaires. Centre International
Pour l'Elevage en Afrique (CIPEA), Addis Abeba,
Ethiopie. pp. 63-94.

Wilson R.T. et Bourzat D. (1985). Small ruminants in
african agriculture. Proceedings of a conference.
Held at ILCA, Addis Abeba, Ethiopie. 281p.

Wilson R.T. (1991). Small ruminant production and
the small ruminant genetic resource in tropical
Africa, *In*: FAO Animal production and health
paper. 231p.



Facteurs déterminant le potentiel de germination de trois Fabaceae menacées de disparition au Bénin, Afrique de l'Ouest

Sènan Ingrid LEGBA^{1*}, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE^{2,3}, Cossi Aristide ADOMOU^{1,3}

¹Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

²Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

³Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou.

* Auteur pour toute correspondance: ingride.legba@gmail.com

RÉSUMÉ : Certaines espèces indigènes médicinales à grande valeur socioéconomique sont menacées de disparition du fait de l'effet combiné de leur surexploitation et de leur reproduction lente. Cette étude portant sur trois espèces d'arbres importants (*Azizelia africana* Sm., *Dialium guineense* Willd., *Tamarindus indica* L.) a pour but (i) d'évaluer le pouvoir germinatif des graines et (ii) le potentiel de croissance des jeunes plants après germination en vue de contribuer à leur utilisation pour le reboisement. Les semences des espèces retenues, sont les graines matures et sans attaque de ravageurs. Six traitements mécaniques : à l'eau à différentes températures (100 °C et ambiante), à l'acide à (30 mn et 60 mn), à l'alcool 90° à 30 mn et par scarification (24 h) ont été appliqués sur trois substrats (terreau, mélange terreau-humus et humus). L'expérimentation a été conduite sous climat subéquatorial pendant 90 jours. Les résultats montrent que les espèces ont présenté une germination supérieure à 50%. L'effet des substrats a été significatif aussi bien sur le taux de germination que sur la croissance en hauteur des trois jeunes plants. Cependant, le substrat terreau présente les meilleurs taux de germination. En somme, l'interaction traitement-substrat influence de manière significative le taux de germination des graines [p-value = $4,2 \times 10^{-7}$ (*Azizelia africana*), p-value = $1,7 \times 10^{-9}$ (*Dialium guineense*), p-value = $6,9 \times 10^{-5}$ (*Tamarindus indica*)]. Des efforts de recherche restent à fournir en vue de maîtriser les principaux facteurs influençant la réussite de la production et la pérennisation des plantes médicinales rares dans leurs habitats.

Mots clés : conservation des arbres, levée de la dormance, plantes médicinales rares, test de germination, Bénin.

ABSTRACT: Reconstitution through enrichment by native species becomes indispensable as a result of advanced deforestation. This study of tree important species (*Azizelia africana*, *Dialium guineense*, *Tamarindus indica*) aims to (i) assess the germination of seeds and (ii) the growth potential of seedlings after germination. The seeds of the selected species were mature and without attack of pests. The seeds underwent various mechanical treatments that are as follows: water at different temperatures, sulphuric acid, alcohol, and scarification. Three types of substrates were used for the experiments: mold, humus, and mixture of compost and humus. The experiment has been conducted under a subequatorial climate for 90 days. The results of the germination test showed that the germination rate was above 50% for the majority of the species. The effect of the substrates both on the germination rate and the growth of seedlings was statistically significant. The mold substrate exhibited the best germination rates. The treatment-substrate interaction significantly influenced the seed germination rate [p-value = 4.2×10^{-7} (*Azizelia africana*), p-value = 1.7×10^{-9} (*Dialium guineense*), p-value = 6.9×10^{-5} (*Tamarindus indica*)]. Research efforts are still needed to control the main factors influencing the success of production and the *in situ* conservation of rare medicinal plants.

Key words: germination test, rare medicinal plants, seed dormancy breaking, tree conservation, Benin.

1. INTRODUCTION

Aujourd'hui, partout sur la planète et surtout dans les pays du Sud, de nombreuses personnes souffrent de la destruction à grande échelle des patrimoines forestiers (Zadou et al. 2011). En effet, ces pays tropicaux ont connu les plus forts taux de déforestation (Diop, 2009). Dans cette optique, la gestion durable des écosystèmes forestiers constitue une préoccupation à l'échelle mondiale et il faille que l'on fasse recours au système d'enrichissement

ou de reboisement avec des essences forestières de valeur (Dupuy, 1992). Malheureusement, les politiques de reboisement sont délicates à mettre en œuvre pour des raisons de coût, d'acceptation des populations et de choix des espèces. Ce qui entraîne, l'échec des résultats escomptés de l'introduction de ces espèces à croissance rapide (*Albizia falcata*, *Eucalyptus deglupta*, *Gmelina arborea* ou *Anthocephalus chinensis*).



Ainsi, la foresterie entre dans une nouvelle ère où il n'est plus simplement question de restaurer le milieu et les capacités de régénération des sols (SARLIN, 1963-a et b), mais avant tout de restaurer le tissu social avec l'introduction d'espèces, si possible locales, adaptées aux potentialités et aux besoins, à cause de l'importance et de la valeur sacrée de ces espèces tel *Azelia africana*, *Annona senegalensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis*, *Khaya senegalensis* et *Milicia excelsa*, *Adansonia digitata*, *Azelia africana*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Khaya senegalensis* et *Tamarindus indica* à la population (Wahbi et al. 2011 ; Assongba et al. 2013).

Or, la plupart des semences de ces espèces a un tégument dur, imperméable à l'eau, provoque un phénomène de dormance. Elles mettent souvent longtemps à germer, provoquant une hétérogénéité dans les semis, néfaste à la production des plants (Bationo, 1995). L'application d'un traitement avant le semis pourrait s'avérer être une approche de solution pour faciliter la levée de dormance et donc favoriser une germination rapide et uniforme après le semis en plantation (Roussel, 1984). Différents prétraitements ont été expérimentés dans la levée de dormance des semences de nombreuses espèces d'arbres tropicaux (Nwoboshi, 1982 ; Onyekwelu & Akindele, 2002 ; Onyekwelu, 2004). Il s'agit des méthodes comme l'utilisation d'acide, le froid, l'eau chaude, le retrait de la couche de l'endocarpe, la scarification (Assongba et al. 2013). La fertilisation starter apporte une amélioration de la croissance pour toutes les essences (Louppe et al. 1996). Pour Oboho et al. (2012) et Assongba et al. (2013), *D. guineense* est l'une des essences forestières à croissance lente en pépinière et dont les graines sont caractérisées par une dormance. Bien que le prétraitement des graines de *T. indica* ne soit pas indispensable, les graines peuvent être trempées dans de l'eau chaude ou bouillante pendant une minute avant le semis, ce qui stimule leur germination entre 10-25 jours (Guigma 1989 ; C.N.S.F. 1992 ; 1993). En zone guinéenne nord, le taux de survie du jeune plant en pépinière de *A. africana*, *T. indica* varie entre 20 et 57 % avec une meilleure croissance en hauteur (Laouali et al. 2015 ; Ali et al. 2017). La valorisation des essences locales dans la production forestière requiert une maîtrise non seulement des techniques sylvicoles, mais aussi des méthodes de régénération efficaces (Campine, 1992). Ainsi, les espèces forestières tropicales utiles en voie de disparition (*Azelia africana*, *Dialium guineense* et *Tamarindus indica*) du Bénin, intéressantes pour une production, semble constituer un modèle tout à fait approprié pour étudier leurs conditions de germination, la dormance de leurs semences et leur croissance en hauteur (Gnangle et al. 2010 ; Assongba et al. 2013).

Cette étude se focalise sur trois espèces d'arbres importants ; *Azelia africana* considéré comme

vulnérable selon les catégories de menaces de l'UICN. C'est une essence de bois d'œuvre à hautes valeurs fourragère, économique et pharmacologique. La décoction de racine soigne les douleurs d'estomac, la dysménorrhée, l'épilepsie, les œdèmes, la migraine, les convulsions, la trypanosomiase et la hernie, et sert également d'antidote. *Dialium guineense* étant une espèce menacée par l'urbanisation accélérée et la déforestation de son habitat naturel. Il est aussi surexploité pour ses fruits et son bois, ce qui compromet sa régénération. Le fait de prélever des branches et de jeunes tiges pour l'aquaculture a un impact direct sur la production fruitière. Le tamarinier (*Tamarindus indica*) quant à lui est une espèce très répandue et endémique. Il est aussi fortement menacé à cause de la déforestation, le pâturage et les coupes sélectives dont il est victime. Il est essentiellement utilisé à des fins alimentaires, médicinales, culturelles et magico-thérapeutiques. Riches en acides aminés, il constitue une bonne source de protéines pouvant être utilisées pour prévenir la malnutrition infantile.

L'objectif de cette étude est de déterminer le potentiel de germination et de croissance en pépinière de trois essences forestières (*A. africana*, *D. guineense* et *T. indica*) d'importance socio-économique au Bénin. De façon spécifique, il s'agit de : (1) déterminer le pouvoir germinatif des graines des espèces étudiées ; (2) évaluer l'effet du substrat et de l'interaction de ces deux facteurs (traitement et substrat) sur la croissance en hauteur des jeunes plants en pépinière.

Le dispositif expérimental se base sur l'effet des traitements sur la capacité germinative des semences en fonction de variables interaction traitement appliqué et substrat. D'où, l'utilisation de 6 traitements pour 3 substrats entraînant 18 combinaisons pour chaque espèce.

Quelles sont les types de combinaisons possible pour avoir un meilleur taux de germination des essences locales ? Comment l'effet du substrat et l'interaction substrat-traitement peuvent permettre une croissance rapide des plantules ?

En somme, dans cet article, nous démontrons l'importance des tests de germination pour avoir un meilleur taux de germination des semences des différentes espèces et une bonne vitesse de germination des semences des différentes espèces dans la première partie. La dernière partie de l'article, mettra en exergue l'effet du substrat et l'interaction substrat-traitement sur la croissance en hauteur des jeunes plants. Les résultats de cette étude permettront d'identifier les facteurs de succès et de durabilité de cette expérience de production des essences locales au Bénin.

2. METHODE

2.1. Localisation géographique du site d'expérimentation



Les tests de germination ont été menés sur le site d'expérimentation de l'Université d'Abomey-Calavi sur une superficie de 1000 m². Les coordonnées géographiques du site sont : 6° 26' 55" nord, 2° 21' 20" (INSAE-RGPH 2002). Le climat est du type sub-équatorial marqué par deux saisons pluvieuses (Avril-juillet) et (septembre-Novembre) et deux saisons sèches (Décembre-Mars) et (Juillet-Août). Les précipitations moyennes annuelles sont de 1179 mm (FASSINOU, 2008).

2.2. Collecte des données

Les graines matures de chaque espèce ont été récoltées au sein des peuplements naturels. Les graines ont ensuite été sélectionnées par le principe de flottement dans l'eau. Le dispositif expérimental qui a été utilisé est celui d'un Bloc Aléatoire Complet (BAC) (Naudin, 2007 ; Gnangle et al. 2010) appliqué à chaque espèce ligneuse avec trois blocs : substrat 1 (terreau), substrat 2 (humus), substrat 3 (mélange terreau-humus obtenu suite au dosage à part égale par brouette de terreau et d'humus). Chaque bloc a été divisé en 06 traitements : T₀, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆ et subissant une répétition. Au total, 40 pots par bloc (20*2=40) ont été obtenu. Ces traitements ont été appliqués de façon aléatoire à 5 lots de 20 pots par bloc selon les caractéristiques

de chaque semence des trois (03) espèces ligneuses utilisées et les trois types de substrats (Figure 1, Tableau 1). Ces traitements ont été appliqués en se basant sur la structure des graines et sur les travaux déjà réalisés par d'autres auteurs (Dia, 1988 ; Roussel, 1984 ; Danthu et al. 1992 ; Bell et al. 1992 ; Ahouangonou et al. 1995 ; Ndour, 1997 ; Wahbi et al. 2011 ; Assongba et al. 2013 ; Fandohan et al. 2013 ; Ali, 2017). Quatre-vingt (80) graines à raison de deux par pot ont été semées par traitement sur une période d'une semaine (Photo 1). Les données relevées au cours de l'expérimentation pour chaque espèce sur chaque pot, par traitement, par substrat et par planche sont : la date de germination des graines, le nombre de graines germées et la taille des jeunes plants (un double décimètre est mis au niveau du bourgeon de la graine et la mesure de la taille est relevée jusqu'à la sortie de la dernière feuille). Ces relevés ont été faits pendant quatre-vingt-dix (90) jours pour chaque espèce à partir de la première semaine après l'ensemencement avec une fréquence d'une fois par jour. Le nombre de graines germées journalièrement a été relevé pour chaque lot dès la première semaine qui a suivi les semis jusqu'à la 13^{ème} semaine pour prendre en compte les germinations tardives.

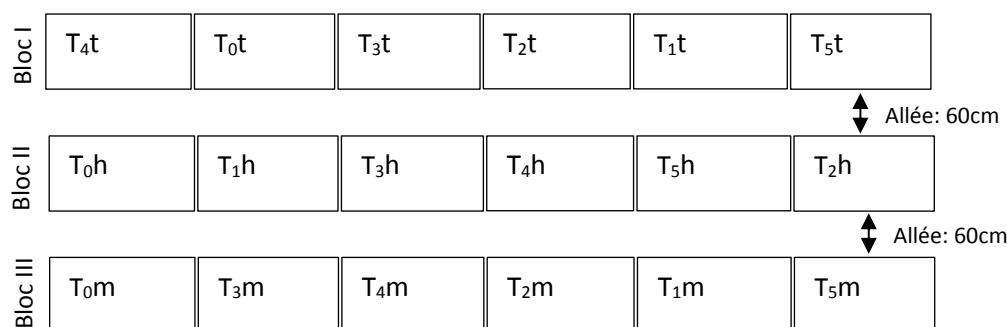


Figure 1 : Schéma du plan expérimental en Bloc Aléatoire Complet (BAC) avec la répartition de six traitements (T₀, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅) dans les blocs (substrat terreau : t, substrat humus : h et substrat mélange (terreau-humus) : m)



Photo 1 : Ensemencement de deux graines de *Afzelia africana* par pot (sachets plastiques perforés). Ingrid Legba



Tableau 1. Différents types de prétraitements appliqués aux graines des essences forestières

Codes	Prétraitements	Espèces ligneuses utilisées
T ₀	Témoin : graines sans traitement préalable	- <i>Azizelia africana</i> - <i>Dialium guineense</i> - <i>Tamarindus indica</i>
T ₁	Trempage dans de l'alcool 90° pendant 30 mn suivi de trempage dans l'eau à la température ambiante	- <i>Dialium guineense</i> - <i>Tamarindus indica</i>
T ₂	Trempage dans l'eau à la température ambiante pendant 24h	- <i>Tamarindus indica</i>
T ₃	Trempage dans l'acide chlorhydrique pendant 30 mn suivi du rinçage dans l'eau à la température ambiante	- <i>Azizelia africana</i> - <i>Dialium guineense</i> - <i>Tamarindus indica</i>
T ₄	Trempage dans l'acide chlorhydrique pendant 60 mn suivi du rinçage dans l'eau à la température ambiante	- <i>Azizelia africana</i>
T ₅	Scarification mécanique des graines à l'aide d'un scalpel suivi de trempage dans l'eau à la température ambiante pendant 24h	- <i>Azizelia africana</i> - <i>Dialium guineense</i> - <i>Tamarindus indica</i>
T ₆	Trempage dans l'eau à la température de 100 °C. L'ensemble (graines + eau chaude) est laissé à la température ambiante jusqu'au refroidissement	- <i>Azizelia africana</i> - <i>Dialium guineense</i>

T: traitement

2.3. Traitement des données

2.3.1. Déterminer le pouvoir germinatif des graines

Pour chaque espèce, le Taux Moyen de Germination (TMG) a été calculé en fonction du type de prétraitement *i* selon la formule :

$$TMG (\%) = \frac{n_i}{N_i} \times 100 \quad (1)$$

Avec *n_i*, le nombre de semences germées pour un prétraitement *i* et *N_i*, le nombre de semences semées avec le prétraitement *i*, (Throneberry et Smith, 1955). Les TMG de chaque espèce de semences prétraitées ont été comparés avec ceux des semences témoins grâce au test de Khi-deux.

Pour chaque espèce, les Vitesses moyennes de Germination (*V_g*) ont été calculées en fonction de chaque type de prétraitement et par substrat (Ouattara et al. 1992) :

$$Vg (\%) = \sum_{i=1}^{n=45} Gi \times \frac{Ji}{Gt} \quad (2)$$

Avec : *V_g* = Vitesses moyennes de Germination ; *G_i* = taux de germination au jour *i* ; *J_i* = jour *i* : nombre de jours depuis le semis ; *G_t* = taux de germination total

2.3.2. Evaluer l'effet du substrat sur la croissance en hauteur des jeunes plants

Pour évaluer les effets du substrat et l'interaction des deux facteurs "prétraitements et type de substrat" sur le taux de germination des semences et la croissance en hauteur des plantules des essences étudiées, une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs a été conduite. Les effets des prétraitements et du type de substrat ont été traités comme des facteurs catégoriels fixes et les différentes mesures comme variables mesurées. La probabilité *P* de significativité a été calculée par l'application du test post-hoc de Fischer au seuil de 5 % pour la catégorisation des moyennes ajustées de la

croissance des plantules. Les tests statistiques (ANOVA) attestent qu'il y a une différence significative entre les effets du substrat et l'interaction des deux facteurs "prétraitements et type de substrat" sur le taux de germination des semences et la croissance en hauteur des plantules. Ainsi, en manipulant les moyennes de chaque échantillon, on obtient un indicateur (*F*-value) qui nous permet de déduire une probabilité d'acceptation ou de rejet de l'hypothèse nulle qui est « les moyennes de la variable quantitative l'interaction du traitement appliqué et du substrat sont égales au taux de germination des semences et de la croissance en hauteur des plantules ». Ces analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R x 64 3.4.4.

3. RESULTATS

3.1. Détermination du pouvoir germinatif des graines des espèces étudiées

- Taux Moyen de Germination des semences des différentes espèces

Le Taux Moyen de Germination (TMG) des graines des espèces étudiées varie suivant les traitements appliqués et le substrat utilisé. Avec, le prétraitement des graines à l'eau à température ambiante après trempage dans de l'acide pendant 60 mn (*T₄*), les meilleurs TMG des graines de *Azizelia africana* sont (68,75 % pour terreau, 47,5 % pour le terreau-humus et 36,25 % pour humus) (Figure 2, tableau II). Le TMG (31,25 % pour terreau, 18,75 % pour terreau-humus et 13,75 % pour humus) est plus élevé sur tous les substrats avec le traitement trempage dans l'eau à 100°C puis laisser pendant 24 h dans l'eau à la température ambiante pour les graines de *Dialium guineense* (Figure 2, tableau II). Les Taux Moyen de Germination (TMG) (61,25 % pour terreau, 70 % pour terreau-humus et 76,25 % pour humus) pour les semences de *Tamarindus indica* ont été obtenu sur les graines ayant subie le test de prétraitement



correspondant au trempage dans l'acide pendant 30 mn suivi de trempage dans l'eau à température ambiante (Figure 2 et tableau 2). Le test de trempage dans l'eau à température ambiante pendant 24 h donne des TMG (71,25 % pour terreau, 61,25 pour

terreau-humus et 62,50 % pour humus) proche du test du trempage dans l'acide pendant 30 mn suivi de trempage dans l'eau à température ambiante appliqué à *Tamarindus indica*.

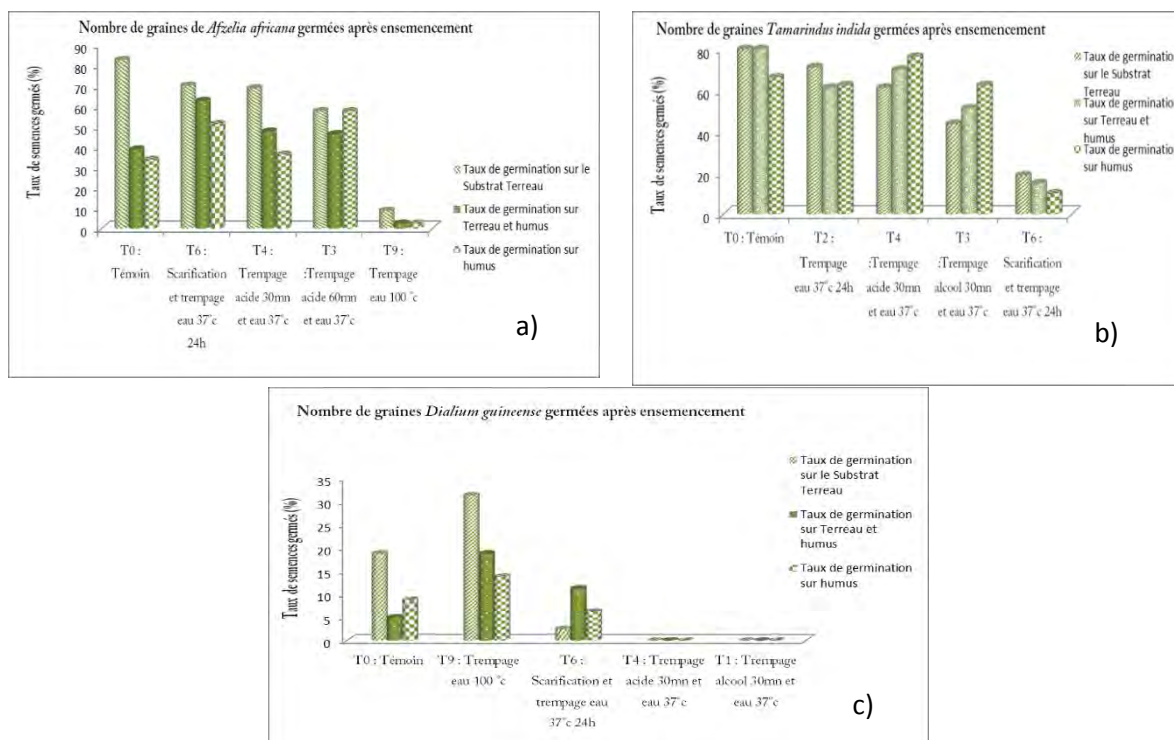


Figure 2 : Taux Moyen de Germination (TMG) des trois espèces végétales (a- *A. africana*, b- *D. guineense*, c- *T. indica*)

Tableau 3. Résultat du test de Khi-deux sur le taux moyen de germination (TMG) des semences

Espèces végétales	X-squared	df	p-value < 0,001
<i>Azizelia africana</i>	34.47	4	41,68e-8
<i>Dialium guineense</i>	46.76	4	17,12e-10
<i>Tamarindus indica</i>	21.77	4	69,5e-5

Les résultats du test de khi deux de contingence qui compare deux à deux les Taux Moyens de Germination des semences avec les traitements appliqués (p-value < 0,001) sont présentés dans le tableau 3. Ce test de khi deux permet de valider ou d'invalider l'hypothèse nulle (H0). L'hypothèse nulle (H0) d'indépendance des variables est acceptée pour *A. africana*, *D. guineense*, *T. indica* (tableau 3).

- Vitesse de germination des semences des différentes espèces

Pour *Azizelia africana*, *Dialium guineense* et *Tamarindus indica*, la vitesse de germination est très variable pendant les 15 premiers jours sur tous les substrats. La germination, s'est arrêtée à partir du 45^{ème} jour. Sur les trois espèces végétales, la vitesse de germination est plus élevée chez *Dialium*

guineense sur le substrat terreau, avec le test d'ébullition (100 °C) suivi de refroidissement pendant 24 h (tableau 4).

3.2. Effet du substrat sur la croissance en hauteur des jeunes plants

La croissance en hauteur pour *Azizelia africana*, après un mois, a connu un ralentissement. La taille moyenne en croissance des plants a varié entre 0 à 10 cm sur les trois différents substrats. *Dialium guineense* quant à elle a affiché une croissance plus rapide (19 cm) sur le substrat terreau avec le traitement trempage dans l'eau à la température de 100 °C. En ce qui concerne *Tamarindus indica*, il a affiché une très bonne croissance en hauteur (24 cm) sur le substrat terreau avec le traitement (tableau 5).



Tableau 2. Taux moyen de germination (TMG en %) des graines des espèces étudiées

Espèces /Traitements	Témoin	Trempage eau 100 °C pendant 24 h	Trempage acide 30 mn et eau 37 °C	Scarification et trempage eau 37 °C 24 h	Trempage acide 60 mn et eau 37 °C	Trempage alcool 90 pendant 30 mn et eau 37 °C	Trempage eau à la température ambiante pendant 24 h
Substrat	TERREAU						
<i>Afzelia africana</i>	82,5	8,75	68,75	70	57,5	-	-
<i>Dialium guineense</i>	18,75	31,25	0	2,5	-	0	-
<i>Tamarindus indica</i>	80	-	61,25	18,75	-	43,75	71,25
Substrat	MELANGE TERREAU-HUMUS						
<i>Afzelia africana</i>	38,75	2,5	47,5	62,5	46,25	-	-
<i>Dialium guineense</i>	5	18,75	0	11,25	-	9	-
<i>Tamarindus indica</i>	80	-	70	15	-	51,25	61,25
Substrat	HUMUS						
<i>Afzelia africana</i>	33,75	2,5	36,25	36,25	57,5	-	-
<i>Dialium guineense</i>	8,75	13,75	0	6,25	-	0	-
<i>Tamarindus indica</i>	66,25	-	76,25	10	-	62,5	62,5

NB : température ambiante =37 °C

Tableau 4. Fiche récapitulative de la vitesse de germination (VG en %) des graines

Traitements	Témoin	Trempage eau 100 °C pendant 24 h	Trempage acide 30 mn et eau 37 °C	Scarification et trempage eau 37 °C 24 h	Trempage acide 60 mn et eau 37°C	Trempage alcool 30 mn et eau 37°C	Trempage eau 37 °C pendant 24h	Espèces
Substrat	TERREAU							
VG (%) du 7 jours	10	12	11	11	10	-	-	Afzelia africana
VG (%) du 45 jours	36	36	36	36	36	-	-	
VG (%) du 7 jours	8	10	0	8	-	0	-	Dialium guineense
VG (%) du 45 jours	36	36	36	36	-	0	-	
VG (%) du 7 jours	15	-	14	14	-	12	14	Tamarindus indica
VG (%) du 45 jours	36	-	36	36	-	36	36	
Substrat	MELANGE TERREAU-HUMUS							
VG (%) du 7 jours	4	18	10	10	0	-	-	Afzelia africana
VG (%) du 45 jours	36	36	36	36	36	-	-	
VG (%) du 7 jours	0	9	8	-	-	0	0	Dialium guineense
VG (%) du 45 jours	36	36	36	-	-	0	0	
VG (%) du 7 jours	9	-	11	8	-	11	11	Tamarindus indica
VG (%) du 45 jours	36	-	36	36	-	36	36	
Substrat	HUMUS							
VG (%) du 7 jours	6	13	10	10	6	-	-	Afzelia africana
VG (%) du 45 jours	36	36	36	36	36	-	-	
VG (%) du 7 jours	9	14	6	0	-	0	-	Dialium guineense
VG (%) du 45 jours	36	36	36	0	-	0	-	
VG (%) du 7 jours	10	-	11	10	-	9	11	Tamarindus indica
VG (%) du 45 jours	36	-	36	36	-	36	36	

Tableau 5. Moyenne de la croissance en hauteur des plantules de chaque espèce selon le traitement appliqué

Espèces/Traitements	Substrat	Moyenne de la croissance des plantules (cm)	Espèces/Traitements	Substrat	Moyenne de la croissance des plantules (cm)
<i>Afzelia africana</i> sans traitement	Terreau (T0)	13	<i>Dialium guineense</i> avec traitement	Mélange (T1)	17



<i>Afzelia africana</i> avec traitement	Terreau (T1)	15	<i>Dialium guineense</i> sans traitement	Humus (T0)	17
<i>Afzelia africana</i> sans traitement	Mélange (T0)	15	<i>Dialium guineense</i> avec traitement	Humus (T1)	14
<i>Afzelia africana</i> avec traitement	Mélange (T1)	20	<i>Tamarindus indica</i> sans traitement	Terreau (T0)	24
<i>Afzelia africana</i> sans traitement	Humus (T0)	19	<i>Tamarindus indica</i> avec traitement	Terreau (T1)	24
<i>Afzelia africana</i> avec traitement	Humus (T1)	16	<i>Tamarindus indica</i> sans traitement	Mélange (T0)	21
<i>Dialium guineense</i> sans traitement	Terreau (T0)	19	<i>Tamarindus indica</i> avec traitement	Mélange (T1)	21
<i>Dialium guineense</i> avec traitement	Terreau (T1)	18	<i>Tamarindus indica</i> sans traitement	Humus (T0)	19
<i>Dialium guineense</i> sans traitement	Mélange (T0)	13	<i>Tamarindus indica</i> avec traitement	Humus (T1)	19

Les trois boîtes à moustache apparaissent côté à côté dans une fenêtre spécifique, permettant de comparer les dispersions des trois substrats en fonction des semences non traitées et des semences traitées. On remarque des valeurs extrêmes sur le substrat mélange (terreau-humus). Ainsi, d'après la figure 3, les plantules des différentes espèces ont une bonne croissance sur le substrat terreau sans subir de traitement. Le substrat mélange (terreau-humus), les semences ont besoin de traitement ; afin d'avoir une bonne croissance. La faible croissance en hauteur des plantules est remarquée sur le substrat humus avec les semences ayant subi de traitement. Or, la production à l'état naturel (sur de l'humus et sans traitement) donne une croissance de 17 cm.

En ce qui concerne, la croissance en hauteur des trois espèces sur les trois substrats en fonction des semences non traitées et des semences traitées. Chez les plants de *Afzelia africana*, l'analyse de la (figure 4) montre une croissance très rapide sur les semences ayant subi de traitement (16 cm) et quel que soit le substrat et le traitement appliqué, les plantules de *Dialium guineense* et *Tamarindus indica* ont une croissance moyenne de 17cm et 21 cm respectivement (figure 5 ; 6). Les semences de *Afzelia africana* ont besoin de traitement pour une bonne croissance. Par contre, l'apport de traitement n'a aucun effet sur la croissance en hauteur de plants de *Dialium guineense* et *Tamarindus indica*.

L'analyse de variance (ANOVA) est utilisée pour tester la signification des moyennes ajustées de la croissance des plantules (tableau 6 et 7). La valeur calculée de F atteste que cette croissance moyenne en hauteur des plantules est très significative selon chaque espèce végétale et en fonction des substrats et des traitements appliqués au

seuil de 5%, ce qui indique les différences notables sur la croissance des plantules ($F= 0.852$; $p = 0.05$) entre les substrats utilisés pour la croissance des plantules (tableau 6 et 7). Le test post-hoc de Fischer f au seuil de 5% montre que la variation de la croissance moyenne en hauteur suivant les substrats (terreau, mélange terreau et humus et humus) et les traitements, est significativement différent les uns des autres en ce sens que *Afzelia africana*, *Dialium guineense* ont besoin d'un traitement pour avoir une croissance en hauteur sur tout type de substrat. En ce qui concerne *Tamarindus indica*, qu'ils subissent un traitement ou non, ils croient bien sur du terreau. Les différents substrats et traitements appliqués ont un effet significatif sur la croissance des plantules des différentes espèces.

L'analyse de BAC ayant donné une valeur non-significative de F à travers un test F plus approprié est effectué en ajustant les sommes des carrés des croissances en hauteur des plantules aux effets des substrats afin de détecter leur impact sur la croissance de ces plantules. La valeur observée de F (0.3665) obtenue est inférieure à la valeur tabulaire de F (2.49) au seuil de 5 % pour 5,36 degré de liberté (tableau 7). On en déduit qu'il n'y a pas de différence significative entre les paramètres de croissance moyenne en hauteur des plantules. Ceci implique alors que les traitements n'induisent pas la même vitesse de croissance en hauteur des plants chez les différentes espèces. De même, les substrats ne présentent pas aussi la même vitesse de croissance en hauteur des plants. En ce qui concerne la croissance en hauteur de *Kigelia africana*, la même tendance que pour la croissance a été observée, excepté le fait que les traitements n'ont pas d'effet significatif sur celui-ci.



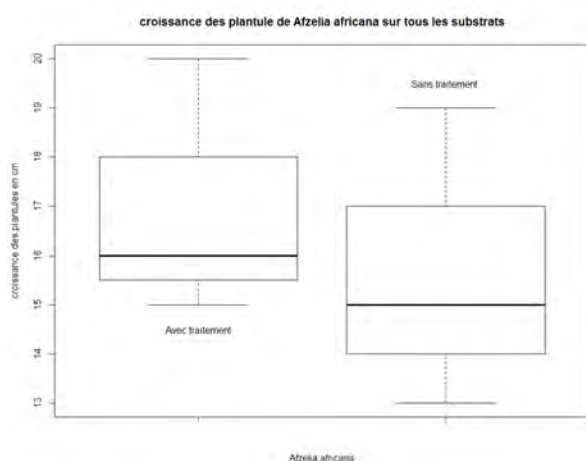


Figure 4 : Distribution de la hauteur des plantules de *Afzelia africana* en fonction du type de traitement.

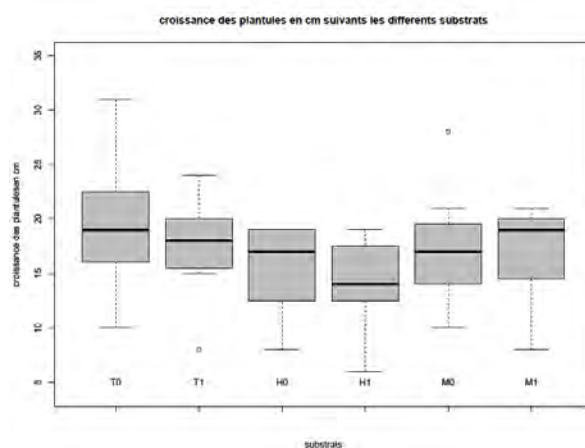


Figure 3 : Distribution en hauteur des plantules des trois espèces végétales en fonction des différents substrats

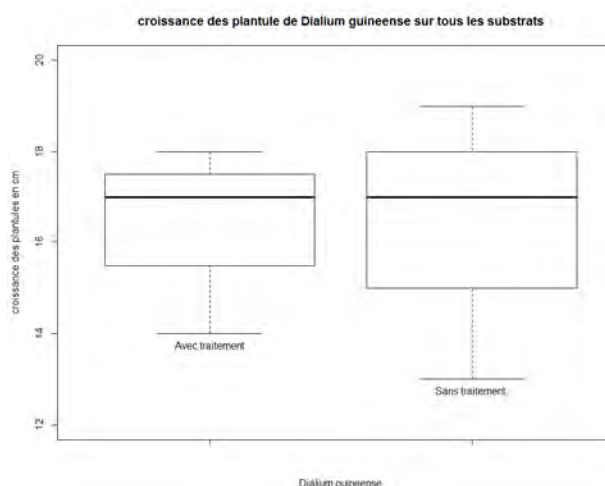


Figure 5 : Distribution de la hauteur des plantules de *Dialium guineense* en fonction du type de traitement.

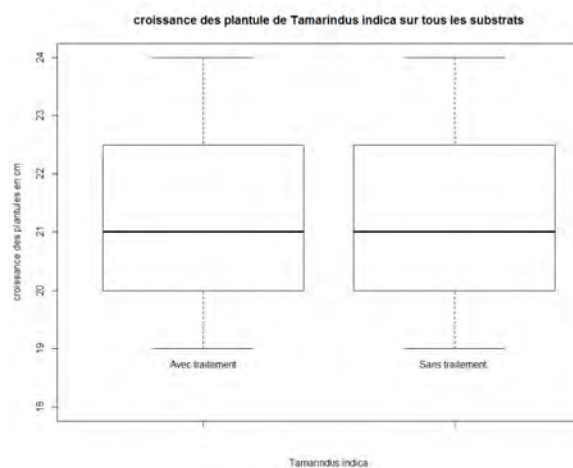


Figure 6 : Distribution de la hauteur des plantules de *Tamarindus indica* en fonction du type de traitement.

Tableau 6. Résultats d'analyse de variance de l'effet des substrats sur la croissance des plantules

Source de variation	Degrés de liberté (df)	Somme des carrés	Carré moyen (Mean Sq)	F value	Pr (>F)
Substrat	5	5 123.5	24.71	0.852	0.523
Residuals	36	36 1044.6	29.02		

Tableau 7. Résultats d'analyse de variance pour tester la signification des moyennes ajustées de la croissance des plantules.

Source de variation	de	Degrés de liberté (df)	Carré moyen (Mean Sq)	F valeur calculée	F tabulaire
Substrat	5		24.71	8.51	2.49
Residuals	36		29.02		

4. DISCUSSIONS

4.1. Détermination du pouvoir germinatif des semences des espèces étudiées

- Taux de germination des semences des différentes espèces

Au total, six (06) traitements sont utilisés pour la détermination du pouvoir germinatif des semences des espèces ligneuses. Le traitement scarification

suivie de trempage dans l'eau à température ambiante pendant 24h est le meilleur traitement adapté sur les trois types de substrat pour ces espèces végétales (*Afzelia africana*, *Dialium guineense*, *Tamarindus indica*). Pour les travaux de ABIOGeT (2014), la germination en pépinière des ligneux, il faut soumettre les graines au prétraitement (48 à 72 heures) avant de les semer, 1 à 2 graines par



sachet. De l'analyse des données de Bationo (1995), les plus forts taux de germination ont été enregistrés chez les espèces telles que *Tamarindus indica*, *Detarium microcarpum*, *Azelia africana* et *Khaya senegalensis*. Le rapport de C.N.S.F. (1992-1993) donne un taux moyen de germination de 86% et Guigma (1989) trouve 70%. Ce qui correspond à nos résultats qui montrent que sur les différents traitements appliqués seuls les traitements trempage acide 30mn suivie du rinçage dans l'eau à température ambiante est le plus recommandé pour les semences de *Azelia africana* sur tous les types de substrat (36,25 % et 68,75 %). Selon Assongba et al. (2013), l'étude sur le pouvoir germinatif des semences de *Dialium guineense* a montré que la scarification est un moyen positif pour améliorer la germination des graines. En faisant recours aux travaux de N'golo Bamba et al. (2018) sur *Pterocarpus erinaceus* Poir., ils confirment que les semences décortiquées permettent d'avoir un taux de germination supérieur à 50%. Oboho & Ogana (2012) ont démontré à travers leurs travaux sur *Dialium guineense* que le meilleur taux de la levée de dormance est obtenu à une température de 100°C dans l'eau. Les résultats de nos travaux sur le taux de germination sont plus élevés sur tous les substrats avec le traitement Trempage dans l'eau à la température de 100 °C. L'ensemble (graines + eau chaude) est laissé à la température ambiante jusqu'au refroidissement. Ali et al. (2017), ont fait le test d'ébouillantage et ont obtenu un taux de germination de 74%. Ainsi, nos résultats correspondent à ceux des autres auteurs. Selon Ahouangonou et al. (1995), *Tamarindus indica* présente le plus fort taux de germination au laboratoire, soit 97% en l'espace de 13 jours après semis. Ce résultat est proche de celui obtenu par Alexandre (1991), soit 100% au bout de 12 jours après semis. Le prétraitement fragilise les téguments et favorise une germination rapide des graines. L'état de fragilisation plus ou moins suffisante chez certaines espèces de Caesalpiniaceae a comme conséquence la régularité ou l'irrégularité de la déchirure des enveloppes des semences au moment de la germination. Ces observations concordent avec celles faites par DE LA Mensbrugue (1966). Le test Khi-deux qui compare deux à deux les taux de germination des semences avec les traitements appliqués (p -value < 0,001) révèle une efficacité hautement significative sur la germination des espèces végétales. Cette influence est mise en évidence par le test Khi-deux qui a permis l'identification le taux de germination avec des probabilités variant entre 17,12e-10 à 69,5e-5 pour (*A. africana*, *D. guineense*, *T. indica*). Cela indique que le taux de germination des semences est un facteur de distinction pertinent des traitements appliqués. Ces résultats correspondent aux ceux de Abidine et al. (1999), Akinagbe et Oni (2007), Ahoton et al. (2009), Bambara (2014) et Kafando (2016), malgré qu'ils aient étudiés les provenances locales de *P.*

africana. Les taux de germination très intéressants dans la cohérence est dû aux recommandations des différents travaux des auteurs consultés, cités dans le document et appliqués pour les prétraitements. La maîtrise de la germination et la production des plantes en pépinière constituent une démarche écologiquement et techniquement rentable pour la restauration des plantes ligneuses.

- Vitesse de germination des semences des différentes espèces

Selon Ado et al. (2017), pour toutes les plantules sauf *A. africana*, la tige n'amorce son émergence qu'après une profondeur d'enracinement du pivot supérieure ou égale à 10 cm. Des observations analogues ont été également faites par Ouedraogo (1994) sur les plantules de *Faidherbia Albida*. Selon certains auteurs, la capacité des plantules à développer rapidement leur système racinaire pivotant dans les premiers stades de développement est une stratégie d'adaptation à la sécheresse édaphique (Liefers et Rothwell, 1986 ; Smucker et Alken, 1992 ; Ouedraogo, 1993 ; Peter et al. 1999) et à la concurrence interspécifique Bacilieri (1993). Cela se confirme sur de nombreuses espèces ligneuses des zones arides et semi-arides. Ces espèces privilégient la croissance racinaire au détriment de celle de la partie aérienne dans les premiers stades de développement. Ce qui témoigne la tendance déjà évoquée par Okali et Dodo (1973) et Ouedraogo (1993). Ainsi, la vitesse de germination diffère, après 14 et 28 jours, elle revient au même niveau que pour les semis immédiats de la plupart des espèces locales. La vitesse de germination diminue quelque peu, mais cette perte est compensée, pour les durées de conservation de 7 et 14 jours, par un trempage de 6 heures dans l'eau. Les résultats de ces différents auteurs concordent avec nos résultats, car la vitesse de germination de *Azelia africana*, *Dialium guineense* et *Tamarindus indica* est très variable pendant les 15 premiers jours sur tous les substrats. À partir du 45^{ème} jour, la germination, s'est arrêtée et la vitesse de germination est plus élevée chez *Dialium guineense* sur le substrat terreau, avec le test d'ébouillantage (100 °C) suivi de refroidissement pendant 24 h.

4.2. Effet du substrat sur la croissance en hauteur des jeunes plants

La double action (traitement appliqué et substrat) a un effet positif sur la germination de *Azelia africana*, *Dialium guineense*, *Tamarindus indica*. Les travaux de Oboho & Ogana (2012), ABIOGeT (2014), El-Refaey et al., (2014), Laouali et al., (2015) et Amani et al., (2015) corroborent avec nos résultats sur la croissance en hauteur des trois espèces sur les différents substrats utilisés, confirmé par le test *F* suite à l'analyse de variance (ANOVA). Ainsi selon les différents auteurs ci-dessus cités, la croissance de l'arbre au jeune stade est très



satisfaisante. En pépinière, on peut produire un jeune plant de 50 cm de hauteur en quatre (4) mois si toutes les conditions sont réunies sur *Afzelia africana*, *Dialium guineense* et *Tamarindus indica*. Selon les auteurs (DE LA Mensbrughe, 1966 ; Roussel J., 1984 ; Assongba et al., 2014 ; Ali, 2017 ; Falemara et al., 2019) l'accroissement est lent en période froide et devient rapide quand il fait chaud. Ils soulignent également que le nombre de feuilles augmente en fonction de la croissance de la plantule, car l'apparition des premières feuilles, entraîne le développement de la plante et assure l'augmentation du nombre de feuille qui se fixe sur la tige. L'inhibition de la croissance après une période de croissance continue chez les plantules de *Afzelia africana* et *Detarium microcarpum*, est une caractéristique des espèces ligneuses à potentiel végétatif. On remarquera d'ailleurs que ces espèces produisent de grosses graines à cotylédons charnus et à durée de vie courte dans la nature. L'arrêt de croissance pourrait donc être la conséquence d'un épuisement des réserves cotylédonnaires ou de l'inhibition stratégique de l'activité du méristème apical : l'arrêt de croissance de la partie aérienne permet une recharge beaucoup plus efficace des réserves souterraines (Corbineau, 1985). La destruction précoce des cotylédons peut donc constituer une contrainte majeure à la survie et à la croissance des plantules (Gampine et Boussim, 1995). L'analyse de variance pour la variable de la croissance en hauteur des plantules a révélé une différence très hautement significative sur la croissance en hauteur des plantules selon les substrats utilisés et le traitement appliqué la croissance des plantules. Cette forte variabilité a été mise en évidence par le test de comparaison des moyennes (Ahoton et al., 2009). Plusieurs auteurs ont mis en évidence la relation entre le type de sol et la croissance (Traissac, 2003 ; Bationo et al., 2010a). Ils ont indiqué que la croissance rapide des plantules est liée aux facteurs génétiques des arbres mères qu'aux conditions écologiques (types du sol, climat), à la concurrence des mauvaises herbes (Niang-Diop et al., 2010). La zone climatique d'origine ne semble pas avoir d'impact sur la croissance des jeunes plants, confirmant ainsi un effet significatif de l'âge et de la génétique des arbres-mères (Dianda et Chalifour, 2002). Ces résultats corroborent avec ceux de Weber *et al.* (2015) qui ont montré qu'il existe une différence significative entre les provenances pour la variable hauteur moyenne des plantules après huit (8) mois en pépinière. Cependant, Mahoney et Fins (1995) ont observé en outre, que la hauteur des plantules semble être sous un contrôle génétique plus fort que les autres variables de la croissance. Par conséquent, la hauteur des plantules pourrait servir de trait de sélection de descendances génétiquement supérieures (Baker *et al.*, 1979).

CONCLUSION

Six traitements et trois substrats ont été testés sur le pouvoir de germination et la vitesse de croissance des jeunes plants de trois essences forestières (*Afzelia africana*, *Dialium guineense*, *Tamarindus indica*). Il ressort que c'est le traitement trempage acide 60mn puis dans l'eau à température ambiante qui est plus recommandé pour la production de *Afzelia africana*. Quant à *Dialium guineense*, le test trempage dans l'eau à 100°C jusqu'au refroidissement et le trempage dans l'eau à température ambiante pendant 24h est recommandé pour sa production sur tout type de substrat. Il favorise la croissance rapide des plants. Le test trempage dans l'eau à température ambiante pendant 24h est recommandé pour la production de *Tamarindus indica*.

Le test de Khi-deux effectué montre qu'il y a la double action (traitement appliqué et du substrat) utilisé pour la croissance en hauteur de *Afzelia africana*, *Dialium guineense*, *Tamarindus indica* au seuil de 5%.

En somme, le respect, l'observation et la mise en application de ces principales recommandations seraient très bénéfique pour une meilleure production des plantes ligneuses rares. Ainsi les espèces végétales rares ou en voie de disparition, trouveront une solution de survie. Des études similaires doivent être menées pour obtenir le maximum d'informations sur le pouvoir de germination des espèces ligneuses menacées dans les futures investigations en pépinière.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT) pour le financement accordé dans le cadre de la réalisation des travaux de terrain. Nous remercions aussi tous ceux qui de loin ou de près ont mis leur touche à la réalisation de cet article. Merci pour la franche collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

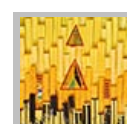
- [1] ABIOTGeT, 2014. Les essences locales produites et plantées par ABIOTGeT. Rapport Annuel. 37 p.
- [2] ADO A., HASSANE I., ASSANOU B., GUIMBO IRO D., KARIM T. D. A., ALI M., MAHAMANE S., 2017. Effet De Prétraitements, de Substrats et de stress hydriques sur la germination et la croissance. Initiale de *Diospyros Mespiliformis* Hochst. Ex A. DC. European Scientific Journal July edition Vol.13, No.21- ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj.2017.v13n21p251 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p251](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p251). 18 p.



- [3] ALEXANDRE D. Y., 1991. Régénération de la forêt du Nazinon par semis direct, Notes au Projet FAO/PNUDIBKF/89/011, 24 p.
- [4] ALEXANDRE D. Y., 1992. Quelques observations sur la physiologie des semences et des plantules forestières de la zone du Nazinon. *In tree seeds problems with special reference to Africa*, ed. by SOME L. M. et de KAM M. Buckhuys, 203-209.
- [5] AMANI INOUSSA M. M., DAN GUIMBO I., MAHAMANE A., SAADOU M. & LYKKE A. M., 2015. Germination et croissance de quatre espèces de *Combretaceae* en pépinière. *Tropicultura*, 33,2,135-145.
- [6] ASSONGBA Y. F., DJEGO J. G. & SINSIN B., 2013. Capacité de germination de *Dialium guineense* willd (Fabaceae) une espèce Agroforestière. *Journal of Applied Biosciences* 62 : 4566 – 4581. ISSN 1997–5902. 16 p.
- [7] BATIONO B., 1995. Contribution à l'étude de quelques espèces ligneuses wcales en semis direct dans la zone nord de la Sissili (département de POUNI) *Detarium microcarpum*, *Prosopis Africana*, *Acacia nilotica* var. *adansonii*, *Sclerocarya birrea*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Butyrospermum paradosum*, *Daniellia oliveri*. Mémoire de fin d'études pour diplôme d'ingénieur du développement rural. 121 p.
- [8] BATIONO BABOU A., 2002. Régénération naturelle et fonctionnement de cinq espèces ligneuses de la forêt classée du Nazinon (Burkina Faso) : *Detarium microcarpum* Guill. Et Perr., *Azizelia africana* Sru., *isoberlinia doka* Caib. Et Stapf., *Piliostigma thonningii* (Sch)Miln- Redh et *Terminalia avicennioides* Guill et Perr. Diplôme de doctorat de l'Université de Ouagadougou. 219 p.
- [9] BELL D. T. et BELLAIRS S. M., 1992. Effects of temperature on the germination of selected Australian native species used in the rehabilitation of bauxite mining disturbance in Western Australia. *Seed Sci. Technol.*, 20, 47-55.
- [10] DANTHU P., ROUSSEL J., DIA M. et SARR A., 1992. Effect of pretreatment on the germination of *Acacia Senegal* seeds. *Seed Sci. Technol.*, 20, 111-117.
- [11] DIOP B., 2009. Diagnostic de l'état de la conservation de la biodiversité dans l'Espace Naturel Communautaire Kër Cupaam : perspectives pour une valorisation durable des ressources naturelles au Sénégal. Mémoire de Master, Université de Liège.
- [12] EL-REFAEY F. A. EL-DENGAWY & AHMED A. H., 2014. The effects of treating persimmon (*Diospyros lotus*) seeds with moistchilling and growth regulators on seeds germination, the subsequent seedling characters and their induced drought tolerance. *IOSR. J of Agri and Vet Science* 7 (9), 45-53.
- [13] FANDOHAN B., GOUWAKINNOU G. N., FONTON NOËL H., SINSIN B. et JIAN L., 2013. Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés : cas du tamarinier au Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3), 450-462. 13 p.
- [14] GAMPINE et BOUSSIM, 1995. Etude des contraintes à la régénération de quelques espèces locales de *Combretaceae* et de *Caesalpinaceae* au Burkina Faso. *Etude flor. Vég., Burkina Faso*, 2, 33-41.
- [15] GNANGLE P. C., GLELE KAKAI R., OUMOROU M., N'DJOLOSSE K., BONOU W. et GUIGMA P., 2010. Contribution à l'aménagement de la forêt classée du Nazinon. Etude des possibilités de régénération et d'enrichissement de la forêt par les membres des groupements. Mémoire de fin d'études ITDR (Eaux et Forêts). Université de Ouagadougou, 53 p.
- [16] INSAE-RGPH, 2002. Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats provisoires. 48p.
- [17] LAOUALI A., DAN GUIMBO I., YOUCHAOU A., RABIOU H. et MAHAMANE A., 2015b. Etude de la germination de la graine et suivi de la croissance en pépinière de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub., espèce menacée de disparition au Niger. *Ann. Univ. Abdou Moumouni (Niger), Sciences* ; 18-A, 1-12.
- [18] LOUPPE D. et OUATTARA N., 1996. Station Kamonon Diabaté (Korhogo) ; résultats des mensurations de 1966. *Recherche forestière - station de Korhogo*. 55 p.
- [19] NAUDIN Krishna Revu par Eric GOZE CIRAD-PERSYST/ TAFA/ SCRID, 2007. Document de travail BV lac n° 32. Expérimentations agronomiques Conduites et plans des essais. Guide méthodologique pour les antennes. TAFA. PROJET DE MISE EN VALEUR ET DE PROTECTION DES BASSINS VERSANTS AU LAC ALAOTRA (BV ALAOTRA). 19p.
- [20] OBOHO E. G., OGANA F. N., 2012. Effects of varying hot water temperatures on the germination and early growth of *Dialium*



- guineense (Willd) seeds. *Annals of Biological Research*, 3 (3): 1247-1254.
- [21] OKALI D. U. U. and DODOO G., 1973. Seedling growth and transpiration of two west african mahogany species in relation to water stress in the root medium. 1. *Ecol.*, 61,421-438.
- [22] ONYEKWELU J. C. & AKINDELE L. O., 2002. *Applied Tropical Agriculture* 7 : 23 – 28.
- [23] OUATTARA N. ET LOUPPE D., 1992. Prétraitement à l'acide sulfurique concentré de graines de cinq espèces ligneuses. 59 p.
- [24] OUEDRAOGO S. J., 1993. *Faidherbia albida* : évolution comparée des parties aériennes et souterraines de plants issus de semis et de bouturage. *Amélior. Prod. Agr. Milieu aride*, 5, 123-141.
- [25] OUEDRAOGO S., 1994. Dynamique et fonctionnement des parcs traditionnels du plateau-Central burkinabé : influence des facteurs biophysiques et anthropiques sur la composante ligneuse. Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6, 207p.
- [26] PETER B., SHARBINI N. and YARA R., 1999. Root architecture and root / shoot allocation shrubs and saplings in two lowland tropical forests: implications of life-form composition. *Biotropica*, 31, 93-101.
- [27] ROUSSEL J., 1984. Germination des semences forestières : utilisation de l'acide sulfurique en traitement des principales espèces sahéliennes, soudano-sahéliennes et exotiques. Fiche technique n°3. Dakar : Centre national de recherches forestières. 7p.
- [28] ZADOUD. A., KONÉ I., MOUROUFIÉ V. K., ADOU YAO C. Y., GLÉANOU K. E., KABLAN Y. A., COULIBALY D., AND IBO J. G., 2011. Valeur de la Forêt des Marais Tanoe-Ehy (sud-est de la COTE D'IVOIRE) pour la conservation : dimension socio-anthropologique. *Tropical Conservation Science* Vol. 4(4):373-385. Available online: www.tropicalconservationscience.org



**BIOCHIMIE, MICROBIOLOGIE, MALADIE
TROPICALE / BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY
AND TROPICAL DISEASE**



Etude de la phytochimie et de l'activité appétissante du décocté de feuilles de *Opilia celtidifolia* guill. et perr. (Opiliaceae) chez les rats

Makan Soumaré^{1*}, Koumaré Benoit¹, Diallo Drissa², Sanogo Rokia², Diarra Birama², Doumbia Sekou² et Diarra Modibo³

¹Laboratoire National de Santé

²Département Médecine Traditionnelle

³Ministère de la Santé

* Email : Soumare_Makan@Yahoo.Fr

RESUME: Notre étude a porté sur la vérification de l'activité appétissante des feuilles de *Opilia celtidifolia*. L'étude phytochimique, a mis en évidence des saponosides, des oses et holosides, et les mucilages qui peuvent être utilisés parmi les marqueurs chimiques pour le contrôle de qualité des feuilles de *Opilia celtidifolia*. De nombreux constituants polyphénoliques ont présenté une forte activité antiradicalaire du décocté, ceci est en faveur d'une activité antioxydante bénéfique pour l'hépatoprotection. L'administration quotidienne du décocté de feuilles, aux doses de 50mg/Kg, 100 mg/kg et 200 mg/kg et du décocté de *Opilia celtidifolia* par voie orale, pendant 37 jours a provoqué une prise de poids individuelle chez les rats. Le décocté à la dose de 200 mg/kg a provoqué une diminution des transaminases (ALAT et ASAT) et de la glycémie chez les rats. Il a été constaté une augmentation de la consommation d'eau au cours du test, et une augmentation de GGT et de l'acide urique. Nous recommandons donc de reprendre cette étude avec le macéré.

Mots-clés: Médecine Traditionnelle, *Opilia celtidifolia*, Activité appétissante.

I. INTRODUCTION

A travers le monde, le manque d'appétit demeure tout de même la deuxième cause de mortalité. Au Canada et aux Etats-Unis, elle est peu fréquente, elle est même en déclin. En 2009, elle représentait moins de 2% de tous les nouveaux cas chez les Canadiens. Elle est plus fréquente dans les populations aux conditions socio-économiques précaires qui ont beaucoup recours à la salaison et au fermage pour la conservation des aliments.

Le Japon, la Chine et le Chili figurent parmi les pays les plus touchés. Dans les pays industrialisés la réfrigération a contribué à réduire l'incidence de cette manque d'appétit

(Hallet 2010). Le programme commun des Nations Unies sur la manque d'appétit estime que le taux d'incidence pour la population adulte variait en 2002 de 15% au Malawi jusqu'à plus de 30% au Swaziland et au Lesotho, pour atteindre le chiffre ahurissant de 39% au Botswana.

Le programme Alimentaire Mondial (PAM) estime quant à lui, qu'en Mars, le nombre de personnes nécessitant une aide alimentaire au Zimbabwe s'élevait à 7,2 millions soit 5,2% de la population. Près de 8 millions de personnes ont aussi besoin d'aide alimentaire au Malawi, en Zambie au Lesotho, au Mozambique et au Swaziland (John Nyamu 2003).

Au Mali le manque d'appétit a été diagnostiqué chez 32% des patients infectés au VIH. Cette prévalence est de 11,1% au Zimbabwe (Rew Tun Infectil 2007) quelque soit la cause, elle peut conduire à la malnutrition et à ses complications sur la santé de la personne.

En médecine traditionnelle, les signes observés sont : la boulimie, l'anorexie, le cancer, les difficultés digestives dont la plus fréquente est l'anorexie. L'anorexie est un symptôme observé en médecine qui correspond à une perte répétée de l'appétit. En psychiatrie, l'anorexie est un des symptômes principaux du syndrome dépressif. Les facteurs liés à la maladie du système immunitaire du patient et les réactions chimiques modifiées au niveau de l'organisme peuvent être les causes exactes. Au Mali 80% de la population utilise la médecine traditionnelle pour les soins de santé (Arthuis et Duché ; 2002). Les plantes médicinales constituent une alternative idéale aux médicaments chimiques ou spécialités trop chers à fabriquer ou à acheter pour les pays en voie de développement.

Les huiles Essentielles des plantes possèdent des propriétés très stimulantes de l'appétit. Les graines de Fenugrec renferment des glucides, des protides, des lécithines, des stéroïdes et des lipides et facilitent la prise de poids et stimulent l'appétit. La plante est utilisée en décoction. Le curcuma possède un pouvoir anti-oxydant d'où ses effets protecteurs de l'organisme, la racine est utilisée. La gentiane dont les racines riches en secoïridosides comme la gentiopicroside ainsi que les acides phénols et des phytostenols ont des propriétés très appétissantes dues surtout aux principes amers des secoïridosides. Elle est surtout utilisée en décoction.

Le Département Médecine Traditionnelle centre collaborateur de l'OMS, fait des recherches sur les plantes abondantes dans la nature, principalement au Mali afin de mettre à la disposition des populations des médicaments traditionnels améliorés à base des



plantes. *Opilia celtidifolia* est une plante qui se trouve dans les savanes boisées et les ravins soudaniens peu humides (Kerharo et Adam, 1974). Cette plante est reconnue pour son usage dans le traitement du manque d'appétit.

En conséquence la présente investigation est entreprise pour utiliser *Opilia celtidifolia* pour l'étude de l'activité appétissante.

II. OBJECTIFS

2.1. Objectif général:

Etudier la phytochimie et l'activité appétissante du décocté des feuilles de *Opilia celtidifolia* chez les rats.

2.2. Objectifs spécifiques:

- Caractériser les différents groupes chimiques les feuilles de *Opilia celtidifolia*.
- Déterminer les constituants antiradicalaires des extraits des feuilles de *Opilia celtidifolia* ;
- Estimer la toxicité aigue des extraits de feuilles de *Opilia celtidifolia*.
- Investiguer l'activité appétissante des extraits aqueux de *Opilia celtidifolia* chez les rats.

III. METHODOLOGIE

3.1 Lieu d'étude

Département de Médecine Traditionnelle

3.2. Méthode : Etude expérimentale

Le matériel végétal :

Feuilles de *Opilia celtidifolia* (Korotimi ; 2009)

3.3 Contrôle de qualité de la matière première

3.3.1. Dosage de l'eau

Une seule méthode a été utilisée pour le dosage de l'eau :

3.3.1.1 Méthode gravimétrique :

Principe

C'est une méthode pondérale qui consiste à déterminer la perte en eau d'une quantité connue de poudre par dessiccation à l'étuve ou au four réglé à la température de $103 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 24 h.

Matériels

Balance de précision, verres de montre, étuve, spatule.

3.3.1.2 Substances extractibles par l'eau (1g)

Extractions

Décoction à 10%

- Extraction par l'éthanol 70%:
- Extraction par solvants à polarité croissante :

3.3.2. Dosage des cendres

3.3.2.1 Cendres totales (Ct)

Les cendres proviennent des tissus de la plante ou des éléments étrangers (sable, terre...) adhérant à la

drogue végétale. Elles sont obtenues par calcination complète de la matière végétale. La teneur en cendres est obtenue par dosage pondéral des cendres blanches obtenues par calcination de la drogue végétale dans un four.

➤ Matériels

Balance de précision, Four (Controller P 320 ; Nabertherm ; $30-3000^\circ\text{C}$), Creusets en porcelaine ou en fer, Spatule métallique, Dessiccateur, Pincettes.

3.3.2.2 Cendres chlorhydriques (Cc)

Ce sont des cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique. Ces cendres sont le résidu obtenu en faisant bouillir les cendres totales dans de l'acide chlorhydrique (HCl) à 10%, leur détermination permet de mesurer la quantité de matières siliceuses, spécialement de la terre contenue dans la drogue.

3.3.2.3 Cendres sulfuriques (Cs)

C'est une méthode d'évaluation des substances inorganiques de la drogue végétale. Les cendres sulfuriques sont obtenues après une attaque de la drogue par l'acide sulfurique

3.4 Etudes phytochimiques

3.4.1. Réactions de caractérisation

3.4.1.1 Alcaloïdes

Ils forment un groupe important de substances naturelles d'intérêt thérapeutique par leur diversité structurale et l'éventail de leurs activités pharmacologiques. Ce sont des substances azotées qui agissent comme des bases.

Solution à analyser

L'acide sulfurique dilué au 1/10 (50 ml) a été ajouté à la poudre de feuille (10g) dans un erlenmeyer de 250 ml. L'ensemble a été laissé en macération à la température du laboratoire pendant 24 heures puis filtré. Le filtrat a été complété à 50 ml avec de l'eau distillée.

Mode opératoire

1 ml du filtrat a été introduit dans deux tubes à essai. 5 gouttes de réactif de Mayer (solution aqueuse de mercuri-iodure de potassium) et 5 gouttes de réactif de Dragendorff (solution aqueuse d'iodo-bismuthate de potassium) ont été ajoutées successivement dans le premier tube et le second. La présence d'alcaloïdes a été caractérisée par la formation d'un précipité dans chaque tube.

3.4.1.2 Substances polyphénoliques

Solution à analyser : un infusé à 5%

5g de poudre de feuille ont été ajoutés à 100ml d'eau distillée bouillante contenue dans une tasse. Le mélange a été infusé pendant 15 mn et filtré sur du coton. Le filtrat a été complété à 100 ml avec de l'eau distillée.

➤ Tanins

Ce sont des esters de l'acide gallique ou de glucose. Leurs propriétés biologiques sont liées à leur pouvoir



de former des complexes avec les macromolécules en particulier les protéines.

Mode opératoire

Dans un tube à essai, 5ml de l'infusé ont été introduits, une solution aqueuse diluée de FeCl_3 à 1%(1ml) a été ajoutée. La présence de tanins a été caractérisée par l'apparition d'une coloration verdâtre ou bleu noirâtre.

➤ Flavonoïdes

Ce sont les pigments universels des végétaux responsables de la coloration des fruits, des fleurs et souvent des feuilles.

□ Mode opératoire

A l'infusé à 5 % présentant une coloration plus ou moins foncée, un acide (5 ml de H_2SO_4 à 10%) a été ajouté puis une base (5 ml de NH_4OH dilué au 1/2). La présence d'anthocyanes a été indiquée par une coloration accentuée par acidification qui a viré au bleu violacé en milieu basique.

Réaction à la cyanidine

Dans un tube à essai, 5 ml de l'infusé ont été introduits, puis 5 ml d'alcool chlorhydrique (alcool à 95 %, l'eau distillée, HCl concentré à parties égales en volumes) ; 1 ml d'alcool isoamylique et quelques copeaux de magnésium ont été ajoutés.

L'apparition d'une coloration rose orangée (flavones) ou rose violacée (flavanones) ou rouge (flavonols, flavanonols) rassemblée dans la couche surnageante d'alcool iso amylique indiquait la présence d'un flavonoïde libre (génine). Les colorations sont moins intenses avec les hétérosides flavoniques.

La réaction est négative avec les chalcones, les dihydrochalcones, les auronnes, les catéchines et les isoflavones.

➤ Leucoanthocyanes

La réaction à la cyanidine a été effectuée sans ajouter les copeaux de magnésium et chauffée pendant 15 mn au bain-marie. La présence de leucoanthocyanes a été caractérisée par l'apparition d'une coloration rouge cerise ou violacée. Les catéchols donnent une teinte brune rouge avec la même réaction.

3.4.1.3 Dérivés anthracéniques

Ils appartiennent au groupe des quinones. Ils se caractérisent par leur pouvoir oxydant élevé.

➤ Anthracéniques libres

Solution à analyser : un extrait chloroformique

A 1g de poudre, 10 ml de chloroforme ont été ajoutés et chauffés prudemment pendant 3 minutes au bain marie. Le filtrage a été fait à chaud.

□ Mode opératoire

A 1 ml de l'extrait chloroformique obtenu, 1 ml d'ammoniaque dilué au 1/2 a été ajouté. Le mélange a été ensuite agité.

La présence d'anthraquinones libres a été caractérisée par l'apparition d'une coloration plus ou moins rouge.

➤ Anthracéniques combinés

❖ O-Hétérosides

Solution à analyser

A une partie du résidu de la poudre épuisée par le chloroforme, 10 ml d'eau et 1 ml d'acide chlorhydrique concentré ont été ajoutés. Le tube à essai a été maintenu au bain-marie bouillant pendant 15mn. L'hydrolysate a été refroidi dans un courant d'eau et filtré. Le filtrat a été complété à 10 ml avec de l'eau distillée.

□ Mode opératoire

5 ml de l'hydrolysate ont été agités avec 5 ml de chloroforme. Ensuite la phase organique a été soutirée et introduite dans un tube à essai. La phase aqueuse a été gardée.

A la phase organique, 1 ml d'ammoniaque dilué au 1/2 a été ajouté. La présence d'anthraquinones a été caractérisée par l'apparition d'une coloration rouge plus ou moins intense.

5 ml de l'hydrolysate ont été prélevés, 3 à 4 gouttes de FeCl_3 à 10 % ont été ajoutées. Le mélange a été chauffé pendant 5 mn au bain-marie puis refroidi sous courant d'eau. Ce dernier a été agité avec 5 ml de chloroforme, ensuite la phase chloroformique a été soutirée et introduite dans un tube à essai ; 1 ml d'ammoniaque dilué a été ajouté et le tube a été agité. La présence de produits d'oxydation des anthranols ou des anthrones a été indiquée par une coloration rouge, plus intense que précédemment (c'est-à-dire sans addition de FeCl_3 à 10%).

❖ C-Hétérosides

La solution à analyser ici est la phase aqueuse obtenue avec la solution à analyser des O-Hétérosides. A cette solution, de l'eau distillée (10 ml) et 1ml de FeCl_3 à 10% ont été ajoutés. Le tube à essai a été maintenu au bain-marie pendant 30 mn puis refroidi sous un courant d'eau. Le mélange a été agité avec du CHCl_3 (5 ml), puis la phase chloroformique a été soutirée et introduite dans un tube à essai. De l'ammoniaque diluée au 1/2 (1 ml) a été ajoutée.

La présence de génines de C-Hétérosides a été caractérisée par l'apparition d'une coloration rouge plus ou moins intense.

3.4.1.4 Stérols, terpènes, coumarines et caroténoïdes

Solution à analyser

L'extrait à tester a été obtenu à partir de la poudre de feuille (1g) et de l'éther (20 ml), laissé en macération pendant 24 heures. Le mélange a été filtré et complété à 20 ml avec de l'éther.

➤ Stérols et triterpènes : réaction de Liebermann- Burchard

Dans un tube à essai 10 ml d'extrait ont été évaporés à sec, puis le résidu a été dissous dans 1 ml



d'anhydride acétique et dans 1 ml de chloroforme. Le mélange a été partagé dans deux tubes à essai, l'un a servi de témoin et dans l'autre, 1 à 2 ml d'acide sulfurique concentré ont été introduits au fond à l'aide d'une pipette.

La présence de stérols et triterpènes a été caractérisée par la formation d'un anneau rouge brunâtre ou violet à la zone de contact des deux liquides et la couche surnageante devenant verte ou violette.

➤ Caroténoïdes

Après évaporation à sec de 5 ml d'extrait dans un tube à essai, 2 à 3 gouttes d'une solution saturée de trichlorure d'antimoine dans le chloroforme ont été ajoutées. La présence de caroténoïdes a été caractérisée par l'apparition d'une coloration bleue devenant rouge par la suite.

➤ Coumarines

L'extrait éthéré (5 ml) a été évaporé à sec, puis le résidu a été repris avec de l'eau chaude (2 ml). La solution a été partagée entre deux tubes à essai.

Dans l'un des tubes, de l'ammoniaque à 25 % (0,5 ml) a été ajoutée, mélangée. La fluorescence a été observée sous UV 366 nm.

La présence de coumarines a été caractérisée par l'apparition d'une fluorescence intense dans le tube où il a été ajouté de l'ammoniaque

3.4.1.5 Hétérosides cardiotoniques

Ils forment un groupe homogène possédant un intérêt thérapeutique réel. Ils demeurent des médicaments majeurs de l'insuffisance cardiaque.

➤ Solution à analyser

1g de poudre de feuilles a été introduit dans un tube à essai, 30ml d'éthanol à 60 % et 5ml d'acétate neutre de plomb à 10% ont été ajoutés. Le mélange a été porté au bain marie bouillant pendant 10mn et filtré sur coton après refroidissement.

Mode opératoire

Le filtrat a été agité avec 10ml de chloroforme dans un tube à essai. Nous avons laissé le mélange se décanter, après décantation la phase chloroformique a été soutirée à l'aide d'une pipette, cette dernière a été partagée entre 3 tubes à essai. Les contenus des 3 tubes ont été évaporés à sec au bain marie et les résidus ont été repris avec 0,4ml d'isopropanol.

1ml de réactif de Baljet a été ajouté dans le premier tube, 1ml de réactif de Kedde dans le deuxième tube et 1ml de réactif de Raymond-Marthoud dans le troisième tube.

Après 5 gouttes de KOH à 5% dans l'alcool (0,5g dans 10ml d'alcool absolu) ont été introduites dans chaque tube.

La présence d'hétérosides cardiotoniques a été caractérisée par l'apparition des colorations suivantes :

Tube 1 Baljet: orangé

Tube 2 Kedde: rouge violacé

Tube 3 Raymond et Marthoud: violet fugace

3.4.1.6 Saponosides

Ce sont des Hétérosides caractérisés par leurs propriétés tensioactives.

Solution à analyser : 100 ml d'un décocté à 1% pendant 15mn.

Mode opératoire

Dans une série de 10 tubes à essai numérotés de 1 à 10 ; 1, 2, ...10 ml du décocté à 1% ont été répartis successivement. Le volume des 9 premiers tubes a été ajusté à 10 ml avec de l'eau distillée. Chaque tube a été agité dans le sens de la longueur pendant 15 secondes en raison de deux agitations par seconde puis laissé au repos pendant 15 minutes. Ensuite la hauteur de la mousse a été mesurée dans chaque tube. Le tube dans lequel la hauteur de mousse a été de 1cm a indiqué la valeur de l'indice de mousse :

Indice de mousse = 1000/N

N = numéro du tube dans lequel la hauteur de la mousse atteint 1 cm

3.4.1.7 Autres caractérisations

Solution à analyser : un décocté à 10%

➤ Composés réducteurs

5ml du décocté à 10% ont été introduits dans un tube à essai et porté à évaporation au bain-marie jusqu'à sec. Au résidu, 1 ml de réactif de Fehling (0,5 ml réactif A + 0,5 ml réactif B, mélange extemporané) a été ajouté.

La présence de composés réducteurs a été caractérisée par l'obtention d'un précipité rouge brique.

➤ Oses et holosides

5ml du décocté à 10% ont été introduits dans un tube à essai et portés à évaporation au bain-marie jusqu'à sec. Au résidu, 2 à 3 gouttes de H₂SO₄ concentré ont été ajoutées, puis après 5 minutes, 3 à 5 gouttes d'alcool saturé avec du thymol ont été ajoutées.

La présence d'oses et holosides a été caractérisée par le développement d'une coloration rouge.

➤ Mucilages

➤ A 1 ml de décocté à 10 %, 5ml d'éthanol absolu ont été ajoutés. La présence de mucilages a été caractérisée par l'obtention d'un précipité floconneux, par mélange.

3.4.1.8 Hétérosides cyanogénétiques

A la poudre de feuille (1g), 5ml d'un mélange à volume égal d'eau et de toluène ont été ajoutés. Après agitation, la partie supérieure du tube à essai a été nettoyée et le papier picrosodé fraîchement préparé (avec le réactif de Guignard) a été fixé à l'aide d'un bouchon.

La présence d'hétérosides cyanogénétiques a été caractérisée par l'apparition d'une coloration rouge plus ou moins rapide du papier picrosodé.

3.4.2. Chromatographie sur couche mince (CCM)

La chromatographie sur couche mince (CCM) repose principalement sur des phénomènes de séparation: la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse le long d'une phase stationnaire fixée sur une plaque de verre ou



sur une feuille semi-rigide de matière plastique ou d'aluminium. Après que l'échantillon ait été déposé sur la phase stationnaire, les substances migrent à une vitesse qui dépend de leur affinité avec la phase stationnaire et la nature de solvant de migration.

3.4.3 Activités biologiques

3.4.3.1 Test in vitro :

3.4.3.1.1 Activité antiradicalaire:

Principe : Il est basé sur la réduction du radical DPPH (1-1 Diphényl -2- pycril hydrazile) sur plaque CCM. Tous les extraits et les solutions d'extraits préalablement préparées pour la CCM ont été utilisés.

Dépôt des différents extraits : 10 µl de chaque solution d'extrait ont été réalisés.

Les systèmes de solvant : Butanol- Acide acétique- Eau (60 : 15 : 25)

➤ Mode opératoire

Après migration des substances, les chromatogrammes ont été révélés avec une solution méthanolique à 2 mg/ml de 1-1 Diphényl-2- pycril hydrazile.

➤ Substances détectées

Les composés antiradicalaires apparaissent en jaune sur fond violet.

3.4.3.2. Test biologiques in vivo :

3.4.3.2.1 Estimation de la toxicité aiguë : (OCDE, 2001)

- Principe : Ce test consiste à administrer aux animaux des extraits de plante à tester puis à suivre leur comportement.
- Matériels utilisés : Balance de précision, seringue à insuline, bécher, éprouvette graduée, sonde gastrique, agitateur à main.
- Matériel animal

Les animaux utilisés étaient des souris de couleur blanche (six mâles et trois femelles) de poids compris entre 21,52g et 37,98g.

Volume de dilution de l'extrait : 20ml d'eau distillée.

Extraits en étude :

Décocté 10% : 2000 mg/Kg

Extrait éthanolique 70% : 2000 mg/Kg

Eau distillée : 20ml/Kg.

Voie d'administration : Intra-gastrique

Nombre de lots :

Au total 3 lots de trois souris ont été constitués pour le test à raison d'un lot pour chaque extrait, et un dernier pour l'eau distillée.

Le jeun : Les souris ont été mis en jeun pendant 4 heures avec accès libre à l'eau avant expérimentation.

3.4.3.2.2 Etude de l'activité appétissante :

- Principe : Elle consiste à vérifier l'activité apéritive des extraits chez les animaux par administration quotidienne pendant 37 jours.

- Matériels utilisés : Balance, seringue pour administration, éprouvettes, spatule, béchers, agitateur à main, sonde gastrique.

Matériel animal :

Les animaux utilisés étaient des rats de couleur blanche mâles et femelles de poids compris entre 69,58g et 145,79g.

- Traitement : Volume de dilution est égal à 10ml d'eau distillée.

- Le décocté 10% aux doses de 50 ; 100 et 200mg/kg/j

- L'eau distillée à la dose de 10ml/kg/j.

- Nombre de Lots : Au total 4 lots de six rats (3 mâles et 3 femelles).

Examens biochimiques

- Principe : Il consiste à effectuer des dosages enzymatiques de la glycémie, créatinine, l'urée, bilirubine totale, uricémie, transaminases ALAT et ASAT, et le gamma-GT.

- Matériel biologique : Sang prélevé chez les rats.

- Matériels utilisés :

Tube sec, centrifugeuse, portoir, Automate COBAS-Integra 400 plus

IV. RESULTATS

4.1 Résultats du contrôle de qualité

Tableau 1: Teneurs en eau et en cendres des feuilles de *O. celtidifolia*

Dosages	Résultats
Eau	5,67
Cendres totales	14,11
Sulfuriques	3,86
Chlorydriques	18,67
Substances extractibles par l'eau	22

Tableau 2 : Résultats des réactions en tubes.

Recherches	<i>Opilia celtidifolia</i>
Flavonoïdes :	++
Saponosides :	++++
Oses et holosides	++++
Mucilages	++++
Stérols et triterpènes	++
Leucoanthocyanes	++
Hétérosides cardiotoniques,	+
Coumarines	

Les résultats ont été interprétés comme suit :

++++ : Réaction très positive

++ : Réaction moyennement positive

+: Réaction faiblement positive

4.2 Résultats de la chromatographie sur couche mince



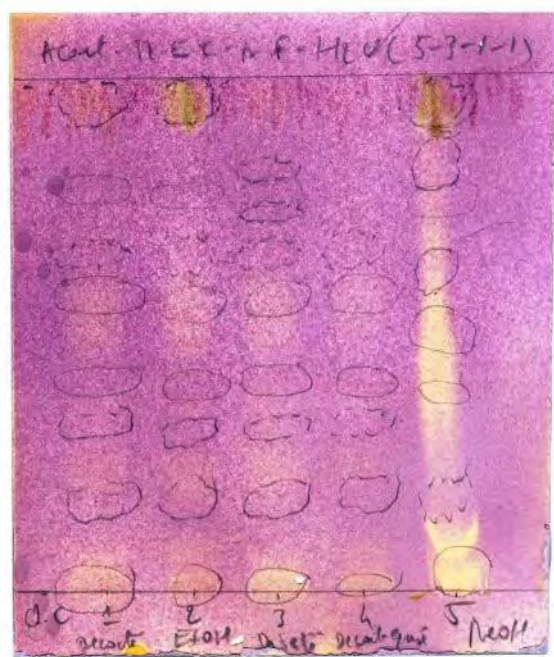


Figure 7: Chromatogramme des extraits aqueux et alcooliques révélaté par DPPH

- Front du solvant : 8cm- Support : Plaque de Silice G60F₂₅₄, - Dépôt : 10 µl, - Eluant : Acoet-MEC-AF-H₂O (50-30-10-10), - Révélateur : DPPH

4.3 Données biologiques

Tableau 3 : Moyennes de poids corporel pendant les semaines

Lots/doses mg/kg	J1	J7	J14
Témoin	110,83±27,01	119,39±26,00	121,23± 25,63
OM 50	105,09±16,67	112,20±12,58	112,07±13,43
OC 100	98,99±21,63	105,07±23,20	104,31±19,91
OC 200	103,57±28,11	100,65±23,96	101,73±24,94

OC= *Opiliaceltidifolia* ; N = 6 rats ; M= Moyennes ; Déviation standards (DS) ; J1 = Premier jour ; J7 = septième jour ; J14 quatorzième jour ; Δ = différence. * Très significatif avec P<0,01 (selon la variation individuelle) ; **Très significatif avec P<0,01 par rapport au groupe témoin ; NS : Non Significatif (Les différences de variations de prise de poids entre le premier jour et les jours 7 et 14 ne sont pas significatives par rapport au groupe témoin).

Les poids corporels ont été mesurés et notés individuellement par semaine

Le poids des nourritures et le volume d'eau consommé ont été mesurés tous les jours et notés individuellement. Les moyennes et déviation

standard ont été calculées en appliquant respectivement M= moyenne et DS

$$M = \frac{\text{S des poids ou des volumes d'eau individuels}}{\text{nombre total des rats}}$$

$$DS = \sqrt{\frac{\text{Somme}(\text{valeur individuel} - M)^2}{\text{Nombre de rats} - 1}}$$

Le P probabilité indique la probabilité que la différence observée dans un échantillon ne soit purement produit par hasard.

Un résultat significatif est la probabilité qu'une différence observée soit le résultat du hasard et non des causes déterminées causales dans notre étude.

Une valeur de "P" significative dit que la différence n'est pas "O" pour P<0,01 : il est peu probable que la différence soit "O".

La valeur de P dépend de ces 2 éléments

- Plus la différence entre les moyennes du groupe témoin (10ml/kg/j), et du groupe ayant reçu le décocté respectivement 50ml/kg/j, 100mg/kg/j et 200mg/kg/j de *Opilia celtidifolia* est grande, plus la valeur de P sera petite
- Plus la déviation standard (DS) des observations individuelles est petites, plus la valeur de P est petite (DEMBELE ; 2005).

V. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

Pour le contrôle de qualité, il a été prouvé que la poudre se prêtait bien à une bonne conservation sans altération des substances actives avec une teneur en eau inférieure à 10% (normes établies par la pharmacopée internationale). Ce qui fait 5,67% par la méthode pondérale. Ce taux empêche les réactions d'oxydation, de fermentation et la formation de moisissures dans notre drogue (OUA/CSTR 1988).

Les cendres totales renseignent sur la charge en éléments minéraux, les cendres sulfuriques quant à elles résultent de la conversion de sels organiques en sulfates et les cendres chlorhydriques insolubles dans l'acide chlorhydriques renseignent sur les matières siliceuses.

Les différents dosages effectués ont donné 14,11% de cendres totales, 18,67% de cendres sulfuriques et 3,86% de cendres chlorhydriques. Un taux de cendres chlorhydriques faible indique l'absence ou un faible taux d'impuretés dans la matière végétale. La teneur de substances extractibles par l'eau environ 22% exprime la quantité de substances solubles dans l'eau.

L'observation à l'UV et la révélation des chromatogrammes avec les réactifs suivants : Godin, mélange Anisaldehyde, le chlorure d'aluminium et le chlorure ferrique, ont permis de confirmer la présence de saponosides qui donne une coloration violette avec le réactif de Godin, de stérols et triterpènes qui donne une coloration bleue avec le mélange Anisaldehyde.



Une présence de flavonoïdes a été détectée par les réactions en tubes, que la CCM a révélé des tâches jaunes avec AlCl_3 qui sont caractéristiques des flavonoïdes. Cette différence de résultats entre ces deux processus phytochimiques peut s'expliquer par la différence de solvant d'extraction. Les flavonoïdes ont été observés après CCM avec des extraits alcooliques alors que la caractérisation des flavonoïdes a été effectuée sur un infusé à 5%. Ces composés peuvent conférer à la plante des propriétés de diminuer la perméabilité des capillaires sanguins et de renforcer leur résistance (Bruneton 1993).

Un objectif de ce travail était de déterminer l'activité appétissante de la plante chez les rats. Pour ce test, nous avons utilisé les décoctés 10%. Ceux-ci administrés par voie intra gastrique à des doses de 50mg/Kg, 100mg/Kg et 200mg/Kg.

Une seule perte de rat a été observée avec la dose de 200 mg/kg à la troisième semaine.

Il a également été observé une prise de poids individuelle des animaux par rapport au début du test, cette variations est significative par rapport au groupe témoin traité avec l'eau.

Il n'y a pas eu d'augmentation de la consommation de nourriture dans le temps, mais plutôt une augmentation de la consommation d'eau au cours du test.

Il a été remarqué une légère diminution des transaminases et de la glycémie avec la plus forte dose (200mg/kg). Ce qui confirme que notre plante n'est pas toxique.

Nous n'avons pas observé de changement du bilirubine totale et de l'Urée.

Une augmentation de la GGT et de l'acide urique a été observée.

Ces variations montrent à ce point, les résultats obtenus apportent une utilisation traditionnelle des extraits aqueux de *O.celtidifolia* dans le traitement de l'appétit.

VI. CONCLUSION

Le Département de Médecine Traditionnelle est la structure de recherche et de développement des phytomédicaments à base de plantes accessibles aux populations.

Ces phytomédicaments doivent répondre aux exigences de qualité, d'efficacité et de sécurité. Les saponosides, les oses et oloside, et les mucilages peuvent être utilisés parmi les marqueurs chimiques pour le contrôle de qualité des feuilles de *Opilia celtidifolia*.

Notre drogue se prêtait à une bonne conservation.

Dans notre condition d'expérimentation, nous n'avons pas observé de toxicité aigue à la dose de 2000mg/Kg chez les souris.

Selon les résultats obtenus, l'administration du décocté lyophilisé à la dose de 50mg/Kg, 100mg/Kg et 200mg/kg, une fois par jour pendant 37 jours nous renseigne l'innocuité du décocté.

A la dose de 200mg, nous avons observé une diminution des transaminases (ALAT et ASAT) et de la glycémie chez les rats.

Par contre, il a été constaté une augmentation de la consommation d'eau au cours du test, de GGT et de l'acide urique.

Dans l'ensemble nous avons observé une prise de poids individuelle des animaux par rapport au début du test.

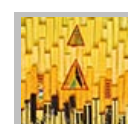
Au terme de cette étude, nous espérons avoir participé à la valorisation de la médecine traditionnelle pour parvenir à la réalisation des MTA efficaces, sûrs, de qualité et accessibles par tous.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berhaut, J. (1967). Flore du Sénégal (2e édition) 485 p.
- Boullard, B. (2001). Dictionnaire des plantes médicinales du monde (Réalités et Croyances). 660 p.
- Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales, Edition Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 915 p.
- Burkill H. M. (1997). The Useful plants of West Tropical Africa. Volume 4. 2nd édition. Royal Botanic Garden, kew.
- Cahier de Nutrition et Diététique., 2001. Société de Nutrition et de Diététique de Langue Française, 36, p.52-62.
- Cissé B. (2007) cours de biochimie générale de Jacques H. 8e Edition Masson N°983084 Page 193
- Crespin, F., Olliver, E., Lavaud, C., Babadjamian, A., Faure, R., Debrauwer, L., Balansard, G., Boudon, G. (1993). Triterpenoid saponins from *Opilia celtidifolia*, Phytochemistry ISSN 0031-9422, vol 33, numerous 3, pp 657-661
- Dembélé S. (2005) Statique et calcul de probabilité de Walder M. (1988) 6e Edition Sirey page 292
- Diallo, D., Sogn, C., Samaké, F. B., Paulsen, B. S., Michaelsen, T. E. & Keita, A. (2002) Wound healing plants in Mali, the Bamako region. An ethnobotanical survey and complement fixation of water extracts from selected plants. Pharmaceutical Biology, 40, 117-128.
- Druet, D., Comeau, L. & Zahra, J. P. Can. (1986). Structure de l'opigenine: triterpène pentacyclique isolé de *Opilia celtidifolia*. J. Chem. 64, 295
- Druet, D., Comeau, L. & Zahra, J. P. Can. (1986). Structure de l'opigenine: triterpène pentacyclique isolé de *Opilia celtidifolia*. J. Chem. 64, 295
- Etienne L, 2005. In Sémiologie médicale de G. Mathé. Flammarion 4e édition, Volume 2, N° 4634 ; 605p.
- FAO (2003) Archive du document de la FAO Edition Version PDF N° 4168 page 149 Titre : Vivre mieux avec le VIH/sida



14. Gupta, M.B., Nath, R. (1980). Anti-inflammatory and antipyretic activities of Beta sitostérol. *Planta Medica*. 39, 157-163.
15. Hallet J. (2010) Edition : America Society of Oncologie P6. *Sémiologie : cancer de l'estomac*
16. Hurabielle, M. (1986). *Matière médicale*. Tome 2. Edition Masson. Pp 70.
17. Inngjerdingen, K., Nergård, C. S., Diallo, D., Mounkoro, P.P. & Paulsen, B. S. (2004). An ethnopharmacological survey of plants used for wound healing in Dogonland, Mali, west Africa. *Journal of Ethnopharmacology*, 92, 223 – 244.
18. Karabinta 2009 : Propriété cicatrisante des feuilles de *Opilia celtidifolia*(Guill. et Perr.) Endl. ex Walp.(Opiliaceae), thèse de Pharmacie ;FMPOS de Bamako ,96p
19. Kerharo, J. et Adams, J. G. (1974). *La pharmacopée sénégalaise traditionnelle plantes médicinales et toxiques*, Edition Vigot et frères, Paris, 1011 p.
20. Koudouvo, K. (2009). *Contribution à la recherche sur les plantes médicinales à propriétés antipaludiques du Togo*. Thèse de l'université de Lomé en Biologie de développement ; option Ethnobotanique et Pharmacologie des substances naturelles. 182p
21. Malgras, D. (1992). *Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes*. 1 vol. , 480p. ,
- agence de Coop. Cult. et techn, et Ed. Karthala, co-édit., Paris
22. Mike HARLOS : 2011. *Le manque d'appétit et la perte du poids ; et notion de traitement* ; Pub. Flammarion ; 4^e édition, pp :1560
23. M. Arthuis et D-J Duché : 2002. *Diagnostic et traitement des troubles des conduites alimentaires des adolescents : anorexie mentale et boulimie nerveuse*. *Principe de médecine interne*. 15^e Edition flammarion, 490p, N° 9928.
24. Nyamu J. (2003) Edition Afrique Relance Volume 17 Page 11. *Appréciation de l'état nutritionnel des populations*
25. OCDE (Organisation de Coopération et de Développement, 2001). *Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Toxicité orale aiguë - Méthode par classe de toxicité aiguë*. Lignes directrices pour les essais des produits chimiques de OCDE. Laboratoire de toxicologie et hygiène appliquée.
26. Organisation de l'Unité Africaine/Commission Scientifique Technique et de la Recherche (OUA/CSTR.) (1988). *Pharmacopée africaine. Méthodes générales d'analyses*. Première Ed, Lagos, Nigeria, 206p, 254p.



Qualité microbiologique du lait cru local produit à Bamako

COULIBALY¹ Adama, Fassé SAMAKE*¹, Mohamadou ADAMOU¹ et Youssouf SANOGO²

¹ Institut des Sciences Appliquées de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Laboratoire de Microbiologie Appliquée

² Faculté des Sciences et Techniques de Bamako, Mali

Auteur correspondant, E-mail : faziesamake@yahoo.fr

RESUME : Le lait de vache, un milieu très favorable au développement des microorganismes et consommé à l'état le plus souvent sans traitement thermique préalable au Mali, sa production se heurte souvent au problème de gestion de la qualité. Ainsi, pour surveiller son innocuité, la qualité microbiologique du lait cru local produit à Bamako a été vérifiée. Dans les échantillons de lait cru local, les microorganismes aérobies mésophiles, les coliformes totaux et fécaux, les staphylocoques, les salmonelles ont été recherchées et dénombrés au laboratoire de microbiologie appliquée de l'ISA. Les résultats montrent que le lait cru local produit dans les six communes du district de Bamako avait une charge moyenne en Germes aérobies mésophiles totaux de $1,78.10^5$ UFC/ml inférieure à la valeur limite acceptables (5.10^5 UFC/ml) dans le lait cru. Par contre, les coliformes fécaux ($89,5.10^2$ UFC/ml), les coliformes totaux ($154,58.10^2$ UFC/ml) et les staphylocoques ($134,54.10^2$ UFC/ml) ont été retrouvés dans les laits crus à des concentrations moyennes supérieures à celles fixées par les normes. Les salmonelles ont été retrouvées dans quelques échantillons (10%) de laits crus. Les laits crus produits dans le district de Bamako doivent subir un traitement thermique adéquat avant toute consommation.

Mots clés : Qualité, Lait cru, Germes, Communes, Bamako.

I. INTRODUCTION

Au Mali, le sous-secteur d'élevage occupe une place importante dans le secteur primaire. L'activité est pratiquée par plus de 80% de la population rurale en particulier par la frange la plus pauvre avec 7,532 million de bovins ; 20,408 million d'ovins / caprins. Le cheptel malien se classe parmi les effectifs les plus importants de la sous-région Ouest-africaine. Ce sous-secteur constitue la principale source de subsistance pour plus de 30% de la population malienne. La contribution de l'élevage sur le plan de l'économie nationale s'élève à 10% du PIB et 9% des recettes d'exploitation, occupant ainsi la 3e place après le coton et l'or. (Mallé et al., 2010).

L'élevage au Mali permet non seulement la production de viande mais aussi la production de lait. La production laitière est fournie par les espèces bovine, ovine, caprine et caméline avec une quantité de production considérable chez les bovins car regroupant les espèces génétiques les plus productrices de lait. Les troupeaux laitiers de ces espèces sont élevés dans le système pastoral pur (transhumant et nomade), le système agropastoral (transhumant et sédentaire) et dans le système périurbain. Dans le système périurbain contrairement au système pastoral pur et au système agropastoral les mouvements (déplacements) des troupeaux sont rares. Dans les zones périurbaines, des inséminations artificielles sont pratiquées le plus souvent pour obtenir des espèces à haut potentiel laitier (Najia et Mohamed, 2014). Ainsi l'élevage bovin périurbain (2% du cheptel national) est composé essentiellement de troupeaux bovins laitiers. Dans le bassin laitier de Bamako les

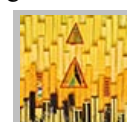
estimations empiriques de l'effectif des bovins de la zone périurbaine de Bamako (100 Km de rayon) varient entre 160000 et 200000 têtes de bovins, dans cette zone on y trouve un nombre important de vaches métisses (Sidibé et Traoré, 2008).

La production du lait de vache se heurte souvent au problème de gestion de la qualité qui pénalise tant les producteurs que les transformateurs. Les conditions d'hygiène au niveau des fermes et tout le long du circuit de la production jusqu'à l'arrivée du lait à la laiterie, comportent autant de sources de contaminations à maîtriser afin de préserver la qualité hygiénique du lait (Faye et Loiseau, 2000).

Au Mali les acteurs impliqués dans la production de lait sont le plus souvent des Peuls qui n'ont pas fait des études vétérinaires et qui n'ont pas une grande notion sur l'hygiène et la sécurité des aliments notamment du lait. Cependant ce secteur demande plus de spécialistes et plus de surveillance en raison de la complexité du lait (Bonfoh, 2002).

Par ailleurs, il a été constaté qu'au niveau des fermes d'élevage de la zone périurbaine de Bamako les vaches malades de celles qui sont saines ne sont pas séparées et que lors de la traite les laits de tous les animaux sont mélangés. La traite se fait aussi dans les Calebasses réservées pour la circonstance qui ne sont pas nettoyées le plus souvent. Après la traite au niveau des fermes le lait est collecté dans des bidons souvent difficile à nettoyer.

Le transport du lait se fait par des bicyclettes, des motos ou des véhicules non appropriés au transport de lait cru sans la chaîne de froid et le temps pour acheminer le lait à la destination est souvent long.



Tous ceux-ci constituent des conditions propices au développement des microorganismes.

Au Mali le lait est souvent consommé à l'état cru ou pasteurisé de façon traditionnelle en le mettant dans un récipient et chauffer mais le plus souvent il est acheminé vers des unités artisanales de transformation de lait où le lait est transformé en produits divers (lait acidifié ; lait frais pasteurisé ; yaourt). Il est également consommé en association avec d'autres produits alimentaires et la qualité de tous ces produits est influencée par la qualité de la matière première (Coulibaly et al., 2017). Le lait de vache, un milieu très favorable au développement des microorganismes. Au Mali, le lait cru local qui est consommé à l'état le plus souvent sans traitement thermique préalable, peut constituer un risque pour le consommateur. Donc le lait cru de vache, en dépit de son importance sur le plan économique, sécurité alimentaire et nutritionnelle, présente un risque permanent tout le long de sa chaîne de production de la ferme aux consommateurs. Pour surveiller son innocuité, il est impératif de déterminer la qualité bactériologique du lait cru destiné à la consommation humaine. Ainsi, le présent travail a été initié et a comme objectif de déterminer la qualité microbiologique du lait cru produit dans les différentes communes du district de Bamako.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués de façon aléatoire dans les différentes communes du District de Bamako au niveau des fermes d'élevage. Dix échantillons ont été prélevés par commune soit au total 60 échantillons. Des échantillons de 0,5 L de lait cru ont été prélevés immédiatement après la traite des laits de l'ensemble des vaches en lactation dans la ferme. Les échantillons prélevés ont été immédiatement conservés sous glace dans une glacière et acheminés au laboratoire de microbiologie appliquée de l'ISA.

Au laboratoire, les échantillons ont été mis dans un réfrigérateur réservé avant l'analyse le même jour du prélèvement. Toutes les manipulations ont été faites sous une hotte à flux laminaire.

Dans le lait cru, les différents germes recherchés ont été les germes aérobies mésophiles totaux, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les staphylocoques et les salmonelles.

2.2. Recherche et dénombrement des microorganismes

2.2.1. Dilution : Le prélèvement de lait préalablement homogénéisé a subi une série de dilutions décimales (10⁻¹ à 10⁻²) dans le milieu eau peptonée tamponnée (IPA ®) selon la Méthode NF EN ISO 6887.

2.2.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

Sous une hotte, dans les boîtes de Pétri, 1ml de la dilution appropriée a été introduite et recouverte par 15ml de la gélose Plate Count Agar (PCA) refroidi à 45°C. Après avoir homogénéisé et laissé au repos sous la hotte jusqu'à la solidification du milieu, puis une seconde couche de gélose a été coulée dans les boîtes, incubées dans un incubateur à 37°C pendant 72 heures. Après incubation, les colonies de couleur blanchâtre poussées en profondeur ont été dénombrées dans les différentes boîtes et les résultats ont exprimés en UFC/ml.

2.2.3. Dénombrement des coliformes (totaux et fécaux)

Sous une hotte, dans les boîtes de Pétri, 1ml de la dilution appropriée a été introduite et recouverte par 15ml de la gélose VRBL qui a été refroidie à 45°C. Après avoir homogénéisé et laissé au repos sous la hotte jusqu'à la solidification du milieu, les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures pour la recherche des coliformes totaux et à 44°C pendant 48 heures pour la recherche des coliformes fécaux. Après incubation, les colonies de couleur rouge qui apparaissent ont été dénombrées dans les différentes boîtes de Pétri et les résultats ont été exprimés en UFC /ml.

2.2.4. Dénombrement des staphylococcus aureus

Sous une hotte, dans les boîtes de Pétri, ont été introduites 1ml de la dilution et 15ml de milieu Chapman lactose agar refroidi à 45°C. Après avoir homogénéisé et laissé au repos sous la hotte jusqu'à la solidification du milieu, les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 48 heures pour la recherche des Staphylocoques. Après incubation, les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes et pigmentées en jaunes ont été dénombrées dans les différentes boîtes et leurs concentrations ont été exprimées en UFC /ml.

2.2.5. Dénombrement des salmonelles

Sous une hotte, dans les boîtes de Pétri ont été introduites, 1ml de la dilution et coulé 15ml la gélose de Salmonella-Shigella (SS) lactose agar qui a été refroidi à 45°C. Après avoir homogénéisé et laissé au repos sous la hotte jusqu'à la solidification du milieu, les boîtes ont été incubées dans un incubateur à 37°C pendant 72 heures pour la recherche des Salmonella. Après incubation, les colonies formées ont été dénombrées dans les différentes boîtes. Les colonies incolores ou transparentes à centre noir ont été comptées.

2.2.6 Analyses statistiques

La moyenne et l'écart type des nombres de bactéries, exprimées en unités formant colonies (ufc) par ml, ont été calculés pour chaque type de flore et chaque échantillon.

Une analyse factorielle de la variance et le test t (LSD) ont été utilisés pour la comparaison des



résultats des dénombrements entre les communes par le système SAS.

III. RESULTATS

Dans les échantillons de lait cru local produit dans les six communes du District de Bamako, la concentration des germes aérobies mésophiles, des coliformes, des staphylocoques ainsi que la présence des salmonelles ont été déterminées. Les résultats montrent que les salmonelles n'ont été retrouvées que les échantillons de deux communes sur les six. Par contre, la flore aérobie mésophile totale, les coliformes et les staphylocoques ont été retrouvés dans le lait cru de toutes les communes du District de Bamako. Si la flore aérobie mésophile totale avait une concentration moyenne acceptable dans toutes les communes, les coliformes et les staphylocoques ont été retrouvés à des concentrations nettement

supérieures aux concentrations limites acceptables (Tableau 1).

La concentration des différents paramètres microbiologiques dans le lait cru varie énormément d'une commune à une autre, mais les valeurs moyennes sont de 1,78.10⁵ UFC/ml, 15,6.10³ UFC/ml, 8,95.10³ UFC/ml et 13,45.10³ UFC/ml respectivement pour la flore aérobie mésophile, les coliformes totaux et fécaux et les staphylocoques. Les salmonelles ont été retrouvées dans 10% des échantillons de lait analysés.

L'analyse de la variance de la concentration des différents paramètres microbiologiques dans le lait cru montre que la charge moyenne des germes varie énormément d'une commune à une autre avec une différence significative ($P < 0,05$) à hautement significative ($P < 0,01$) observée certaines communes (Tableau 2 et Tableau 3).

Tableau 1 : Concentration moyenne et écart-type des microorganismes dans les échantillons provenant des communes du district de Bamako

Provenance des échantillons de laits	Paramètres microbiologiques				
	CF (10 ³ UFC/ml)	CT (10 ³ UFC/ml)	Staph (10 ³ UFC/ml)	FAMT (10 ⁵ UFC/ml)	SS
Commune I	5,05±1,79	9,27±4,32	9,48±4,52	0,80±0,01	Absence
Commune II	6,77±2,83	19,38±10,57	11,92±6,41	1,67±0,7	Absence
Commune III	10,66±5,32	20,49±8,60	13,72±8,99	2,32±1,07	Absence
Commune IV	7,24±3,21	21,73±4,38	13,4±5,92	2,11±0,52	Absence
Commune V	11,74±7,12	16,7±8,58	12,08±4,43	1,56±0,58	Présence
Commune V I	8,34±6,26	14,9±8,68	16,15±7,65	1,22±0,24	Présence
Normes	10 UFC/ml	10² UFC/ml	10² UFC/ml	5.10⁵ UFC/ml	Absence/ 25 g

CT : coliformes totaux ; CF : coliformes fécaux ; Staph. : *Staphylococcus aureus* ; FAMT : flore aérobie mésophile totale ; SS : *Salmonella* et *Shigella*

Tableau 2. Variation de la contamination moyenne en germes des échantillons en fonction des communes du district de Bamako

COMMUNE	CF	CT	STAPH	FAMT	SALM
Commune I	3.68 ^c	3.93 ^c	3.93 ^b	4.89 ^d	0.00 ^a
Commune II	3.79 ^{bc}	4.20 ^{ab}	4.02 ^{ab}	5.18 ^{bc}	0.00 ^a
Commune III	3.97 ^{ab}	4.27 ^{ab}	4.04 ^{ab}	5.32 ^a	0.00 ^a
Commune IV	3.82 ^{abc}	4.32 ^a	4.07 ^{ab}	5.31 ^{ab}	0.00 ^a
Commune V	4.01 ^a	4.17 ^{ab}	4.05 ^{ab}	5.17 ^c	0.27 ^a
Commune VI	3.83 ^{abc}	4.12 ^{bc}	4.15 ^a	5.08 ^c	0.00 ^a

Pour chaque valeur de germes dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différent selon le test Lsd protégé par Fisher ($P < 0,05$).

Tableau 3. Analyses de variance du niveau de contamination en germes des échantillons en fonction des communes du district de Bamako

Source	DDL	CF	CT	STAPH	FAMT	SALM
		Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen
commune	5	0.14*	0.18*	0.05**	0.25*	0.06**

*, **, significatif à $P < 0,05$ et $P < 0,01$, respectivement.



Les résultats montrent que tous les échantillons analysés provenant de la commune I avaient une concentration en flore aérobie mésophile totale, en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. La concentration moyenne de ces microorganismes dans les échantillons de lait cru local produit en commune I est de $0,80.10^5$ pour la flore totale, $9,27.10^3$ UFC/ml; $5,05.10^3$ UFC/ml respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $9,48.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques.

En commune II, les échantillons analysés avaient une concentration en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. Leur concentration moyenne dans les échantillons de lait cru local produit en commune II était de $19,38.10^3$ UFC/ml; $6,77.10^3$ UFC/ml respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $11,92.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques.

En commune III, les échantillons analysés avaient une concentration en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. Leur concentration moyenne dans les échantillons de lait cru local produit en commune III était de $20,49.10^3$ UFC/ml; $10,66.10^3$ UFC/ml respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $13,72.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques.

En commune IV, les échantillons analysés avaient une concentration en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. Leur concentration moyenne dans les échantillons de lait cru local produit en commune IV était de $21,73.10^3$ UFC/ml; $7,24.10^3$ UFC/ml respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $13,4.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques.

Les salmonelles n'ont été retrouvées dans aucun échantillon de lait cru local provenant des communes I, II, III, IV du District de Bamako, par contre, elles ont été retrouvées en communes V et IV.

Quant à la commune V, tous les échantillons analysés avaient une concentration en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. La concentration moyenne de ces microorganismes dans les échantillons de lait cru local produit en commune V est de $16,7.10^3$ UFC/ml; $11,74.10^3$ UFC/ml respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $12,08.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques.

En commune VI, tous les échantillons analysés avaient une concentration en coliformes et en staphylocoques qui dépasse les valeurs limites acceptables fixées par les normes. La concentration moyenne de ces microorganismes dans les échantillons de lait cru local produit en commune VI est de $14,9.10^3$ UFC/ml; $8,34.10^3$ UFC/ml

respectivement pour les coliformes totaux et fécaux et de $16,15.10^3$ UFC/ml pour les staphylocoques

IV. DISCUSSION

Dans les échantillons de lait cru local produit dans les six communes du District de Bamako, la concentration, des coliformes, des staphylocoques ainsi que la présence des salmonelles ont été déterminées. Les résultats montrent que les salmonelles n'ont été retrouvées que les échantillons de deux communes sur les six. Par contre, la flore aérobie mésophile totale, les coliformes et les staphylocoques ont été retrouvés dans le lait cru de toutes les communes du District de Bamako. Si la flore aérobie mésophile totale avait une concentration moyenne acceptable dans toutes les communes, les coliformes et les staphylocoques ont été retrouvés à des concentrations nettement supérieures aux concentrations limites acceptables. Nos résultats restent inquiétants comparativement à ceux rapportés à New York par Boor et *al.* et en Bretagne par Raynaud (1998) ou seulement 5% et 2% respectivement des laits des élevages comportaient une flore aérobie mésophile supérieure à la norme.

L'analyse de la variance de la concentration des différents paramètres microbiologiques dans le lait cru montre que la charge moyenne des germes varie énormément d'une commune à une autre avec une différence significative à hautement significative observée certaines communes, mais les valeurs moyennes étaient de $1,78.10^5$ UFC/ml, $15,6.10^3$ UFC/ml, $8,95.10^3$ UFC/ml et $13,45.10^3$ UFC/ml respectivement pour la flore aérobie mésophile, les coliformes totaux et fécaux et les staphylocoques. Les salmonelles ont été retrouvées dans 10% des échantillons de lait analysés. Nos résultats sont similaires à ceux de Kheira Ghazi et A. Niar, (2011) qui sur 155 échantillons ont trouvés que la totalité des échantillons ne répond pas à la norme recommandée. Ils sont également en accord avec ceux de Hamiroune et *al.*, (2014) qui avec 192 échantillons prélevés seulement 03 échantillons étaient de bonne qualité.

Les concentrations moyennes des coliformes étaient de $15,6.10^3$ UFC/ml pour les coliformes totaux et de $8,95.10^3$ UFC/ml pour les coliformes fécaux sont largement supérieurs à la concentration limite fixée par norme AFNOR qui est 10 UFC/ml. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par (Hamiroune et *al.* 2014) qui ont obtenu une moyenne de $4,6.10^4$ UFC/ml. Par contre ils sont nettement inférieurs à ceux d'autres chercheurs au Maroc. Ainsi, pour la teneur en coliformes totaux, Najia et *al.* (2014) indique une valeur moyenne de $3.02.10^5$ UFC/ml, largement supérieure à celles obtenues dans d'autres régions du Maroc ($0,92.10^4$ UFC/ml).



(Remeuf, 1994), $2 \cdot 10^4$ ufc/ml (Labioui et al., 2009) et $1,8 \cdot 10^5$ ufc/ml (Hamama, 1991). Cette contamination élevée par les coliformes serait due au manque d'hygiène des laiteries et à la conduite alimentaire des vaches laitières.

Les coliformes thermotolérants indiquent en général une contamination fécale et leur nombre est généralement proportionnel au degré de pollution produit par des matières fécales (Aggad *et al.*, 2010). Dans nos laits, la charge élevée des coliformes représente un risque potentiel pour le consommateur qui le consommerait sans traitement thermique.

La contamination par *Staphylococcus aureus* de tous les échantillons de lait avec une moyenne de $13,45 \cdot 10^3$ UFC/ml est nettement supérieure à celles de Hamiroune et al. (2014), qui n'ont obtenu que 17,7 % d'échantillons contenant des taux de staphylocoques dépassants les normes. Nos résultats restent inférieurs à ceux de Bennacir (1980) qui vont de 10^3 à 10^5 UFC/ml, à celle avancée par Ounine (2004) qui est de $5,37 \cdot 10^4$ ufc/ml et de celle de Najia (2014) qui est de $2,15 \cdot 10^4$ UFC/ml. Les *Staphylococcus aureus* contaminent le lait soit par excrétion directe des mamelles d'animaux atteints de mammites ou par l'environnement lors de la manipulation et de la transformation du lait cru (Afif *et al.*, 2008).

La teneur moyenne en staphylocoque est de $2,15 \cdot 10^4$, cette valeur est inférieure à celle avancée par Ounine (2004) qui est de $5,37 \cdot 10^4$ UFC/ml, et reste dans l'intervalle des taux qu'a trouvé Bennacir (1980) et qui vont de 10^3 à 10^5 UFC/ml. Par ailleurs, le coefficient de variation obtenu est élevé (40,93 %) ce qui reflète une variation significative entre les différents échantillons en terme de teneur en staphylocoques. Ceci serait vraisemblablement dû à l'état sanitaire de l'animal (présence de mammite) et le fait que les animaux malades ne soient pas isolés des autres de même que leur lait. Tous ceux-ci contribueraient à l'altération de la qualité sanitaire des laits crus produits le district de Bamako et la nécessité de procéder à un traitement thermique préalable avant toute consommation.

V. CONCLUSION

La qualité bactériologique des laits crus produits dans les six communes du district de Bamako a été déterminée par la recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes, des staphylocoques ainsi les salmonelles. L'étude a permis d'identifier et dénombrer les germes indicateurs de la qualité microbiologique du lait cru. Les résultats montrent que les salmonelles n'ont été retrouvées que les échantillons de deux communes sur les six. Par contre, la flore aérobie mésophile totale, les coliformes et les staphylocoques ont été retrouvés dans le lait cru de toutes les communes du District de Bamako.

La concentration des différents paramètres microbiologiques dans le lait cru a variée

énormément d'une commune à une autre, mais les valeurs moyennes étaient de $1,78 \cdot 10^5$ UFC/ml, $15,6 \cdot 10^3$ UFC/ml, $8,95 \cdot 10^3$ UFC/ml et $13,45 \cdot 10^3$ UFC/ml respectivement pour la flore aérobie mésophile, les coliformes totaux et fécaux et les staphylocoques. Les salmonelles ont été retrouvées dans 10% des échantillons de lait analysés

Parmi les germes retrouvés dans le lait, certains peuvent être à l'origine de l'altération de la qualité hygiénique du lait et d'autres, pathogènes, responsables de l'altération de la qualité sanitaire du lait peuvent constituer un risque pour le consommateur. Les laits crus produits dans le district de Bamako doivent subir un traitement thermique adéquat avant toute consommation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afif A., Faïd M., Najimi M. (2008). Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. Rev. Biol. Biotechnol., 7, 2-7.

AGGAD H., BRIDJA M., AEK B., BENAOUALI M., DJEBLI A. (2010). Some quality aspects of pasteurized milk in Algeria. *World J. Dairy Food Sci.*, 5, 21-24.

Bennacir, M., (1980). Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique des laits des centres de collecte du Gharb. Rapports 8956, pp. 67-78.

Bonfoh B. (2002). Hygiène et qualité du lait et des produits laitiers au Mali : Implication en production laitière et en santé publique », « LAIT SAIN POUR LE SAHEL », PP 9-10.

Boor K.J., Brown D.P., Murphy S.C., Koslowski S.M. & Bandlar D.K., (1998). Microbiological and chemical band quality of raw milk in New York state. *J. Dairy Sci.* 81, 1743-1748.

Coulibaly Adama, Fassé Samaké, Mohamadou Adamou, (2017). Contrôle de la qualité microbiologique du lait cru local produit à Bamako. Mémoire de licence professionnelle en Génie biologique, Institut des Sciences Appliquées, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako. 23p.

Hamama A., Bayi M., (2011). Composition and microbiological profile of two Moroccan traditional dairy products: raïb and jben. *Journal of Society of Dairy Technology*, vol. 44, no. 4, pp.118-120, 1991.

Hamiroune M., Berber A., Boubekour S., (2014). Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique. *Ann. Méd. Vét.*, 2014, 158, 137-144

Kheira Ghazi et A. Niar. (2011). Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la



Wilaya de Tiaret (Algérie). TROPICULTURA, 2011, 29, 4, 193-196.

Labioui H., Elmoualdi L., Benzakour A., El Yachoui M., Berny EOuhssine ., M., (2009). Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux, vol.148, pp. 7-16, 2009.

Mallé Kadiatou, Koné Youssouf Siaka. (2010). Analyse et développement de la filière viande rouge ; Manuelle du formateur ; p 4 – 7.

Najia Ouazzani Taybi, Amine Arfaoui, and Mohamed Fadli, (2014). Evaluation de la qualité microbiologique du lait cru dans la région du Gharb, Maroc. International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 9 No. 2 Sep. 2014, pp. 487-493.

Najia, T et Mohamed, F. (2014). Evaluation de la qualité microbiologique du lait cru dans la région du

Gharb, Morocco. Livre ISSN 2351-8014 vol.9 No 2 Sept 2014 pp: 487-493.

Remeuf F., (1994). Relations Entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Spéciale qualité du lait. Recueil de Médecine Vétérinaire, vol. 170, pp.359-365, 1994.

SIDIBE S.S, TRAORE M.D. (2008). Résultat d'une étude sur les mammites sub-clinique chez les vaches laitières en zone périurbaine du district de Bamako et de la ville de Niono. Revue Malienne de science et de technologie, Numéro 10, PP 5 – 9.

Faye B., Loiseau G., (2000). Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. In : Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement, Actes de l'atelier international, Montpellier, 11-13 décembre 2000, 2000, 11-13.



Comparaison de deux techniques moléculaires qualitatives sur DBS pour le diagnostic précoces de l'infection à VIH au Mali : COBAS®ampliPrep/ COBAS® taqman HIV-1 V2.0 ET m2000 REAL TIME HIV-1

Korika Diakite^{1*}, Ndeye Coumba Toure-Kane², Ibrahima Guindo¹, Ousseynou N'Diaye¹, Alou Sanogo¹ et Demba Koita¹

¹Institut National en Santé Publique

²Université Cheick Anta Diop de Dakar-Fann

^{1*}Adresse de correspondance : korika1990@gmail.com

RESUME : La prise en charge pédiatrique de l'infection à VIH constitue encore un défi dans plusieurs pays africain particulièrement au Mali. L'insuffisance de couverture des services de prévention pour les femmes enceintes vivant avec le VIH constitue un des facteurs les plus déterminants dans la transmission mère-enfant de l'infection. L'intérêt d'un diagnostic précoce réside dans la possibilité séropositive d'effectuer une analyse PCR. Le diagnostic et le traitement opportuns des nourrissons infectés par le VIH sont essentiels pour réduire la mortalité infantile. Des tests diagnostiques automatisés à haut débit, tels que le test Roche COBAS AmpliPrep / COBAS TaqMan VIH-1 et le Abbott m2000 Real Time HIV-1 qualitative peuvent être une alternative pour équiper et étendre rapidement les services de tests de diagnostic précoce. Dans cette étude, les caractéristiques de performance du m2000sp/rt ont été évaluées 196 échantillons de sang séché prélevés chez des nourrissons nés de mères séropositives dans les sites de Bamako et Ségou. Les résultats des tests réalisés sur m2000sp/rt ont été comparés avec ceux du COBAS AmpliPrep / COBAS TaqMan VIH-1. La sensibilité et la spécificité du m2000sp/rt étaient de 100% (IC à 90,77%: 95,0-100) et de 99,45% (IC à 93%: 96%-100%), ainsi qu'une valeur kappa significative de 0,94%. Les résultats de l'étude montre également que le test qualitatif Abbott m2000sp/rt est une option pratique pour le diagnostic rapide du VIH chez les nourrissons au Mali.

Mots clés : Diagnostic, Nourrisson, VIH-1, Roche COBAS AmpliPrep / COBAS TaqMan, Abbott m2000 Real Time, Mali.

I. INTRODUCTION

Depuis la publication des premiers cas d'infection aux États-Unis en 1981, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) constitue un problème majeur de santé publique et de développement auquel les pays d'Afrique au sud du Sahara sont confrontés. Le nombre de personnes infectées dans le monde est passé de 3 000 en 1983 à 1 million en 1990 et 36,7 millions en fin 2016 dont 2,1 millions d'enfants de moins de 15 ans. La plupart des cas de transmission à VIH de la mère à l'enfant surviennent sans suivi au cours de la grossesse et de l'accouchement (15 à 30%), ou durant l'allaitement (10 à 20%). En l'absence de toute intervention à ces différents stades, les taux de transmission peuvent aller de 15 à 45%. On peut prévenir presque complètement la transmission mère-enfant en administrant à la fois à la mère et à l'enfant des antirétroviraux dès que possible au cours de la grossesse et pendant la durée de l'allaitement (OMS, 2010). La prise en charge pédiatrique de l'infection à VIH constitue encore un défi dans plusieurs pays africain particulièrement au Mali. L'insuffisance de couverture des services de prévention pour les femmes enceintes vivant avec le VIH constitue un

des facteurs les plus déterminants dans la transmission mère-enfant de l'infection.

Le programme de prévention de la transmission mère-enfant (PTME) a démarré en 2001 et a connu depuis des avancées significatives. L'extension des sites a permis d'accroître le nombre de femmes enceintes dépistées lors des consultations prénatales et par conséquent le nombre de femmes enceintes séropositives qui reçoivent les ARV pour prévenir la transmission mère-enfant du VIH, en vue d'une élimination de la TME sur le territoire.

Le diagnostic précoce du nourrisson est une étape importante pour mettre les nourrissons infectés par le VIH sous traitement antirétroviral et réduire la morbidité et la mortalité infantiles (Aledort *et al.*, 2006 ; Stevens *et al.*, 2008). Cependant, le manque d'accès aux tests virologiques restant un défi. L'utilisation de taches de sang séché (DBS) a facilité la détection du VIH dans des milieux aux ressources limitées (Sherman *et al.*, 2005).

Les performances de ces techniques de diagnostic doivent être évaluées afin d'avoir des résultats fiables, c'est dans cette optique que nous nous sommes fixé comme objectif de comparer la



détection de l'ADN proviral par les techniques COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan HIV-1 V2.0 des laboratoires Roche qui est la technique de référence dans notre étude et le m2000 REAL TIME HIV-1 des laboratoires Abbott afin d'évaluer la performance du m2000 REAL TIME HIV-1.

II. MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été menée à l'Institut National en Santé Public (INSP) de Bamako (Mali) dans de l'unité de biologie moléculaire au service de Bactériologie Virologie en 2016. Il s'agit d'une étude perspective qui porte sur 196 prélèvements de DBS (Dried Blod Spot) d'enfants nés de mères infectées par le VIH-1 en provenance des sites de PTME de Bamako et Ségou. Ainsi ce sont 196 prélèvements de DBS qui ont été testés par la technique COBAS®AmpliPrep/TaqMan HIV-1 V2.0 des laboratoires Roche puis avec la technologie m2000 REALTIME HIV-1 des laboratoires Abbott. Afin de comparer leur sensibilité, leur spécificité ainsi que la concordance.

2.1 Technique de prélèvement

Les DBS utilisés dans cette étude ont été réalisés dans les sites périphériques à partir de sang du talon pour les enfants de moins de 10 kg ou du bout du doigt pour les enfants de plus de 10 kg, recueillis sur papier buvard puis séchées et conservées à température ambiante (25° à 30°C) en présence de dessiccants et un indicateur d'humidité jusqu'à acheminement vers le site d'analyse.

2.2 La technologie COBAS®AmpliPrep/TaqMan HIV-1 V2.0 de Roche

Le système COBAS® AmpliPrep automatise la purification de l'ADN et de l'ARN grâce à la technologie des billes magnétiques (Magnetic Beads). En supprimant les étapes chronophages et sujettes aux erreurs de préparation manuelle. (Manuel d'utilisation COBAS® AmpliPrep, v2.0, 06-2015).

Le COBAS®TaqMan 48 est un système automatisé d'amplification, de détection et de quantification des acides nucléiques utilisant la technologie PCR en temps réel. Cette technologie emploie un dosage basé sur l'activité 5', 3' exonucléasique de la Taq polymérase thermostable. Les thermocycleurs de l'analyseur COBAS TaqMan 48 chauffent le mélange réactionnel afin de dénaturer l'ADN cible et d'exposer les séquences cibles de l'amorce spécifique. Pendant que le mélange refroidit, les amorces s'hybrident à l'ADN cible. En présence d'ions manganèse (Mn^{2+}) et d'un excès de déoxynucléotides triphosphates (dntps), l'ADN polymérase thermostable de *Thermus species* allonge les amorces hybridées le long des matrices cibles, ce qui génère une molécule d'ADN bicaténaire appelée amplicon. L'analyseur COBAS TaqMan 48 répète automatiquement cette opération pendant un nombre défini de cycles, chaque cycle

doublant effectivement la quantité d'amplicons ADN. La méthode utilise deux sondes fluorescentes doublement marquées par des marqueurs spécifiques, ce qui permet une détection en temps réel de l'acide nucléique. Cette détection est faite à partir de l'intensité d'émission de colorants fluorescents témoins libérés durant la procédure d'amplification.

2.3 La technologie Real time HIV-1 test des laboratoires Abbott

L'ADN est extrait avec la plateforme automatique de m2000® instrument. La lyse des particules virales par Tampon de Lyse (identique pour ARN et ADN) se fait par dénaturation des protéines avec le GITC (Guanidine Iso Thio Cyanate), la lyse de la capsid virale ou protéines de la membrane cellulaire et l'inactivation des RNAses / DNAses se font grâce au Tween (Détergent) et casse les membranes. La capture ADN se fait via les micro-particules magnétiques, cette étape est suivie du Lavage des ADN capturés. La chimie ADN utilise des lavages aux sels chaotropiques (tampon de lavage 1 : GITC, Tween,) et des lavages à l'eau (tampon lavage 2 : Eau sans DNase). L'élution des ADN purifiés se fait par le tampon élution constitué de 20 mM tampon Phosphate qui crée un détachement compétitif de l'ADN et des ions Fe^{2+} magnétique. L'amplification se fait sur le m2000 Real Time Abbott utilisant une sonde d'hybridation. En plus de l'étape d'amplification, il y a une étape supplémentaire de détection qui se fait à 35°C dans chaque cycle de PCR. Pour l'hybridation de la sonde et la lecture, le dosage HIV d'Abbott utilise 2 séries d'amorces; une série spécifique au HIV et une autre spécifique au IC (contrôle interne). Les amorces d'Abbott sont non-compétitives, le IC est détectable même à des concentrations élevées du VIH. Les amorces du HIV-1 ciblent le gène de l'intégrase dans la région pol. Les amorces IC sont des séquences du gène de citrouille. Les sondes spécifiques au HIV et au IC, chacune marquée au fluorophore à leur extrémité 5' sont utilisées pour détecter les produits amplifiés à chaque cycle.

2.4 Analyses statistique

L'analyse statistique a porté sur la sensibilité et la spécificité en utilisant l'intervalle de confiance à 95% (IC) ; ainsi que le coefficient Kappa qui permet de déceler l'accord ou le désaccord entre des jugements qualitatifs appariés et de chiffrer l'intensité ou la qualité de l'accord de celui-ci. Appréciation des tests : les données ont été saisies sur Excel. Afin d'apprécier la validité intrinsèque des tests est faite par le calcul de la sensibilité et de la spécificité des tests qui sont exprimées en pourcentage, nous avons utilisé le logiciel SPSS. Les tests très sensibles sont utiles pour s'assurer qu'une infection n'est pas présente (peu de faux-négatifs) et les tests très spécifiques sont utiles pour s'assurer que l'infection est absente (peu de faux-positifs). On



a mesuré également la capacité des tests à prédire si l'infection est présente par le calcul des valeurs prédictives positives et prédictives négatives également exprimées en pourcentage. Pour la concordance nous avons utilisé les valeurs des CT des échantillons ; à fin de desceller le seuil de détection sur les deux plates formes et ces données ont été traitées par Excel.

III. RESULTATS

L'étude a permis d'analyser 196 échantillons. Le tableau 1 présente une synthèse des résultats comparés des tests effectués par les deux méthodes.

Tableau 1. Résultats comparés de l'analyse par les deux plateformes

Résultat/ Méthode	COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan	m2000sp/rt
Positif	14	15
Négatif	182	181

Avec la plateforme m2000sp/rt, 15 échantillons ont été testés positifs contre 14 avec la méthode COBAS® Ampliprep/ COBAS® TaqMan. Le nombre d'échantillons testés négatifs se monte à 182 avec la première plateforme contre 181 avec la seconde.

A partir des valeurs des CT (Threshold Cycle) des échantillons positifs sur chacune des plateformes nous avons pu identifier le seuil de détection de chaque échantillon. Le tableau 2 présente ces valeurs.

Tableau 2. Valeurs CT (Threshold Cycle) des échantillons positifs

CT Ampliprep/Taqman	CT m2000rt	Δ (CT)
26,2	25,1	-1,1
27,1	28,1	1
26,9	28,2	1,3
24	19,5	-4,5
27,6	20,6	-7
25,3	20,9	-4,4
25,6	20,9	-4,7
26,7	23,5	-3,2
27,3	24	-3,3
26,3	21,6	-4,7
27,3	18,2	-9,1
21,5	20,5	-1
27,4	22,6	-4,8

Les valeurs CT varient d'un échantillon à un autre et ce pour les deux plateformes. On a 26,18 en moyenne pour le COBAS® Ampliprep COBAS®Taq man et 22,4 pour le m2000sp /rt.

Les résultats du test m2000rt sont en accord avec ceux de l'Ampliprep/Taqman à l'exception d'un échantillon. Le résumé des analyses statistiques présenté dans le tableau 3 montrent un excellent Kappa.

Tableau 3. Synthèse des analyses statistiques

	m2000rt
Sensibilité	100 %
Spécificité	99,45 %
Le kappa	0,94 %
VPP	93,33 %
VPN	100 %

IV. DISCUSSION

Dans la prise en charge de l'infection à VIH pédiatrique, disposer d'un test de diagnostic moléculaire fiable est fondamental. Plusieurs techniques moléculaires sont actuellement disponibles. Ces tests ont une sensibilité et une spécificité remarquables, comparés à la culture et à la recherche de l'antigène.

En raison des moyens investis pour améliorer la couverture du diagnostic précoce des nourrissons ; ainsi des milliers de DBS infantiles sont testés chaque année permettront aux laboratoires d'augmenter leurs capacités de test et de renvoyer les résultats des tests aux cliniciens dans un délai plus court. De plus, les tests automatisés pourraient atténuer les pénuries de personnel qualifié et réduire les erreurs humaines, qui surviennent souvent lors des tests manuels et de la transcription des données (Holzt *et al.*, 2003). Cependant ces techniques peuvent présenter des différences et peuvent affecter les résultats du laboratoire d'où l'intérêt de comparer leurs performances pour optimiser leur introduction dans les laboratoires. Dans cette étude, les caractéristiques comparatives de l'Abbott m2000sp/rt Qualitative automatisée ont été évaluées. Le m2000sp/rt a démontré une sensibilité (100% ; IC à 95% ; 90,77%-100%) un échantillon testé négatif par le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan a été identifié comme étant positif sur le m2000sp/rt. Cet échantillon positif sur le m2000 sp/rt a été repris sur le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan en donnant encore un résultat négatif. Cette discordance pourrait être liée à une contamination pendant le traitement de l'échantillon ou encore à des différences dans les conceptions d'amorce / sonde des tests Roche et Abbott. Selon l'encart Roche, le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan cible les régions gag et LTR du génome du VIH-1, tandis que le m2000sp/rt cible la région pol intégrase.

Le m2000sp/rt présente une bonne spécificité de (99,45% ; IC à 95% : 92,86 % - 100%). Ces résultats sont en accord avec une étude menée au Kenya par Chang *et al.* (2014) où ils ont évalué le m2000sp/rt par rapport au COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan sur 200 échantillons et ont eu une spécificité de 100%. Ils se sont référés sur les résultats de Nelson *et al.* (2011) réalisé aux USA ils ont comparé le m2000 et le Roche Amplicor et également ont eu une spécificité 100%.

Le m2000sp/rt a été conçu pour fonctionner sur un système ouvert. Il nécessite également plus de



manipulations manuelles de la part du laboratoire avant que les échantillons ne soient chargés sur les *m2000sp* et *m2000rt* que sur le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan. Par exemple, le *m2000sp/rt* exige des opérateurs de test qu'ils retirent le DBS des tubes d'échantillon avant que les tubes d'échantillons ne soient chargés sur l'instrument, ce qui n'est pas nécessaire lors de l'utilisation du COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan. Comme le *m2000sp/rt* est un test de système ouvert, le test pourrait être plus sujet à la contamination croisée de l'échantillon si les opérateurs ne suivent pas les procédures.

Cependant, le test *m2000sp/rt* fournit un point de rupture entre l'extraction de l'acide nucléique et les procédures d'amplification de la cible, ce qui n'est pas fourni par COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan. Ce point de rupture permet aux opérateurs de garder les acides nucléiques extraits et de procéder ultérieurement à une amplification en temps réel en cas de coupure de courant. L'automate *m2000sp/rt* peut traiter 96 échantillons en l'espace de 8 h, ce qui n'est pas le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan. Pour l'analyse avec le *m2000sp/rt* on introduit parmi les échantillons les deux contrôles (positif et négatif) ; alors que pour le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan sur chaque rack d'échantillons on met les deux contrôles (Chang *et al.*, 2014).

La détection de l'ADN proviral par le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan est plus tardive par rapport au *m2000sp/rt* avec respectivement une moyenne de 26,18 et 22,4 comme seuil de détection, cet écart par le fait que le COBAS®TaqMan cible deux régions du génome et le *m2000rt* une seule.

Dans cette étude, les tests étaient faits tardivement plus de cent jours après la naissance. Ces tests devraient être réalisés dans les six premières semaines pour que si nécessaire la prise en charge soit rapide.

V. CONCLUSION

L'étude montre que les techniques utilisées sont très efficaces dans le diagnostic précoce de l'infection à VIH- 1 chez les enfants de moins de 18 mois nés de mère infectée. En plus du fait qu'ils ne requièrent qu'un petit volume de sang, ils sont faciles à conserver et à transporter.

Cette étude a démontré un accord significatif et fiable entre le *m2000sp/rt* et le COBAS®AmpliPrep/ COBAS®TaqMan deux tests qualitatifs automatisés pour le diagnostic précoce de l'infection à VIH chez le nourrisson. En définitive la PCR- ADN avec ces deux technique sur DBS sont des choix de tests pour le diagnostic précoce de l'infection à VIH- 1 chez l'enfant de moins de 18 mois né de mère infectée dans un contexte de ressources limitées comme celui du Mali, car les DBS offrent un moyen de prélèvement, de transport, de conservation et de stockage facile et moins coûteux que le plasma.

L'intérêt d'un diagnostic précoce réside dans la possibilité d'une prise en charge précoce d'où la recommandation de permettre à tous les enfants nés de mères séropositives d'effectuer la PCR en temps réel.

REFERENCES

J.E. Aledort, A. Ronald, S.M. Le Blancq, R. Ridzon, A. Landay, M.E. Rafael, M.V. Shea. "Reducing the burden of HIV / AIDS in infants: the contribution of improved diagnoses". 2006; 444 : 19-28.

C. Anojé, B. Aiyenigba, C. Suzuki, T. Badru, K. Akpoigbe, M. Odo, O. Adedokun, K. Torpey. And O.N. Chabikuli. «Reducing Mother-to-Child Transmission of Hiv: Findings from an Early Infant Diagnosis Program in South-South Region of Nigeria." BMC Public Health, 2012: 12; 184.

J. Chang, K. Omuomo, E. Anyango, L. Kingwara, F. Basiye, A. Morwabe. "Field evaluation of abbott real time hiv-1 qualitative test for early infant diagnosis using dried blood spots samples in comparison to roche cobas ampliprep/cobastaqman hiv-1 qual test in Kenya." 2014; 204:25-30.

G. Hölzl, M. Stöcher, V. Leb, H. Stekel and J. Berg. "Entirely automated quantification of human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) RNA in plasma by using the ultrasensitive COBAS AMPLICOR HIV-1 monitor test and RNA purification on the MagNA pure LC instrument. *J Clin Microbiol.* "2003;41:1248–1251.

J. Nelson, T. Hawkins, M. Schanz, M. Miller, J. Schmitz and S. Fiscus. "Comparison of Abbott HIV-1 total nucleic acid qualitative assay to Roche HIV-1 DNA assay using dried blood spots. 18th Conference on Retroviruses and Opportunistic Infections (CROI); Boston, MA, USA". 2011. Poster 658

OMS. "Transition Vers De Nouveaux Schémas Thérapeutiques Pour Le Traitement De L'infection À Vih-Questions Liées À La Gestion Des Achats Et De La Chaîne D'approvisionnement, SIDA S.d.m.e.p.d.c.l., Note d'information". 2014.

W. Stevens, G. Sherman, R. Downing, L.M. Parsons, C.Y. Ou, S. Crowley. "Role of the laboratory in global access to antiretroviral therapy for HIV-infected children: consensus statement on the performance of laboratory tests for early diagnosis of infants." *Open AIDS J.* 2008; 2 : 17-25.



Composition et variations saisonnières des protozoaires ciliés du fleuve Niger à Bamako

Sékou Sako^{1*}, Sékou Sala Guindo², Yacouba Maïga¹, Mohamed Sidda Maïga¹, Abdoulaye Salim cissé¹,
Boubakar Kola Touré¹, Hamidou Kodio², Diakalia Koné¹ et Ibrahima Yattara

¹Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Faculté des Sciences et Techniques,
Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, Bamako, Mali

²Institut d'Economie Rurale

*Auteur correspondant : sackosekou207@gmail.com

RESUME : De décembre 2018 à août 2019 des prélèvements réguliers ont été effectués sur le fleuve Niger à Bamako pour déterminer la composition saisonnière des ciliés en relation avec des paramètres physicochimiques et hydrologiques du milieu. Vingt deux espèces (22), treize genres (13), de protistes ciliés regroupés dans huit (8) familles ont pu être identifiés. Les paramètres physicochimiques du milieu ont été caractérisés. Le genre *Stentor* est le plus diversifié spécifiquement, les densités numériques et les fréquences les plus élevées sont observées pendant la période des basses eaux. L'influence du régime fluvial sur la variation des paramètres physicochimiques et sur l'abondance des ciliés ont été démontrées.

Mots clés : Ciliés protozoaires fleuve Niger, facteurs environnementaux, Bamako

I. INTRODUCTION

Les ciliés (ciliata) sont les protistes évolués, appelés aussi infusoires. Ils montrent une très grande tolérance vis-à-vis des conditions de milieu car on les trouve dans tous les biotopes. Ils se caractérisent par la présence au moins à une étape de leur cycle de vie, des cils vibratiles locomoteurs qui leurs permettent de se procurer de la nourriture et qui définissent le phylum. Les ciliés se multiplient par reproduction sexuée (ou conjugaison) ou par scissiparité transversale.

On divise actuellement l'unique classe des ciliés en deux sous-classes : Les holotriches, à ciliature uniforme, comprennent la fameuse paramécie des eaux douces; les spirotriches, plus différenciés, portent des membranelles et des cirrhes (cils fusionnés). Les ciliés sont des éléments importants du nanoplancton et du microzooplancton. Ils représentent, en matière d'abondance et de biomasse, une composante non négligeable des écosystèmes aquatiques (Porter et al., 1985 ; Lair et al., 1998). La consommation des microorganismes bactériens par les protozoaires ciliés conduit à la réduction de la concentration microbienne dans le milieu et permet l'épuration bactériologique des eaux polluées (Nola et al., 2003). Les ciliés extraient environ six tonnes de bactéries par an et par hectare de réservoir (Dragesco 1986). Ils jouent un grand rôle pour l'obtention d'eau claire, de bonne qualité à partir d'eau polluée (Dragesco 1986) et jouent ce même rôle dans les filtres (Curds, 1971 et 1973) pour l'obtention d'eaux potables à partir d'eaux polluées (Curds, 1979). Ils sont, d'excellents bioindicateurs de la pollution organique (Foissner, 1988; Foissner et Berger, 1996). Ces microorganismes restent en général très peu étudiés dans les écosystèmes d'eau douce en Afrique. Les

travaux les plus marquants sont ceux effectués par Dragesco durant la décennie 1980 (cf. Dragesco et Dragesco-Kerneis, 1986), Foto Menbohan dans les années 1990, Njiné (1978). Au Mali on sait peu de choses sur les ciliés aquatiques et aucune étude n'a été effectuée sur la composition et les variations saisonnières des ciliés du fleuve Niger à Bamako. Vu l'important rôle que les ciliés jouent dans l'écosystème le présent travail a pour but d'étudier la composition et l'abondance saisonnière des ciliés en rapport avec certains paramètres physicochimiques et hydrologiques du fleuve Niger à Bamako.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site d'étude

La zone des prélèvements se situe à Bamako (zone soudano-sahélienne) elle part du Pont des Martyrs de coordonnées : N = 12° 37' 38,1'' ; W = 07° 59' 35,1'' ; Altitudes = 324 m, à la chaussée submersible se Sotuba de coordonnées : N = 12° 38' 44,5'' ; W = 07° 56' 10,1'' ; Altitude = 312 m. Sur ce site le lit du fleuve est occupé par des sols issus des phénomènes d'altération et de latérisation d'un socle granito-gneissique et schisteux recouvert de sédiment de grès (Picouet 1999). La profondeur du fleuve dans la zone de prélèvement varie entre 15 m et 0,5 m et la largeur entre 800 m et 50 m suivant les endroits du fleuve et les périodes de l'année. Le site subit énormément et continuellement les activités anthropiques de la ville de Bamako.

2.2 Prélèvement d'échantillon et analyse

Les échantillonnages ont été hebdomadaires et ceux sont déroulés à différentes heures de la journée. Un filet à plancton de 25 µm de maille a été utilisé pour capturer les espèces flottantes par la technique du



trait horizontal. Le filet est ensuite nettoyé et le filtrat de 50 mL obtenu est ramené au laboratoire. Un bidon stérile de 6 litres a été utilisé pour prélever 12 litres d'eau dans les endroits peu profond. Les douze litres sont chaque fois été concentrés à travers un tamis de 25 µm de maille jusqu'à obtention de 50 mL qui sont ramenés au laboratoire. Les observations sont faites environ deux heures après les prélèvements sur une première moitié des échantillons sans traitement ce qui nous permet d'observer (et d'identifier) les individus vivants ou frais qui gardent encore leurs formes réelles. L'autre moitié de l'échantillon destinée au dénombrement est conservée dans du formaldéhyde à 4%. Les identifications ont été basées sur des caractères morphologiques spécifiques externes observables sur les vivants à l'aide de clés d'identification préconisées dans les ouvrages : (Nzayisenga, 2007), (Dragesco et Njiné 1971), (Dragesco et Dragesco-Kerneis, 1986). Les dénombrements des ciliés ont été effectués dans des boîtes de petri sur des échantillons frais à l'aide de microscope trinoculaire (Togouet S.H.Z, 2006). La température, le pH, et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ grâce à un multiparètre de type hanna et la turbidité grâce à un

turbidimètre. Les nitrites nitrates phosphates ont été quantifiés au laboratoire grâce à un spectromètre de type Perkin Elmer Lambda 40.

2.3 Analyse Statistique

Les variables suivantes ont été déterminées afin de comprendre la variation des densités numériques et spécifiques :

- la densité D des ciliés pour comparer les densités des différentes espèces récoltées et les densités entre les saisons. $D = (Mi \times Vr) / L$ ou $D = \text{nombre d'individu par m}^3$ (ind/m³), Mi = moyenne du nombre d'individu, Vr = volume récolté (mL), L = nombre de litre filtré (m³)
- Dominance (Do) : pour donner le pourcentage des individus de l'espèce par rapport à l'ensemble des individus de toutes les espèces,
- Richesse spécifique (S) : elle représente le nombre d'espèces présentes dans l'échantillon.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 Caractérisation des paramètres physicochimiques

Tableau 1. Valeurs des paramètres physico-chimiques de la zone des prélèvements

Mois	temp	pH	OD	turb	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
dec-18	31,12	7,45	5,43	40	0,7	0,19	0,04
jan-19	30,69	7,60	5,50	8,2	0,24	0,54	0,03
fév-19	29,5	7,66	5,25	9,12	0,19	0,42	0,06
mar-19	28,30	7,3	5,8	4,6	0,93	0,31	0,05
avr-19	25,36	7,36	6,15	51,9	0,14	0,50	0,11
mai-19	27,1	7,41	4,12	22,6	0,29	0,89	0,8
jui-19	28,4	7,45	5,5	55,7	0,16	0,23	0,26
Juil-19	29	7,22	5,61	52,9	0,12	0,13	0,08
aoû-19	28,5	7,71	5,26	31,5	0,06	0,07	0,54

Sur l'ensemble des prélèvements le fleuve est resté basique avec un pH moyen de 7,46 et une oxygénation assez bonne variant entre 6,15 mg/L et 4,12 mg/L. Les nutriments ont varié en moyenne entre 0,31 mg/L (NO₂⁻), 0,36 mg/L (NO₃⁻), et 0,21 mg/L (PO₄³⁻), toutes fois ils ont évolué irrégulièrement avec des valeurs plus basses en saison des pluies (juillet-août) excepté le PO₄³⁻. Les mois de juin et juillet ont les turbidités les plus élevées sur l'ensemble des prélèvements avec respectivement 55,7 NTU et 52,9 NTU. La température a varié dans la fourchette de 27,1°C et 31,12°C. A l'ensemble de ces paramètres qui ont des valeurs favorables à la prolifération des ciliés il faut signaler les paramètres hydrologiques tels que la vitesse du courant et la profondeur du fleuve qui sont

liés aux variations des saisons hydrologiques du fleuve Niger.

3.1.2. Inventaire de la Faunule des protozoaires ciliés

Durant ces travaux les ciliés inventoriés sur le site sont les suivants :

Spirostomidae : Blepharisma lateritium Perty 1849, Spirostomum ambiguum Erhenberg, 1838, Didiniidae : Didinium sp., Didinium nasutum O.F. Müller, Litonotus sp.,

Tetrahymenidae : Glaucoma sp., Glaucoma pyriformis Maupas, 1883 ; Tetrahymena sp., Loxodidae : Loxodes rostum Ehrenberg, 1830, Nassulidae : Nassula ornata Ehrenberg 1833, Nassula sp.,

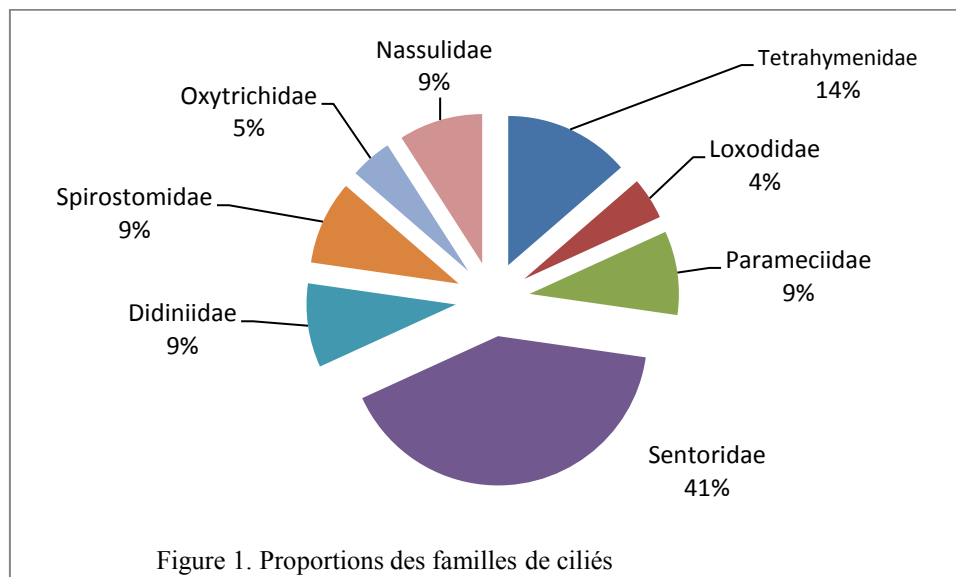


Parameciidae : *Paramecium caudatum* Ehrenberg 1838, *Paramecium* sp.,
 Stentoridae : *Stentor amethystinus* Leidy, 1880, *Stentor multimicronucleatus* Dragesco 1970, *Stentor niger* O.F. Müller 1773, *Stentor*

polymorphus O.F. Müller 1773, *Stentor* sp., *Stylonychia* sp., *Vorticella microstoma*, *Vorticella* sp., *Zoothamnium ramosissimum*
 Oxytrichidae ; *Oxytricha* sp

3.1.3. Analyse de la faunule des ciliés

Au cours de ces travaux vingt deux (22) taxa ont été identifiés. Ces taxa sont repartis entre huit (8) familles Figure 1.

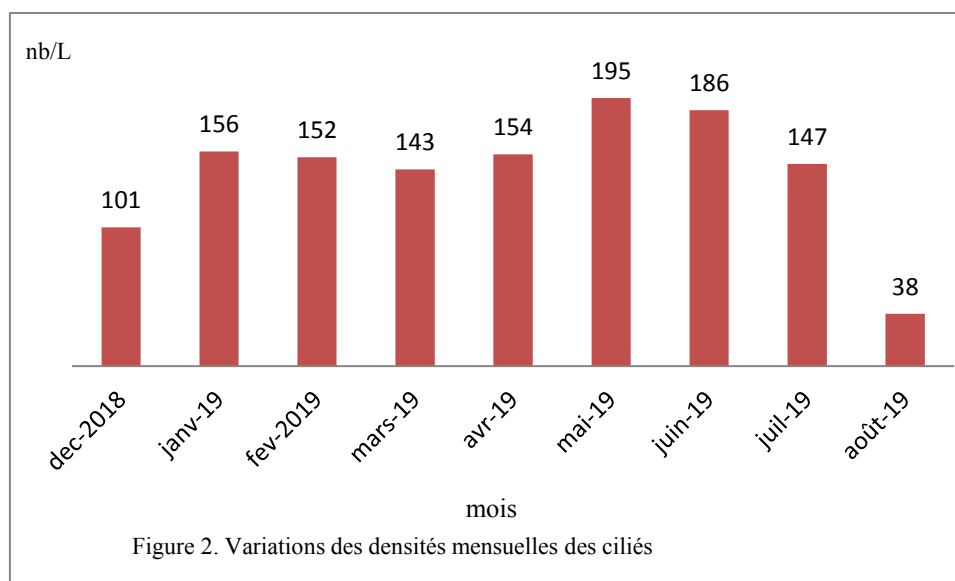


La famille des Stentoridae avec treize (13) genres est la plus riche spécifiquement, tandis que les familles Oxytrichidae et Loxodidae sont les moins riches spécifiquement avec 4% et 5%. Les espèces *Vorticella microstoma* avec 1082 ind/L et *Nassula ornata* 274 ind/L sont numériquement les plus denses. Contrairement *Paramecium caudatum* avec 6 ind/L est la moins dense au niveau du fleuve Niger durant cette étude, *Blepharisma lateritium* 0,45%, *Nassula ornata* 0,89% sont les plus abondantes. Durant la période de prélèvement certaines espèces ont été fréquemment récoltées parmi celles-ci on peut citer *Vorticella microstoma* avec 75% et *Nassula ornata* avec 46,87%, par contre *Paramecium caudatum* n'a été observé dans le fleuve que quelques fois pendant cette période avec une fréquence de 3,12%. En considérant la période de prélèvement les densités mensuelles numériques élevées ont été obtenues entre les mois de janvier et mai avec 195 ind/L comme la plus forte densité observée en mai. Le mois d'août a été le plus faible en densité avec 38 ind/L, Figure 2.

3.1.4. Impact des facteurs des facteurs environnementaux

L'analyse de la composition spécifique des ciliés au cours de ces travaux montre que cette faune varie au cours de la période de prélèvement. Ces variations de densité et de fréquence s'expliquent par la variation des paramètres physicochimiques et hydrologiques. En effet pendant la période de basse eau de février à juillet le fleuve s'enrichit en éléments minéraux suite au drainage par les premières pluies de déchets de toutes sortes. Cet enrichissement du milieu est favorable à la prolifération de bactéries et autres protophytes qui constituent la source importante de nourriture des ciliés (Bamfort, 1958). A cette abondance de nourriture il faut ajouter l'effet du courant d'eau faible favorable aussi à la prolifération des ciliés. A l'inverse sous les effets combinés de l'augmentation du volume, du courant d'eau élevé plus le broutage du zooplancton et de la dilution des eaux le milieu s'appauvrit ce qui explique les faibles densités et fréquences constatées en août à la période des hautes eaux.





IV. DISCUSSION

Les caractéristiques physico-chimiques déterminés au cours de ces études sur le fleuve Niger sont conformes à ceux déterminés par Keita 2011 et Koné 2014 sur le fleuve Niger au niveau de Bamako et sont typiques des eaux douces tropicales. Les variations saisonnières des paramètres physicochimiques liées au cycle fluvial sont signalées dans les travaux de Sako 2017 et de Devillier 2005 et Oueda 2009. Le nombre de cilié identifié à savoir 22 espèces sont largement inférieures à ceux de S.H. Z. Togouet 2000 au Cameroun qui trouve 58 espèces et de Gomes et Godinho (2003) au Brésil avec 28 espèces. Cette faiblesse spécifique des ciliés au cours de nos travaux avait été signalée par Dragesco (1973) qui relevait que les eaux tropicales sont faiblement peuplées de ciliés. En ce qui concerne nos travaux le manque de matériel de laboratoires appropriés pour identifier les ciliés nous a sérieusement limité dans nos identifications. Les fluctuations des densités au cours du cycle hydrologique du fleuve Niger liées aux variations des facteurs environnementaux du fleuve concordent avec les résultats de Dragesco (1973) S.H.Z. et Togouet (2006).

V. CONCLUSION

Les résultats de ces travaux prouvent que la communauté des ciliés du fleuve Niger est peu diversifiée. Cette communauté de ciliés varie en fonction des facteurs environnementaux qui eux-mêmes dépendent du cycle fluvial. Les valeurs des paramètres physicochimiques nous ont permis de qualifier les eaux du fleuve de milieu oligotrophe. Le manque de matériel adéquat nous a empêché d'avoir des résultats plus exhaustifs concernant la richesse spécifique des ciliés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bamfort S. S. 1958. Ecological studies on the planktonic protozoa of a small artificial pond. *Limnol. And oceanogr.*, 3 : 382-412.
- Curds C.R. 1979 Le rôle des protozoaires dans la purification de l'eau. *Ann. Biol.*, 18 : 193-219
- Curds C. R. 1973 The role of Protozoa in the activated-sludge process. *Amer. Zool.*, 13 : 161-169
- Curds C. R. 1971 Computer simulations of microbial population dynamics in the activated sludge process. *Wat. Res.*, 5 : 1049-1066
- De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005. Qualité Physico-chimique et Chimique des eaux de surface : cadre général. Fiche 2, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" 16 p.
- Dragesco J. et A. Dragesco-kerneis, 1986. Ciliés libres de l'Afrique intertropicale : Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés. ORSTOM (éditeur), Faune Tropicale XXVI, Paris, 559 p.
- Dragesco J., 1973. Quelques données écologiques sur les ciliés libres de l'Afrique. *Amer. Zoologist*, 13, 231-232.
- Dragesco J. et T. Njiné, 1971. Complément à la connaissance des ciliés libres du Cameroun. *Ann. Fac. Sci. Cameroun*, 7/8, 79-140.
- Foissner et Berger, 1996) Foissner W. et H. Berger, 1996. A user-friendly guide to the Ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lake and wastewaters, with notes on their ecology. *Freshwater Biol.*, 35, 375-482.



Foissner, 1988; Foissner W., 1988. Taxonomie and nomenclatural revision of Sladeczek's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. *Hydrobiol.*, 166, 1-64.

Gomes et Godinho (2003) Gomes E.A.T. et J.L.M. Godinho, 2003. Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Oecol.*, 24, 153-161.

Kéita K., 2011. Caractérisation physico-chimique des eaux résiduaires urbaines et évaluation de leur impact sur l'eau du fleuve Niger à Bamako. Essai de traitement des rejets liquides à l'aide de filtres plantés de macrophytes. Thèse de doctorat, option chimie des eaux et de l'environnement, Université de Bamako, 163 p.

Koné D., 2014. Composition, biomasse et dynamique saisonnière du peuplement phytoplanctonique du fleuve Niger à Bamako (Mali). Thèse de doctorat, Spécialité : Ecologie - Option : Hydrobiologie-Phycologie, USTTB, FST. 141 p.

Lair M., Reyes-Marchant et V. Jacquet, 1998. Développement du phytoplancton, des ciliés et des rotifères sur deux sites de la Loire moyenne (France) en période d'étiage. *Ann. Limnol.*, 34, 35-48.

Njiné T. 1978 Contribution à l'étude des ciliés libres du Cameroun. Thèse fac. Sci. Clermont-Ferrand no, 252, 201p.

Nola M., Njiné T., Foto S.M., Kemka N., Zébazé S.H., Nguedji J.B.T. et T.B. Bouetou, 2003. Utilisation des protozoaires ciliés (*Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum*, *Neobursaridium gigas*) pour l'épuration bactériologique des eaux polluées en microcosme. *Tropicult.* 21, 73-78.

Oueda A., 2009. Zooplancton et alimentation des poissons des Lacs artificiels de Bagré et de Loumbila (Burkina Faso). Thèse unique, Université de Ouagadougou. Spécialité Sciences Biologiques Appliquées, Option Biologie et Ecologie Animales/Hydrobiologie. 179 pages.

Picouet C., 1999 : Géodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé, le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur, Thèse, Université de Montpellier II, <Sciences et Techniques du Languedoc >, 469 pages.

Porter K.G., Sherr E.B., Sherr B.F., Pace M. et R.V. Sanders, 1985. Protozoa in planktonic food webs. *J. Protozool.*, 32, 409-415.

Sako S. 2017. Composition et dynamique du peuplement zooplanctonique du fleuve Niger à Bamako et impacts des facteurs environnementaux. Thèse de doctorat, spécialité : Ecologie- Option : hydrobiologie, USTTB, FST. 119 p.

Togouet Z. S.H., 2000 - Biodiversité et dynamique des populations du zooplancton (Ciliés, Rotifères, Cladocères et Copépodes) au lac municipal de Yaoundé (Cameroun). Thèse de 3ème cycle, Université de Yaoundé I (Cameroun), 175 p.

Togouet Z.S.H., 2006 Composition et distribution spatio-temporelle des protozoaires ciliés dans un petit lac hypereutrophe du Cameroun (Afrique centrale). *Revue des sciences de l'eau*. Vol. 19, no 3, p.151-162

Nzayisenga T., 2007. Contribution à l'étude du zooplancton du lac Kivu : cas du bassin Est au large de Kibuye. Université Nationale du Rwanda - Bachelor of Science in Biology : Biologie et Médecineéd. Mémoire Online 2000-2012. 50 p.



L'écoute de l'enfant malade et la prise en compte de son point de vue dans les soins qui lui sont prodigués. Un défi posé aux services de pédiatrie en Afrique

Abdoulaye Guindo

Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako

Corresponding author's email address: abloguindo@yahoo.fr

SUMMARY: Taking into account the child's point of view is crucial to improving the quality of care in paediatric services in Africa. However, most research on paediatrics is conducted from an adult perspective. This work, based on an ethnographic approach, combined observations, interviews and case studies in a general paediatric ward in Bamako, Mali. It seeks to understand care relationships from the perspective of the sick child: How do children experience care? How do they participate in it? How do they perceive it? How do they feel about it? The results of this research show that the relationship between child carers and parents is still complex to appreciate. It varies from one child to another, from one health professional to another. However, its recognition is always threatened by socio-economic burdens.

Keywords: Hospital - Pediatrics - Children's voice - care relationship - ethnography - Mali.

I. INTRODUCTION

En Afrique, les travaux qui se sont attachés à comprendre et à analyser ce que les enfants pensent de leur expérience éducative sont rares. Les seules données accessibles dans cette perspective sont des écrits d'adultes racontant leur enfance (Laye, 1976 ; Bâ, 1992). Ces deux auteurs parlent de leur enfance avec leurs vocabulaires d'adultes. Outre ces problèmes lexicaux, ces histoires décrites à l'âge adulte sont la réécriture d'une histoire passée. Les adultes racontent leurs souvenirs en connaissant la fin de l'histoire. Les enfants parlant de leur présent n'ont pas cette perspective.

Une recension des travaux sur les relations de soins entre enfants-soignants et parents, dans les pays du Nord, nous permet de constater un grand intérêt pour l'expérience vécue par les enfants malades dans les services de pédiatrie et relatée par ces derniers. Les travaux fondateurs de la psychanalyste G. Raimbault (1975 ; 2005) et l'anthropologue M. Bluebond-Langner (1980) sont remarquables à cet effet. La valeur de ces premières études ethnographiques réside dans le fait qu'elles aient contribué à la reconnaissance de la capacité de l'enfant à comprendre son environnement et à y adapter son comportement. Elles ont également mis à jour la nécessité d'accompagner les enfants malades dans leur questionnement en examinant avec eux les réponses, les solutions qu'ils proposent (Raimbault, 1975). Récemment, cet axe de réflexion a un eu autre mérite, celui d'ouvrir un débat sur la douleur chez les nouveau-nés (Carbajal *et al.*, (2008). Ces débats ont eu deux effets : bousculer les conceptions traditionnelles de la médecine vis-à-vis de la douleur et implémenter à la suite de cela des dispositifs pour l'évaluer et des protocoles pour la traiter. En termes de bilan, toutes ces recherches ont permis d'identifier plusieurs leviers pour améliorer la qualité des soins délivrés aux enfants afin de

permettre aux pédiatres d'apprendre des erreurs et des problèmes afin de les corriger.

En Afrique, bien que les enfants représentent la plus grande part des patients hospitalisés (Guindo, 2017), les études les abordant dans la perspective que nous venons de décrire sont à la fois récentes et rares. En effet, jusqu'à la fin des années 2009, celles-ci étaient quantitativement insignifiantes. Et ce n'est qu'à partir de cette époque que la première étude ethnographique des relations de soins dans les services de pédiatrie a été réalisée (Jaffré *et al.*, 2009). Cette étude a décrit de façon fine la violence des conditions dans lesquelles les enfants étaient pris en charge. Elle a également ouvert la voie à d'autres anthropologues qui y ont réalisé d'autres études (Hejoaka, 2012 ; Kane, 2015 ; Ida, 2016 ; Guindo, 2017). Ces travaux, ont, comme ceux réalisés dans les pays du Nord, révélé que les enfants avaient des compétences pour comprendre ce qui se passait autour d'eux et adapter ainsi leur comportement en fonction de cela : « *alors que les adultes sont réticents à informer les enfants - pensant qu'ils vont dévoiler leur statut ou celui de leurs parents - les enfants se révèlent être les gardiens scrupuleux du secret* » (Hejoaka, 2012). Tout ceci atteste que la prise en compte du point de vue de l'enfant en matière de soins dont les effets demeurent encore mal connus au niveau individuel comme au niveau national, est nécessaire en Afrique.

Notre travail prolonge les différentes réflexions déjà abordées par les études que nous venons de citer mais il se focalise sur la compréhension des relations de soins du point de vue de l'enfant. C'est donc en partant de l'organisation de l'action des enfants en termes de stratégies (Bluebond-Langner, 1980) ainsi que les conséquences qu'elles engendrent que se déploie notre recherche. Pour ce faire, nous partons de cette question assez simple : comment les enfants



malades vivent-ils les relations de soins avec les soignants et parents à l'hôpital ?

II. CONTEXTE ET SITE DE L'ETUDE

Les données présentées dans cette étude ont été collectées dans le cadre d'une recherche doctorale (Guindo, 2017). De manière plus large, il correspondait à un travail entrepris en Afrique – ENSPEDIA- Enfances et Soins en Pédiatrie en Afrique – regroupant sept pays (Mali, Niger, Sénégal, Bénin, Togo, Guinée et le Cameroun). Ce programme vise à améliorer la qualité des soins en pédiatrie en termes de santé publique. En termes d'anthropologie elle cherche à mieux connaître des rapports de l'enfant de son corps et de la maladie dans les modernités sanitaires africaines.

Les enquêtes ont été menées dans le service de pédiatrie du Centre Hospitalo-Universitaire Gabriel Touré (CHU GT). C'est le plus grand service de pédiatrie du pays. C'est vers lui que tous les autres centres situés à l'intérieur ou dans les périphéries de Bamako réfèrent les enfants malades. Les enfants représentaient en 2013 et 2014 (rapport d'activité 2014) 49,8 et 50,02 % de tous les patients de l'hôpital.

Cet ancien dispensaire de Bamako, a été érigé en hôpital le 17 janvier 1959. Il est baptisé « Hôpital Gabriel Touré (HGT) » en hommage au sacrifice d'un jeune étudiant en médecine originaire du Soudan français (actuel Mali). Ce dernier est mort lors d'une épidémie de peste, une maladie qu'il contracta au cours de son stage en 1934. L'hôpital a évolué en établissement public à caractère administratif en 1992, doté de la personnalité morale et de l'autonomie de gestion.

Il est l'un des quatre établissements publics (hôpitaux nationaux) à caractère administratif institué par la loi n° 94-009 AN-RM du 22 mars 1994 avant de devenir par la loi n° 02-048 AN-RM du 12 juillet 2002 centre hospitalier universitaire (CHU). Situé en commune III et bâti sur une superficie de 3,1 hectares, l'HGT comprend 7 départements dont celui de la pédiatrie.

Les enquêtes ont été menées en 2013 et ont duré 3 mois. Pour les réaliser nous avons obtenu l'accord des autorités de la pédiatrie et le consentement des personnes interrogées.

Elles ont été réalisées dans les pavillons d'hospitalisation notamment en pédiatrie I et II et dans le service d'urgence. Les enquêtes ont particulièrement visées les activités propices à l'intervention des enfants comme les consultations la réalisation des gestes techniques. Quinze enfants, composés de filles et de garçons âgés de 6-15 ans ont participé à l'étude. Ces enfants appartenaient à différentes catégories sociales globalement distinguées comme « des pauvres » et « des riches ». L'enquête s'est également appuyée sur des

observations et des entretiens approfondis ciblant dix professionnels de santé et paramédicaux (5 infirmiers, 3 pédiatres, 2 internes, 2 CES¹) et dix parents d'enfants malades, en interaction.

Une fois le contexte brièvement présenté, nous allons, en rétrécissant notre champ, nous intéresser plus précisément sur la réalisation des consultations et des gestes techniques.

III. LES CONSULTATIONS PEDIATRIQUES : DES ENFANTS INEGALEMENT ACTEURS DANS LES RELATIONS DE SOINS

Dans les services de pédiatrie les activités de consultations s'organisent le plus souvent par l'intermédiaire des parents. Habituellement ce sont eux qui apportent d'abord, propres expérience, les éléments contribuant au diagnostic. C'est ce que montre cette consultation de Sali², une fille de 9 ans, à laquelle nous avons assisté. Sali est accompagnée par sa mère.

10h 05 mn – Un CES reçoit Sali et sa mère dans la salle de consultation des urgences.

CES : ça commencé comment ?

Mère : Je ne sais pas exactement comment, mais ça commencé hier et la maladie s'est aggravée aujourd'hui.

Sali : Quand la mère a dit cela, Sali se tourne pour regarder sa mère.

Pédiatre – Est-ce qu'elle avait été malade avant ?

Mère : Non, elle n'avait rien.

CES : Pourquoi ne l'as-tu pas amené en consultation plutôt ? Regarde, là, apparemment elle va très mal.

Mère : Elle baisse la tête et ne répond pas.

CES : S'adresse à Sali. Lève-toi et monte sur la table. Sali s'exécute. Lors de la consultation le CES lui demande où as-tu mal ? Elle montre son bas ventre.

10h10 mn : Sali descend de la table de consultation.

CES : s'adresse à la mère. « Je ne vais pas te laisser l'amener à la maison. Elle va être hospitalisée et je vais te donner quelques bilans à réaliser ».

Mère : D'accord.

10h15mn – Le pédiatre prescrit deux bilans : la Numération Formule Sanguine (NFS), Goutte épaisse.

10h20 mn – Il accompagne la mère dans la salle d'urgence et cherche un lit pour installer Sali.

Observation, juin, 2013.

Cet extrait d'observation illustre une relation de soins qui résulte de la mise à l'écart, par une mère et un CES, d'une enfant lors d'une consultation. Il traduit une volonté de confiscation de la parole de

¹Certificat d'Etude à la Spécialisation de pédiatrie.

²Le nom des enfants a été changé.



l'enfant. Mais, cet exemple ne doit pas occulter l'importance dorénavant bien connue que les enfants sont conscients de ce que leurs parents font. En effet, le regard que Sali a porté sur sa mère quand cette dernière dit au CES que le début de sa maladie remontait à hier était éloquent. Mais, dans les relations de soins, le rôle d'acteur est d'autant plus difficile à porter pour l'enfant que le fonctionnement médical est influencé par le fonctionnement social. Ainsi, on attend de lui qu'il reste dans sa position de cadet social, obligé de se soumettre aux décisions des aînés. Cet extrait d'un texte de Chombart de Lauwe, 1997, p. 11) résume bien ce que nous venons de dire :

« La manière de percevoir et de penser l'enfant influe sur les conditions de vie, sur son statut et sur les comportements des adultes à son égard. Dans une société donnée, les idées et les images relatives à l'enfant, si variées soient-elles, s'organisent en représentations collectives, qui forment un système à niveau multiples. »

Mais le contraste est souvent frappant entre les enfants qui acceptent d'être considérés comme un objet et d'autres qui refusent. Parmi ceux-ci, nous retiendrons le cas de Luc.

Luc est un garçon de 10 ans, il est hospitalisé aux urgences il y a une quinzaine de jours. Il souffre d'une douleur abdominale continue. Quand ses douleurs commencent il se teint couché de côté en boule. Mais, par moments, il se détend et semble avoir moins mal. Et, c'est quand il a moins mal qu'il parle. Parmi le personnel de santé, il trouve que certains sont gentils tandis que d'autres sont méchants. Cette méchanceté Luc le trouve dans la parole que dans les actes médicaux : « *Il y a une femme claire là, elle est très gentille, elle me parle bien et elle dit que je vais guérir. Tandis, il y a une autre femme-là, qui me menace. Je n'aime pas celle-là. Je n'aime pas les docteurs qui piquent les gens de façon dure sans te parler.* » Par ailleurs, Luc est accompagné par son père. Ce dernier partage la salle avec d'autres parents qui sont des mères. Elles sont au nombre de quatre. Lors des séjours les accompagnants qui se trouvent dans une même salle finissent par se tisser des relations. Ils s'entre-aident et échangent sur les problèmes qu'ils rencontrent lors de leur séjour. Ainsi, chaque fois que Luc vomit il réclame de l'eau ou du thé à boire à son père. Les femmes qui sont présentes dans la salle

estiment que Luc en rajoute pour que son père s'occupe de lui.

Un matin, quand Luc a eu des douleurs l'une des femmes est allée s'asseoir à côté de lui pour lui souhaiter une meilleure santé. Luc, trouve que « *toi, tu es gentille, mais les autres femmes-là ne sont pas gentilles. Quand j'ai mal, elles se moquent de moi* ».

Observation, mai 2013.

Ainsi que le faisait remarquer G. Raimbault (2011) et que cet exemple confirme, si les adultes sont capables de parler à l'enfant, c'est-à-dire de l'entendre et de lui répondre sur ce qui le préoccupe ils pourront l'accompagner. Elle va jusqu'à préciser que : « *nous croyons profondément que la seule aide que l'on puisse apporter à l'enfant qui va mourir est de lui montrer que l'on est désireux de rester avec lui jusqu'au bout* » (Raimbault, 2011, p. 42). La relation que Luc a eu avec la soignante au teint clair montre bien cela : « *elle me parle bien et elle dit que je vais guérir* ». Cette façon de parler le rassure.

Nous avons également remarqué au cours de nos enquêtes que les enfants issus des couches sociales favorisées ont des comportements bien différents de la plupart des enfants. Le cas de Milita, une fille de 9 ans en classe de 5^e dans une école privée prestigieuse l'illustre. Ses deux parents sont tous des cadres et travaillent dans les grandes sociétés.

11h45 mn – Milita se rend aux urgences pédiatriques en compagnie de son père. Elle avait des maux de ventre.

11h46 mn – ils ont été reçu par un pédiatre.

Pédiatre - S'adresse au père : qu'est-ce qu'elle a ?

Milita répond – J'avais des maux de ventre. Quand ça commencé à persister j'ai informé ma mère. Elle m'a donné du paracétamol. J'ai pris le médicament mais la douleur n'est pas partie. Donc, j'ai demandé à ma mère d'appeler mon père. Voilà, Maman à appeler papa. Il est venu me chercher. Voilà.

Pédiatre : C'est très bien. As-tu vomis ou diarrhée ?

Milita : non.

Pédiatre : D'accord. Déshabille-toi et montes sur la table de consultation.

Milita : D'accord.

Le pédiatre après l'avoir ausculté trouve qu'il n'y avait rien de grave. Il finit par lui prescrire des calmants et donne également des fiches d'analyse sanguine (Goutte Epaisse et test Widal) et une échographie de



l'abdomen au père. Ce dernier prit en charge les frais des médicaments et des analyses prescrites.

Après avoir pris les premiers calmants, la douleur s'est atténuée. Elle commence à parler avec son père assise tout près de lui.

Milita : Papa n'est-ce que tu m'aimes beaucoup ?

Père : Pourquoi me poses-tu cette question ?

Milita : Parce que tu veilles beaucoup sur moi et tu dépenses beaucoup d'argent pour moi, n'est-ce pas ?

Père : Oui.

Milita : Papa n'est-ce pas si tu ne me soignais pas j'allais mourir ?

Père : oui

Milita : Papa peux-tu me dire quelle est la couleur de la mort ?

Père la regarde et lui dit : non.

Milita : je pense la mort est de couleur noire.

Père : Mais pourquoi la couleur noire plus précisément ?

Milita : Lorsque je ferme les yeux ou quand je dors tout me paraît noir c'est pourquoi je pense que la couleur de la mort est noire.

Entre temps, les résultats des examens médicaux sont arrivés. Elle faisait le paludisme. Elle fit les premiers traitements sur place et l'autorisation fut donnée aux parents de poursuivre le reste du traitement à domicile.

13h10 mn – Milita et son père rentrent à la maison.

Observation, juin 2013.

Cet extrait montre que si tous les enfants sont des acteurs ils n'ont pas les mêmes rapports avec les adultes et les institutions. Ce qui module cette variance, ce sont les conditions de vie de leurs parents. Dans le cas de cette fille on voit bien qu'elle parle à la maison avec ses parents et à l'école avec ces maîtres. L'étude d'A. Lareau (2003) confirme cela. Selon elle, toutes les familles veulent que leurs enfants soient heureux. Mais, elle trouve que la classe sociale fait une différence dans la façon dont les parents vont atteindre cet objectif. Suivant cette perspective, les parents riches favorisent activement les talents, les opinions et les comportements de leurs enfants en les apprenants à raisonner. Ce qui permet une autonomisation de l'enfant. On le voit, ce modèle qu'elle nomme « éducation concertée »

(concerted cultivation) permet de faire émerger le droit de l'enfant. Ce schéma est tout à fait le contraire avec les enfants de pauvres comme on l'a vu avec le cas de Sali.

IV. LA REALISATION DES GESTES TECHNIQUES ET L'IMPLICATION DES FACTEURS SOCIO-ECONOMIQUES

Au sens large, on entend par geste technique tout acte invasif qu'un professionnel de santé pose dans la limite de ses compétences dans le but de prévenir, de diagnostiquer et de traiter un enfant malade. Les gestes techniques incluent aussi les attitudes comme les gestes de bienveillance, l'écoute ... qu'adopte l'agent chargé de les mettre en œuvre. Ce n'est pas tout ; les autres parties prenantes incluent les matériels, les instruments utilisés et l'environnement dans lequel a lieu l'opération.

Dans un sens restreint, ce que nous appelons gestes techniques peut correspondre aux soins infirmiers comprenant tous les actes simples s'inscrivant dans la « *rubrique de l'ordinaire et des routines* » du personnel paramédical (Jaffré, Diallo, Atcha, & Dicko, 2009, p. 241). Il s'agit essentiellement des injections, des poses de perfusions et de plâtres, des pansements, etc.

V. LES CONDITIONS DE REALISATION DES GESTES TECHNIQUES

Les injections représentent un élément essentiel des soins infirmiers et leur utilisation a connu une énorme croissance dans les services de pédiatrie avec l'arrivée des antibiotiques, des antalgiques, des anesthésiants, des antipyrétiques et de bien d'autres médicaments injectables. Le rôle reconnu aux injections renvoie essentiellement à des fonctions de prévention, de diagnostic et de traitement des maladies. Sujet à fort pouvoir d'évocation médicale, les injections résument parfois à elles seules l'expérience courante de l'hôpital pour les enfants.

Lors de nos observations, nous avons constaté à plusieurs reprises qu'il y avait une sorte de « marquage social des lieux ». Ce marquage social se manifestait à travers la répartition des travaux selon le sexe. Ainsi, pour la plupart des temps se sont les infirmières qui réalisaient les poses de cathéter et de perfusion. Mais, nous avons constaté que chaque fois que ces dernières rencontraient des difficultés pour gérer un enfant ou ses parents elles sollicitaient l'intervention de leurs collègues hommes. C'est ce que montre cet extrait d'observation :

10h 10 mn – La mère de Daniel arrive dans la salle des infirmières pour chercher une infirmière qui pose une perfusion à son fils. Parmi les 4 infirmières présentes dans la salle, une accepte et accompagne la mère vers l'espace de soin aménagé à cet effet.



10h 15 mn – Elle installe l'enfant et sa mère. Après, elle prend à la mère les médicaments (quinimax, sérum) et le dispositif de perfusion (cathéter, perfuseur, seringues).

Dès que Daniel a vu la seringue, il demande sa mère « maman on va me piquer ? ». La mère fait semblant de ne pas l'entendre. Elle détourne l'attention de l'enfant sur un autre sujet. Mais, il insiste : « maman, regarde ce que cette docteur est train de faire. Va-t-elle me piquer ? L'infirmière répond à la place de la mère : « c'est toi que je vais piquer. Tu ne me diras pas que tu as peur ? ».

10h 20 mn – Fin de la mise en place du dispositif. L'infirmière cherche à poser le cathéter. Elle demande à Daniel de tendre sa main. Il refuse et croise ses 2 bras. Sa mère essaie de les défaire, mais elle n'y arrive pas. Il pleure et répète sans arrêt « elle va me faire mal, papa ! papa ! Je veux voir papa ; maman, elle va me faire mal. Je vais à la maison ». Devant l'insistance du refus de l'enfant, l'infirmière va dans la salle de soins chercher un de ces collègues hommes.

10h 25 mn – Ce dernier arrive et s'adresse à Daniel avec un ton autoritaire : « hé ! Lève-toi ». L'enfant l'observe et cherche à se réfugier derrière sa mère. C'était sans compter sur la détermination de l'infirmier. Il prend la seringue chargée du quini-max et menace l'enfant : « hé ! Tends ton bras, sinon je vais te piquer dans la bouche avec cette aiguille et tu ne pourras plus manger du poulet que ton papa va amener à la maison le soir ». Devant la menace, Daniel cède. Ainsi, l'infirmière attache un garrot au bras et trouve en un seul essai une veine pour poser le cathéter. L'infirmier avant de retourner dit, avec un certain satisfecit, « Nous, on met en route les enfants gâtés ».

10h 30 mn – L'infirmière en plaçant le perfuseur au cathéter se moque de Daniel : « Tu n'es même pas un homme car pour une injection tout le monde t'as entendu crier ». Pour manifester sa honte, Daniel essaie de cacher son visage.

10h 32 mn – Fin de la pose de la perfusion. Après le départ des agents, il confie à sa

mère : « Maman, je n'aime pas le docteur qui était là tout de suite car il n'est pas gentil ».

Observation, mai 2013.

Chaque jour, lors des soins, plusieurs enfants comme Daniel subissent ces genres de terreurs de la part de certains agents de santé. Cette façon de se comporter envers l'enfant dans le contexte des soins douloureux peut générer deux effets négatifs majeurs. Le premier est relatif à la construction de l'image du soignant par les enfants. À ce sujet on l'a vu avec Daniel que le soignant devient la figure du méchant : « *Maman, je n'aime pas le docteur qui était là tout de suite car il n'est pas gentil.* » Cette figure dévalorisante du soignant en captant l'attention de l'enfant le contraint à ne pas regarder ailleurs. La conception que les enfants ont de l'hôpital comme un lieu hostile peut s'expliquer également par des attitudes de ce genre.

Quand les enfants reviennent à la maison, les adultes utilisent cette expérience douloureuse que l'enfant a vécue à l'hôpital sous forme de chantage pour se faire obéir. Les propos très répandus et couramment utilisés par les adultes du genre « *si tu n'arrêtes pas de faire cela je vais t'emmener à l'hôpital et le « dogotoro »³ va te piquer avec une grosse aiguille* », se situent dans ce cadre. Cette façon d'utiliser les effets qu'engendrent ces gestes sur les enfants sous forme de menaces pour se faire obéir peut, en plus ce que nous avons évoqué plus haut, développer chez l'enfant une phobie des soins.

Pour éviter toutes ces situations, certaines infirmières adoptent des attitudes respectueuses envers les enfants. La relation de soin que M.D., une infirmière, a eu avec Fatou, une fille de 4 ans, devant subir un prélèvement sang, illustre les effets qu'un bon accompagnement de la part d'un adulte peut avoir.

7h 30 mn – Fatou est hospitalisée en pédiatrie IV depuis 3 jours, la veille elle a fait une fièvre, le FFI qui la suit, soupçonne un paludisme et a prescrit une goutte épaisse pour confirmer son hypothèse.

7h 35 mn – Sa mère part au laboratoire pour chercher un tube.

7h 40 mn – à son retour, elle négocie avec M. D., une infirmière venant d'une autre unité, de réaliser le prélèvement de Fatou. À son arrivée, M.D., très souriant,

³Ici, ce mot englobe toutes personnes réalisant des actes biomédicaux (prescriptions, injections, perfusions, opération chirurgicale etc.).



s'approche de la fille établi une relation avec la fille :

M.D. – Il caresse le bras de Fatou et lui pose la question : « Comment t'appelles-tu ? ».

Fatou – « Je m'appelles Fatou »

M.D. – « Très bien, où sont tes parents ? »

Fatou – « Voici ma mère et papa est à la maison ».

M.D. – « Ok, Fatou, je vais te soigner et comme ça tu vas rentrer à la maison pour voir papa ».

Fatou – « D'accord ».

M.D. – Demande à la mère de Fatou de chercher une aiguille épicrânienne en lieu et place de la seringue 5 cc prescrit. La mère envoie un de ces neveux à la pharmacie pour payer l'aiguille.

7h 50 mn – Le neveu revient avec le matériel. M.D. appelle Fatou à venir s'asseoir auprès de lui et de tendre sa main. Elle s'exécute. Il saisit un garrot et attache au niveau du poignet de Fatou et tâte sur le dos de la main pour rendre les veines plus visibles. Ensuite, il prend l'aiguille et dit à Fatou « Je vais te piquer Fatou, mais tu n'auras pas très mal. Si ça te fait mal, tu me diras après, comme ça je vais essayer de faire mieux la prochaine fois. Es-tu d'accord ? »

Elle fait un mouvement de tête, avant, arrière, pour lui signifier qu'elle était d'accord. Ainsi, il enfonce l'aiguille dans une veine et recueille du sang dans le tube, il regarde le niveau du tube et une fois qu'il jugea le niveau bon, il arrête. Il prend un morceau de coton imbibé dans une solution aseptique et le pose sur la partie piquée et retire l'aiguille d'un trait. Puis, il dit à Fatou: tu peux te lever. Bravo, Fatou. Est-ce que ça t'a mal. Non, répond Fatou.

8h 00 mn – M.D., repart avec le prélèvement au laboratoire en laissant Fatou avec sa mère.

Observation, avril 2011.

On le voit, le comportement de cette infirmière contraste avec celui de la plupart de ces collègues. Cette façon d'impliquer les enfants lors des séances d'injection sécurise les gestes. De nombreux pédiatres ont compris l'importance de ce principe,

qui cherche à faire de l'enfant un partenaire de soins (Pédiadol). Ne serait-il pas indiqué que l'on tienne compte de ce principe dans les services de pédiatrie en Afrique afin de mieux réduire la souffrance des soins ? Outre cette sécurisation, elle permet d'atténuer la douleur de l'enfant car « *quand tu dis à quelqu'un que, tu vas le piquer et que cela ne le fera pas mal, tu mets la personne en confiance. Après, c'est à toi de bien t'appliquer pour honorer cet engagement* », Nous a confié M.D.

VI. CONCLUSION

Les résultats de cette recherche montrent que la relation entre enfants-soignants et parents reste toujours complexe à apprécier. Elle varie d'un enfant à un autre, d'un professionnel de santé à un autre. Ce qui fait que si certains professionnels de santé traitent les enfants avec respect, d'autres le considèrent comme un objet de soins.

Si l'on se place du point de vue des auteurs comme Jean Pierre Olivier De Sardan⁴, ayant travaillé beaucoup sur la question, ceux qui traitent les enfants avec respect peuvent être considérés comme des réformateurs sur lesquels on peut s'appuyer pour engager de véritables innovations. Mais ils sont isolés, souvent découragés, et toujours invisibles. C'est la raison pour laquelle il est demandé de chercher activement ces réformateurs afin de les rendre visibles. Leur mise en réseau peut être une voie à explorer.

Le programme ENSPEDIA a déjà compris cela. C'est pourquoi, ce programme a organisé à Dakar, en juillet 2016, des journées scientifiques et des ateliers techniques à l'intention des professionnels de santé et des chercheurs. L'objectif de ces travaux a consisté à former des « référents qualité des soins » autour de l'amélioration de la prise en charge de l'enfant et de la prise en charge de sa douleur et de ses souffrances. »

Deux agents de santé maliens notamment une pédiatre et un médecin ont suivi ces formations en plus des deux anthropologues, travaillant sur ces questions. Sur le plan quantitatif, la formation de deux soignants peut paraître insuffisante pour un pays. Mais, rappelons une fois de plus que l'objectif est, comme cela s'est fait en France, de s'appuyer sur un noyau de soignants pour diffuser les bonnes pratiques en matière de soins infantiles.

BIBLIOGRAPHIE

Bâ, A. H. (1992). Amkoullel, l'enfant Peul. Mémoires. Avignon: Coédition: Actes Sud - Labor - l'Aire.

Carbajal, R., Rousset, A., Danan, C., Coquery, S., Nolent, P., Ducrocq, S., . . . Bréart, G. (2008).

⁴ Sciences critiques. In site : <https://sciences-critiques.fr/jean-pierre-olivier-de-sardan-il-y-a-de-multiples-points-de-vue-ideologiques-sur-le-developpement/>. Accédé le 2 février 2016.



Epidemiology and treatment of painful procedures in neonates in intensive care units. *AMA*, 300 (1), 60-70.

Chombart de Lauwe, M.-I (1979). *Un autre monde : l'enfance*. Paris: Payot.

Guindo, A. (2017), « L'hôpital pour de vrai » : Une ethnographie de l'ordinaire d'un service de pédiatrie à Bamako (Mali), thèse de doctorat d'anthropologie sociale et d'ethnologie, Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS).

Hejoaka, F. (2012). *L'enfant gardien du secret. Vivre et grandir avec le sida et ses traitements à Bobo-Dioulasso (Burkina-Faso)*. Thèse de doctorat d'anthropologie sociale et d'ethnologie, EHESS, Paris.

Ida A. (2016). *Les vécus de l'enfant hospitalisé à Dakar. Une analyse ethnographique des paroles et des interactions dans quelques services de pédiatrie à Dakar*. Thèse de doctorat d'anthropologie sociale et ethnologie, EHESS, Marseille.

Jaffré, Y. (2009). Anthropologie, espaces techniques de soins et réduction de la mortalité maternelle. In Jaffré, Y., Diallo, Y., Vasseur, P. & Grenier-Torres, C. *La Bataille des femmes. Analyse anthropologique de la mortalité maternelle dans quelques services d'obstétrique d'Afrique de l'Ouest*. Édition Faustroll-Descartes, 13-44.

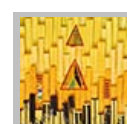
KANE H. (2015), *Négocier la guérison du petit malade. Configurations d'enfance et accessibilité des soins à Nouakchott (Mauritanie)*, thèse de doctorat d'anthropologie sociale et ethnologie, EHESS, Marseille.

Lareau, A. (2003), *Unequal Childhoods: Class, Race and Family Life*, Berkeley, Los Angeles, University Of California Press

Laye, C. (1976). *L'enfant noir*. Paris: Plon.

Raimbault, G. (2011). *L'enfant et la mort. Problème de la clinique du deuil*. Paris: Dunod.

Raimbault, G. 2005. *Qui ne voit que la grâce... Entretiens avec Anna Feissel-Leibovici*, Paris, Payot.



Identification moléculaire du virus de la panachure jaune du riz dans les zones (ON, ODRS)

Salimatou Samake*, Sognan Dao, Bakaye Doumbia, Fassé Samake, Diakaridia Traore et Amadou Hamadoun Babana

Laboratoire de Bactériologie alimentaire Laboratoire National de la Santé Bamako, Mali ; Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

*Auteur correspondant : samake_salimatou@yahoo.fr

RESUME : Le virus de la panachure jaune du riz a été recherché et identifié dans deux zones rizicoles au Mali: Office du Niger (ON) et Office du Développement Rural de Sélingué (ODRS). Quarante-trois (43) échantillons de feuilles de riz supposées être infectées par le virus de la panachure jaune du riz (RYMV) ont été prélevés dans cinq (5) localités des zones de l'Office du Niger et de l'Office du Développement Rural de Sélingué. Les virus isolés ont été identifiés par Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) avec la paire d'amorces Prymv. Les fragments ADNc obtenus ont été séquencés. Au total vingt-six (26) isolats de RYMV ont été obtenus. Le séquençage des produits de RT-PCR a montré une variabilité nucléotidique regroupant les isolats en trois (3) groupes distincts I, II, III. Les distances génétiques observées ont montré un lien avec les distances géographiques entre isolats du virus de la panachure jaune. Le groupe génétique I a été formé par 85% des isolats, répartis entre deux sous-groupes I₁ et I₂. Les groupes II et III ont été formés respectivement d'isolats de la zone de l'Office du Développement Rural de Sélingué et de la zone Office du Niger (Moussa-wèrè). Les résultats obtenus dans cette étude constituent des données de base pour suivre l'évolution de la diversité génétique du virus de la panachure jaune du riz à l'échelle des deux zones rizicoles du Mali.

Mots clés : Etude, Moléculaire, RYMV, Mali.

I. INTRODUCTION

La panachure jaune du riz est une maladie causée par un virus du groupe des sobemovirus (Hull and Fargette, 2005) et est endémique au seul continent Africain (IRD, 2014). Cette maladie apparaît presque dans tous les périmètres de riziculture irriguée situés au sud du Sahara (APCAM, 2004). Elle est la maladie la plus dommageable à la culture du riz en Afrique (IRD, 2014 ; Séré *et al.*, 2013) avec des infections sévères surtout en riziculture irriguée (ADRAO, 2000). Au Mali, l'apparition des premiers symptômes de la maladie remonte en 1991 à la Station de Recherche Agronomique de Kogoni sur la variété IET 2911 et à l'Office du Niger (ON) dans le secteur de Niono sur la variété BG 90-2 (Anonymes, 1992). L'incidence de la maladie a atteint des records de 64 à 100 % dans la zone Office du Niger (ADRAO, 2000) et de 25 à 80% à Sélingué (ODRS) selon la date de l'infection et la sensibilité des cultivars de riz (APCAM, 2004). Presque tous les cultivars de riz sont sensibles au virus (APCAM, 2004). Pour lutter contre la maladie, plusieurs méthodes ont été proposées, entre autre, l'amélioration de certaines pratiques agricoles, comme le repiquage des plants, l'élimination du riz sauvage et des graminées, qui sont des réservoirs pouvant influencer la prévalence du virus dans les champs (Poulicard *et al.*, 2017; Alkali *et al.*, 2017), l'application des produits chimiques (Traoré *et al.*, 2008; Kaboré, 2015), aussi l'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes à la maladie (IRD, 2006). Cette dernière est la plus convenable pour certains

chercheurs (IRD, 2017; Hébrard *et al.*, 2017). Quelques variétés ont montré une résistance naturelle comme Gigante (*Oryza sativa*) et la série Tog (*Oryza glaberrima*) (Ndjondjop *et al.*, 1999; Thottappilly & Rossell, 1993). Trois gènes sont à l'origine de cette résistance rymv1-2 (*Oryza sativa*) rymv1-3 et rymv1-4 (*Oryza glaberrima*) (Thiemele *et al.*, 2010). Ainsi, d'autres variétés résistantes ont été développées telles que : Morobérékan, Faro 11 et IR47686-15-1-1 (Soko *et al.*, 2015; Amancho *et al.*, 2009), WITA9 et WAT316 (Michel *et al.*, 2008) et ont montré une sensibilité à certains isolats de virus. L'émergence de pathotypes virulents capables de surmonter un ou deux allèles de résistance s'est souvent produite (Hébrard *et al.*, 2017 ; Pidon *et al.*, 2017; Pinel-Galzi *et al.*, 2016). Un pathotype hypervirulent a d'ailleurs été découvert par Hébrard *et al.* (2017) en Afrique de l'Ouest et du centre. La connaissance et la cartographie de la diversité virale constituent des éléments essentiels pour la maîtrise de la maladie. Quelques études ont été déjà effectuées sur la diversité à l'échelle du continent Africain : Une étude de distribution spatiale des souches et des lignées de RYMV dans toute l'Afrique (Pinel-Galzi *et al.*, 2015; Trovão *et al.*, 2015 ; Hubert *et al.*, 2017 ; Longue *et al.*, 2017) a été réalisée. Au Mali, il existe très peu d'informations sur la diversité du virus de la panachure jaune du riz qui y sévit il y a plus de trente (30) ans. La RT-PCR et le séquençage sont des outils plus appropriés pour l'identification et l'étude de la variabilité génétique du virus de la panachure jaune du riz, car le RYMV est un virus à ARN. Ainsi nous nous sommes fixés



pour objectif d'identifier le virus de la panachure jaune du riz et étudier leur variabilité dans les zones ON et ODRS

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été mené dans la zone Office du Niger (Niono 7, Niono Koyan N'pèguèna et Moussa Wèrè) et Office du Développement Rural de Sélingué (Selingué). Au total, quarante-trois (43) échantillons de feuilles de riz supposés être infectés par le virus de la panachure jaune ont été prélevés, 19 à Niono7, 18 à Moussa-Wèrè, 1 à Niono-Koyan, 2 à N'pèguèna et 3 à Sélingué. Les échantillons ont été prélevés au niveau des 4 angles et au centre de chaque parcelle infectées, mis en sachet, étiquetés et conservés dans de la glace pour les analyses de diversité génétique au laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université (USTTB).

2.2. Identification du virus de la panachure jaune par RT-PCR

2.2.1. Extraction de l'ARN Viral total

L'ARN total de chacun des échantillons de feuilles de riz supposées malades a été extrait en utilisant le Kit Qiagen RNeasy Mini Kit Cat. No. 74104. La concentration de chaque extrait d'ARN a été mesurée en ng/μl à l'aide Biophotometer Eppendorf.

2.2.2. Amplification par RT-PCR

Chaque échantillon d'ARN viral total a été amplifié par RT-PCR (Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction) en utilisant la paire d'amorces spécifiques PRymv-F: 5'-CCCGCAGGACCATACTAACGA -3', PRymv-R: 5'-GGGCTTCGTCACCTCTAGC -3' et les réactifs du Kit Access RT-PCR System Cat. A1250. Le mélange a été réparti dans des tubes PCR (Flat Cap 0.2ml BIOLOGIX) avec un contrôle négatif (mixte sans ARN) et introduit dans le thermocycleur Applied Biosystems programmé comme suit :

reverse-transcription à 48°C pour 45mn, inactivation de la RT à 94°C pour 2mn, dénaturation à 94°C pour 30s, hybridation à 61°C pour 1mn, élongation 68°C pour 2mn, extension finale à 68°C pour 7mn et 4°C pour toujours. Les étapes de dénaturation, d'hybridation et d'élongation ont été refaites 45 fois.

2.2.3. Electrophorèse des produits amplifiés

Les produits de RT-PCR ont été séparés sur gel d'Agarose D1 Low EEO 2% (w/v). Ce gel a été préparé à l'aide d'une solution de TBE (Tris, Borate, EDTA), mélangé avec 30μl de 10% Bromure d'éthidium (1mg/ml). Les produits sur gel ont été visualisés sous rayons Ultra-Violet (UV) puis photographiés avec l'appareil Gel Documentation System E-BoX.

2.2.4. Séquençage

Tous les échantillons positifs à la RT-PCR ont été envoyés à inqaba biotec (Afrique du Sud) pour le séquençage.

III. ANALYSE DES DONNEES

La taille des fragments d'ADNc amplifiés a été déterminée en paire de base (pb) avec le logiciel E-cap par comparaison avec le marqueur standard 50pb DNA Step Ladder Cat.#. L'alignement des séquences a été effectué avec le logiciel MEGA.7. Les séquences d'ADNc alignées ont été traduites en séquences d'acides aminés, ces dernières ont permis de construire l'arbre phylogénétique avec le même logiciel MEGA.7.

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

La RT-PCR des quarante-trois (43) échantillons de feuilles de riz suspectées malades a montré que vingt-six (26) échantillons soit plus de 60% se sont avérés. Tous les vingt-six (26) isolats ont présenté un seul profil de migration composé d'une seule bande d'environ 250pb avec Prymv (Figure 1). Ce profil correspond à un seul génotype du virus de la panachure jaune.

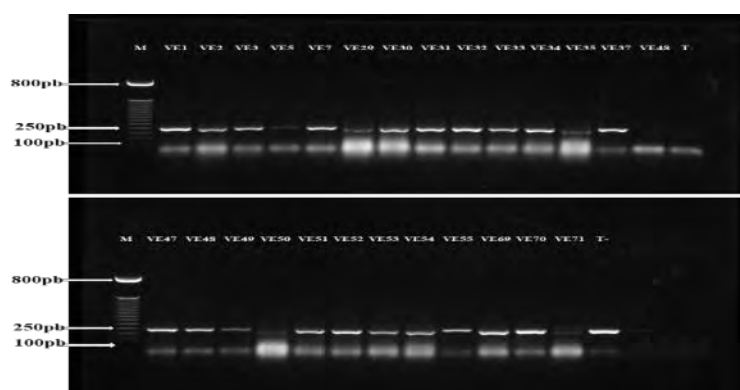
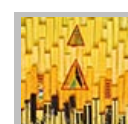


Figure 1. Profils migratoires des produits de RT-PCR des isolats RYMV avec l'amorce Prymv.



Les variétés hôtes, les localités et les zones rizicoles de chaque isolat sont consignées dans le tableau 1. Cinquante-huit pourcent soit 23 échantillons de la zone de l'Office du Niger ainsi que les 3 échantillons

de l'Office de Développement Rural de Sélingué étaient positifs. La maladie a été signalée depuis les années 1992 ; rapportée par l'ADRAO (2000) et l'APCAM (2004).

Tableau 1. Liste des échantillons positifs à la RT-PCR

Noms des échantillons	Variétés hôtes	Localités	Zones de prélèvement
VE1	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE2	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE3	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE5	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE7	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE29	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE30	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE31	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE32	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE33	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE34	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE35	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE37	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE38	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE47	Kogoni 91-1	Niono 7	ON
VE48	Wassa	Moussa wère	ON
VE49	Wassa	Moussa wère	ON
VE50	Wassa	Moussa wère	ON
VE51	Wassa	Moussa wère	ON
VE52	Wassa	Moussa wère	ON
VE53	Oryza longistminata	Moussa wère	ON
VE54	Wassa	Moussa wère	ON
VE55	Wassa	Moussa wère	ON
VE69	Wassa (IER)	Sélingué	ODRS
VE70	Adny 11	Sélingué	ODRS
VE71	Wassa	Sélingué	ODRS

ON : Office du Niger ; ODRS : Office du Développement Rural de Sélingué

Ces informations indiquent la persistance de la maladie dans ces différentes zones de riziculture depuis environ trente (30) ans. Le nombre de groupe révélé dans cette étude est similaire à celui de Séré et al. (2005) qui, à partir des analyses sérologiques, ont trouvé que des isolats prélevés au Mali étaient repartis en trois groupes. Cependant N'Guessan et al. (2001) qui ont travaillé sur 9 isolats du Mali par la caractérisation immunologique et moléculaire et ont identifié deux groupes génétiques. De même, Onasanaya et al. (2006) ont révélé l'existence de deux groupes pathogéniques sur 10 souches de RYMV au Mali par criblage en serre. Ailleurs, Alkali et al. (2015) ainsi que Issaka et al. (2012) ont révélé par sérologie respectivement trois groupes au

nord du Nigeria et deux au Niger. Les isolats de la République Centrafricaine ont été classés en trois profils pathogéniques distincts par inoculation mécanique de six cultivars de riz (Longue et al., 2018). Ainsi, ces différents groupes sont relatifs aux protéines impliquées dans le mécanisme de « silencing » permettant de contourner le système de défense de la plante (Séré et al., 2009). Ces informations notifient une variabilité intra et inter-régionale du RYMV. Les résultats du séquençage des produits de la RT-PCR ont montré une grande variabilité nucléotidique du gène de la protéine de l'enveloppe des isolats (Figure 2). L'ordre de succession des nucléotides a permis de connaître plus la diversité génétique des isolats.



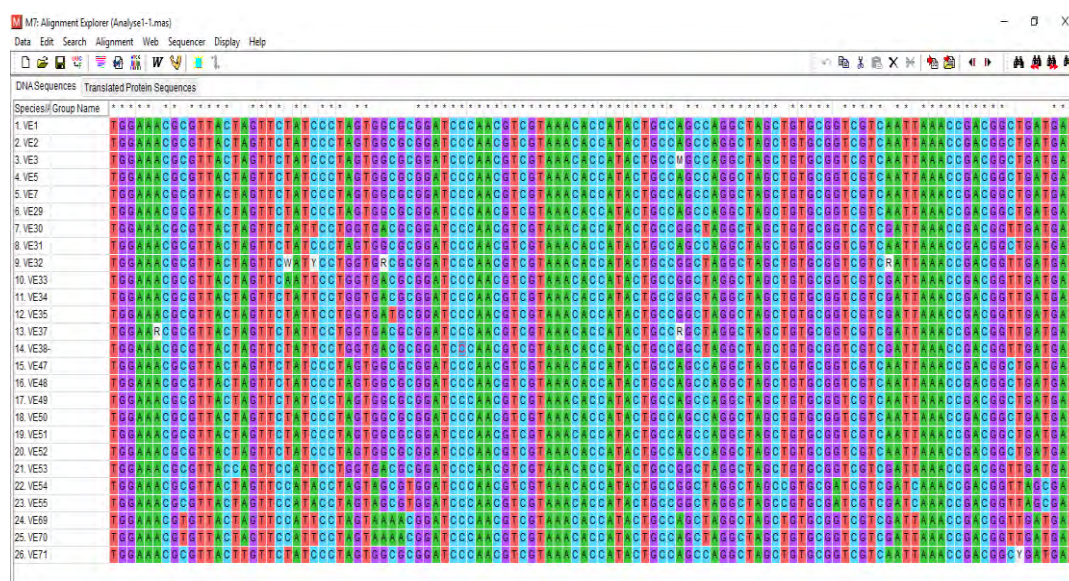


Figure 2. Alignement partiel des séquences d'ADNc des différents isolats de virus de la panachure jaune du riz provenant de l'Office du Niger (VE1 à VE55) et l'Office de Développement Rural de Sélingué (VE69 à VE71).

Trois (3) groupes (I, II, III) ont été obtenus (figure 3) et ont été trouvés dans les écologies de riz des trois localités des zones Office du Niger et Office de Développement Rural de Sélingué au Mali. Le groupe I provient des parcelles de riz de la zone Office du Niger (Niono7, Moussa-Wèrè) et de celles de la zone Office du Développement Rural de Sélingué (Sélingué). Ce groupe a constitué 95% des isolats de la zone Office du Niger et de 8% de l'ensemble des isolats. Tous les isolats de la localité Niono 7 ont été classés dans le groupe I, qui est composé de deux grappes I1 et I2. Adego et al. (2017) ont montré la diversité des isolats au sein d'un même groupe S4 dans la partie Ouest du Kenya par la sérologie et par typage moléculaire. Les groupes II et III ont été identifiés respectivement à Sélingué (Office du Développement Rural de Sélingué) et à Moussa Wèrè (Office du Niger). Aucun virus n'a été détecté sur les échantillons de N'pèguèna et de Koyan. Les résultats ont montré que les isolats sont diversifiés aussi bien génétiquement que sur le plan répartition en fonction des localités. Aboubakar et al. (2003) ont rapporté l'existence de relations entre les distances génétiques et géographiques des souches de virus de la panachure jaune. Les trois isolats de Sélingué situé à 395 Km de la zone Office du Niger ont montré une dissemblance génétique par rapport à tous les isolats.

Cependant, un isolat (VE43) a été classé dans le groupe I et les deux autres (VE41 et VE42) ont formé le groupe II (Figure 3). Plus la distance géographique est grande, plus la distance génétique est élevée

e (Boubacar et al., 2003). La classification du virus en fonction de la nature des protéines prédit la complexité de sa lutte. Grâce à de fréquentes mutations génétiques, les micro-organismes sont dotés de la capacité à évoluer et à s'adapter à de nouveaux environnements, ce qui est propice à leur émergence à tout moment. (Herzog, 2016). Ils peuvent ainsi devenir plus virulents ou plus contagieux (Herzog, 2016; Hubert et al., 2017). Des pathotypes virulents capables de surmonter un ou deux allèles de résistance ont été d'ailleurs signalés (Longue et al., 2018; Hébrard et al., 2017; Pidon et al., 2017; Pinel-Galzi et al., 2016). N'Guessan et al. (2001) ont obtenu deux souches de RYMV à 6% de divergence dans la séquence nucléotidique du gène de la capsid sans différence de pathogénicité. Les connaissances sur la diversité génétique du RYMV reposent sur un nombre limité de séquences protéiques de l'enveloppe (Hubert et al., 2017). Les résultats obtenus dans la présente étude constituent des informations de base pour suivre l'évolution de la diversité génétique du virus de la panachure jaune dans les zones de rizicultures au Mali.



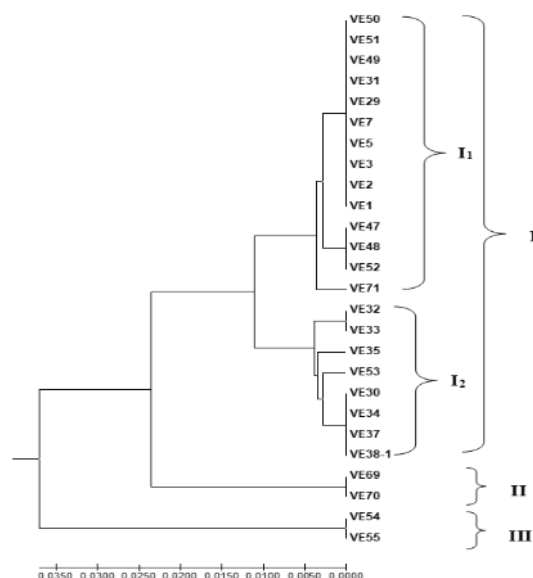


Figure 3. Dendrogramme des 26 isolats de virus selon méthode UPGMA en fonction des similarités des nucléotides.

V. CONCLUSION

La panachure jaune du riz sévit encore au Mali (Office du Niger et Office de Développement Rural de Sélingué). La présente étude a montré une diversité génétique au sein du virus. La variabilité génétique est proportionnelle à la distance géographique. Ce qui montre la complexité de la lutte contre la maladie. Les groupes II et III ont été spécifiques respectivement aux localités de Sélingué dans la zone de l'ODRS et de Moussa-wèrè dans la zone ON. La connaissance de la diversité génétique du RYMV en fonction des zones contribuera en grande partie à une bonne maîtrise de la maladie. Les résultats sur la variabilité de la séquence du gène de la capsid du RYMV est un bon départ pour une création de base de données pour les RYMV au Mali avec comme objectif la mise en place d'un programme de contrôle de la maladie.

REFERENCES

- Abubakar Z, Ali F, Pinel A, Traore O, N'Guessan P, Notteghem JL, Kimmins F, Konate G Fargette D (2003). Phylogeography of Rice yellow mottle virus in Africa. *Journal of General Virology*, 84, 733-743. DOI 10.1099/vir.0.18759-0
- Adego, A. K., Were, H. K., Muoma, J., Mukoye, B., Hebrard, E., Poulicard, N., & Fargette, D. (2017). Current Status of Rice Yellow Mottle Disease in Mottle Disease in Western Kenya. *Researchjournal's Journal of Agriculture* 4 (9), P 1-12
- ADRAO (2000) : le virus de la panachure jaune du riz; Rapport annuel ADRAO. P 27-37
- Alkali G, Alegbejo MD, Kashina BD, Banwo OO (2017). Rice Yellow Mottle Sobomovirus: A

Limiting Factor in Rice Production in Africa. *FUT Trends in Science & Technology Journal*, Vol. 2 No. 2 pp. 655 – 664. www.ftstjournal.com

Alkali G, Alegbejo MD, Kashina BD, Banwo OO (2015). Analysis of serological variability and hierarchical distribution of rice yellow mottle sobomovirus isolates in northern Nigeria. *International Letters of Natural Sciences*, 37. ISSN: 2300-9675, Vol. 37, pp 1-9. doi:10.18052/www.scipress.com/ILNS.37.1

Amancho NA, Kouassi NK, Diallo HA, Bouet A, Sangare A, Kouadio JY (2009). The Report of Highly Resistance-breaking isolates of Rice yellow mottle virus in Cote d'Ivoire. *African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3 (1), 44-50.

Anonymes (1992). Rapports analytiques Programme Riz Irrigué IERICRRANionon-MALI. P 155.

APCAM (2004) Bulletin semestriel d'information et de liaison du réseau Riz. P 12.

Awoderu VA (1991). Rice yellow mottle virus in West Africa. *Tropical Pest Management*. 37(4), 356-362.

Hébrard E, Pinel-Galzi A, Oludare A, Poulicard N, Aribi J, Fabre S, Silué D (2017). Identification of a hypervirulent pathotype of Rice yellow mottle virus: A threat to genetic resistance deployment in West-Central Africa. *Phytopathology*, Page 299-307. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-17-0190-R>

Herzog J. (2016). Les virus émergents : présentation du virus de Schmallenberg découvert chez des animaux d'élevage et analyse de sa progression en



Europe et en France. Un exemple de réussite émergente. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. P 1-28.-151

Hull S, Fargette D (2005). Sobemovirus. In *Virus Taxonomy: Eighth report of the international committee on taxonomy of viruses*. Pages 885–890. Elsevier.

Hubert J, Lyimo H J, Luzi-Kihupi A (2017). Geographical variation, distribution and diversity of Rice yellow mottle virus phylotypes in Tanzania. *American Journal of Plant Sciences*, 8(06), 1264.

DOI: 10.4236/ajps.2017.86084

IRD (2014). Le virus de la panachure jaune du riz: Diversité, Pathogénie, Evaluation et Déploiement de variétés de riz résistantes à ce pathogène LMI Pathobios Observatoire des agents phytopathogènes en Afrique de l'ouest.

IRD (2006): Découverte du 1er gène de résistance au virus de la panachure jaune chez le riz. Fiche Actualité Scientifique No 247 Août 2006

IRD (2017) Menace sur le riz africain. Actualité Scientifique.p1 <http://www.ird.fr/toute-l-actualite/actualites-scientifiques/menace-sur-le-riz-africain>

Issaka S, Onasanya A, Basso A, Shoro F, Haougui A, Sido AY, Ake S, Fargette D, Sere Y (2012). Existence of several pathotypes among Rice yellow mottle virus (RYMV) isolates collected in Niger Republic. *Trends in Applied Sciences Research*, 7(1), 32-45. DOI:10.3923/tasr.2012.3245.

Kabore E (2015). Role des Petits ARNs et Expression des Principaux gènes de la voie du Silencing au cours de l'infection du Virus de la Panachure Jaune du Riz (RYMV). Master II de Biologie Moléculaire et de Génétique Moléculaire Appliquées P13.

Longue RDS, Traore V S E, Zinga I, Asante MD, Bouda Z, Neya JB, Traore O (2018). Pathogenicity of rice yellow mottle virus and screening of rice accessions from the Central African Republic. *Virology journal*, 15(1), 6.

DOI 10.1186/s12985-017-0912-4

Longue S R D, Pinel-Galzi A, Zinga I, Semballa S, Fargette D, Barro N (2017). Genetic diversity and molecular epidemiology of Rice yellow mottle virus in Central African Republic. *Int. J. Virol*, 13, 80-89. DOI: 10.3923/ijv.2017.80.89

Michel Z, Hilaire KT, Mongomaké K, Souley I (2008). Screening rice (*Oryza sativa* L.) var



Flore fongique dans différents aliments du bétail de la zone périurbaine de Bamako, conditions de production des aflatoxines et essais de détoxification

Ousmane Diarra^{1,2*}, Amadou Hamadoun Babana², Fassé Samake^{1,2}, Kadia Maiga¹, Mahamadou Diarra¹, Atia Traore¹, Saidou Timbine¹, Djeneba Ouattara¹, Djeneba Nantoume¹, Ibrahim Malle¹ et Adougnia Kassogue¹

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

²Institut des Sciences Appliquées, Bamako, Mali

*Auteur correspondant : diarraousmane758@gmail.com

RESUME: Au Mali, dans l'élevage, l'aliment semble être la principale contrainte. En fait, la contamination des aliments pour animaux par les mycotoxines est courante et largement répandue en Afrique de l'Ouest. En raison de leur omniprésence, les moisissures productrices de mycotoxines sont capables de réduire la valeur nutritionnelle des aliments bétails en élaborant plusieurs mycotoxines. Les aliments bétails contaminés par des mycotoxines ont des effets néfastes sur la santé et la productivité des animaux. De plus, les mycotoxines peuvent être transférées dans la viande et le lait lorsque les animaux sont nourris avec des aliments contaminés. Quarante-deux (42) échantillons d'aliments destinés à l'alimentation des animaux sur les quatre axes alimentant Bamako en produits animaux ont été prélevés au hasard et analysés pour déterminer leur flore fongique, l'incidence naturelle des mycotoxines et proposer une méthode de détoxification. L'étude de la mycoflore des aliments bétails a montré que la concentration des champignons varie entre $0,2.10^5$ et $29,23.10^5$ UFC/g MS. Dix genres de moisissures ont été identifiés, dont six connus pour être mycotoxigènes. Plus de 17 espèces ont été déterminées. Des fumonisines, du désoxynivalénol et de la zéaralénone ont été détectés dans tous les échantillons, tandis que les aflatoxines n'ont été détectées que dans 23 échantillons sur les 42 prélevés. Les propriétés fongostatiques et fongicides de la bactérie OP6, OP1 et LTP2 ont été démontrées. Les bactéries et leurs extraits ont été utilisés pour inhiber la croissance et la détoxification en aflatoxines produites par la souche isolée. Cette croissance a été inhibée de 65 % par la bactérie OP6. La même souche bactérienne a également détoxifié de 17, 29%, la bactérie OP1 5,05% et LTP2 de 9,49%. Cette étude indique la nécessité d'une évaluation continue de l'état mycologique de la production d'aliments pour animaux afin de garantir la sécurité des aliments.

Mots-clés: Aliments bétails, Contamination, Mycotoxine, Détoxification, Lait, Viande.

I. INTRODUCTION

Le cheptel malien est estimé à 9 721 328 bovins, 13 081 448 ovins et 18 216 005 caprins [1]. L'alimentation apparaît comme la contrainte majeure au développement des productions animales au Mali [2]. La contamination fongique des denrées alimentaires peut causer la dépréciation de leur valeur nutritionnelle ainsi que la détérioration de leurs qualités organoleptiques. La présence de souches toxigènes de moisissures et des conditions environnementales favorables, peuvent favoriser la synthèse et l'accumulation de mycotoxines [3]. La qualité de l'aliment bétail et sa disponibilité auprès des revendeurs peuvent constituer un frein au développement d'un élevage de qualité et être sources d'énormes problèmes alimentaires et nutritionnels [1]. Si les produits animaux constituent un apport lipidique, protéique et glucidique fort appréciable dans l'alimentation, leur consommation et celle de ses produits dérivés pourrait revêtir des conséquences pathologiques non moins négligeables pour l'homme et le bétail en cas de contamination avec les toxines. Ces substances peuvent occasionner aussi des effets mutagènes, tératogènes, immunosuppresseurs, allergiques, oestrogéniques, nécrosants, neurotoxiques et

néphrotoxiques [4]. En Afrique les études sur les aflatoxines ont commencé aux environs des années 1970 [5]. Depuis, plusieurs études ont été faites en Afrique de l'Est [6], en Afrique Australe [7], en Afrique du Sud [8], en Afrique Occidentale [9] et Centrale [10]. Ces différentes études ont montré la présence des aflatoxines dans plusieurs denrées alimentaires et leurs impacts sur l'agriculture, l'économie et la santé publique. De ces différentes études, nous citons, celle menée par [11] qui a montré une présence simultanée des *Aspergillus* et l'aflatoxine dans les échantillons d'arachide provenant de la commune rurale de Dafèla dans le cercle de Kita. Si l'arachide rentre largement dans l'alimentation humaine et animale, les produits animaux n'en demeurent pas moins car ils constituent une très importante source dans l'alimentation humaine. En effet, les travaux de recherche réalisés dans ce domaine au Mali sont dirigés vers l'analyse de la teneur et la présence des Aflatoxines dans des échantillons d'aliments et produits finis. Par contre, des recherches sur l'estimation de la flore fongique présente dans les aliments du bétail et l'évaluation à l'exposition de la population Malienne aux mycotoxines n'ont pas été encore menées jusqu'au moment. Le présent



travail consiste à rechercher et à identifier les espèces toxigènes présentes dans les aliments du bétail, analysé dans les conditions *in vitro* le potentiel de production d'aflatoxines de ces isolats potentiellement toxigènes et d'évaluer les niveaux de contamination des aliments du bétail par ces mycotoxines.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Collecte d'information

Les informations ont été obtenues suites à la réalisation d'une étude de prospection, d'une enquête de terrain et d'essais au laboratoire.

Quatre axes routiers de ravitaillement de la ville de Bamako ont été choisis. Il s'agit des axes : Bamako-Koulikoro (Axe 1), Bamako- Ségou (Axe 2), Bamako- Ouelessebouyou (Axe 3) et Bamako-Bancoumana (Axe 4).

La ville de Bamako bénéficie d'un climat tropical

2.2 Etude de prospection

Les unités de collecte de lait sur les différents axes ont été utilisées pour avoir la liste complète des fermes dans les différentes localités. Il s'agit des fermes qui fournissent ces unités en produits animaux notamment le lait. Au total, 97 fermes ont été retenues repartis comme suite :

Axe 1 : Bamako-Koulikoro : 36 fermes

Axe 2 : Bamako- Ségou : 23 fermes

Axe 3 : Bamako- Ouelessebouyou : 10 fermes

Bamako- Bancoumana : 28 fermes mois

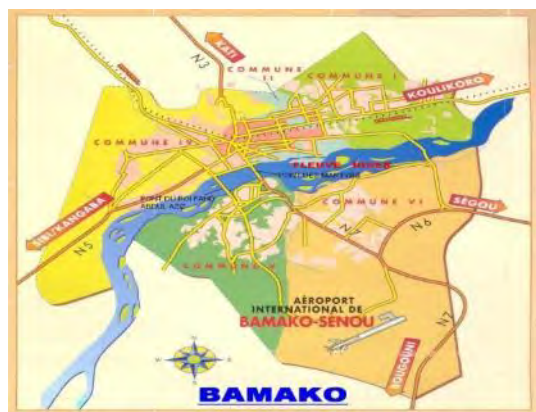


Figure1. Carte montrant les différents axes (<http://www.mapnall.com> (18/05/2018 à 17h48)).

2.3 Echantillonnage et analyses de laboratoire

2.3.1 Echantillonnage

Dans cette étude, des aliments du bétail ont été utilisés comme matériel biologique. Les échantillons étaient composés essentiellement du maïs, riz, du son de blé, du sorgho et du mil, des protéines animales et des produits céréaliers stockés dans les magasins ou sous des hangars; ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique de laboratoire, homogénéisés et divisés en lots de 1 kg. Pour l'examen mycologique, les échantillons d'aliments

ont été immédiatement analysés à leur arrivée. Les échantillons d'aliments destinés à l'analyse des mycotoxines ont été stockés à -20° C.

Tableau 1. Aliments bétail prélevés sur les différents axes.

AXE	Type d'aliment	Effectif
Bamako-Koulikoro	Son de Guinée	09
	Tourteau de coton	14
	Son de riz	03
	Son de maïs	06
	Son de mil	03
	Son de blé	01
Bamako - Segou	Son de Guinée	08
	Tourteau de coton	04
	Son de riz	01
	Son de maïs	05
	Son de mil	03
	Son de blé	02
Bamako - Sikasso	Son de Guinée	03
	Tourteau de coton	03
	Son de riz	01
	Son de maïs	01
	Son de mil	01
	Son de blé	01
Bamako - Bancoumana	Son de Guinée	10
	Tourteau de coton	06
	Son de riz	02
	Son de maïs	06
	Son de mil	02
	Son de blé	02

2.3.2. Méthodes d'analyse

2.3.2.1. Dénombrement et isolement des champignons

Pour le dénombrement et l'isolement des champignons dans les échantillons d'aliments bétails, la méthode de numération sur milieu solide a été utilisée dans cette étude. Pour cela, dix grammes de chaque échantillon d'aliment bétails homogénéisé, ont été mélangés avec 90 ml de solution de dilution contenant du tween 80 à 0,1% et agités sur un agitateur pendant 20 minutes. Après ce traitement, des dilutions décimales ont été réalisées, et 1 ml de chaque dilution a été ensemencé sur chacun des trois milieux suivants: gélose au chloramphénicol (GCDRB) au dichloran et au rose Bengale. Ce milieu ralentit le développement des moisissures envahissantes tels que ceux des genres *Mucor* et *Rhizopus* et permet d'isoler celle appartenant aux genres *Penicillium*, *Aspergillus* et



Fusarium. Du fait d'une base nutritive très riche et en dépit d'une teneur élevée en antibiotiques, la croissance des germes désirés est relativement abondante. La gélose Dextrose de la pomme de terre (PDA), a été utilisée pour la croissance, l'identification morphologique des principaux genres et espèces fongiques ainsi que la production de mycotoxines. La gélose (MEA), milieu utilisé pour la croissance, l'identification morphologique des principaux genres et espèces fongiques ainsi que dans l'analyse de production des aflatoxines du groupe B; et Pour isoler sélectivement les espèces de *Fusarium*, la gélose peptone Dichloran Chloramphenicol (DCPA) a été utilisée et les boîtes ont été incubées sous 12 heures de lumière: 12 heures de photopériode d'obscurité, à 25 ° C pendant 7 jours. Les boîtes contenant 15 à 300 colonies ont été comptées et les résultats ont été exprimés en unités formant colonies par gramme d'échantillon (UFC / g). Des colonies représentatives de chaque type ont été purifiées en les repiquant sur la gélose PDA. Les champignons filamenteux ont été identifiés au niveau du genre en fonction de critères macroscopiques et microscopiques conformément à la méthode de [11]. Les isolats fongiques ont été identifiés au niveau des espèces et la fréquence d'identification (Fr), la densité relative (RD) du genre / espèce ont été calculées par formule rapportée par [12].

$$N = (\Sigma \text{colonies}) / (V \text{ml} \cdot (n_1 + 0,1n_2) \cdot d_1)$$

N : Nombre d'UFC par gramme d'aliments ;

Σ colonies: Somme des colonies des boîtes interprétables;

V: Volume de solution utilisée (1ml);

n1 : Nombre de boîtes de la première dilution retenue;

n2: Nombre de boîtes de la seconde dilution retenue;

d1 : Facteur de la première dilution retenue.

FR% = (Nombre d'échantillons avec un genre ou une espèce) / (Nombre d'échantillons) X100

RD% = (Nombre d'isolats d'un genre ou d'une espèce) / (Nombre total de champignons isolés) X100

2.3.2.2. Extraction et dosage des mycotoxines

Pour évaluer la présence de mycotoxines, des échantillons d'aliments ont été prélevés et soumis à une analyse quantitative à l'aide d'ELISA trousses d'analyse pour l'aflatoxine (AF), la désoxynivalénol (DON), la zéaralénone (ZEA) et la Fumonisine (Fum) de RIDASCREEN FAST, R-Biopharm AG. Les procédures d'extraction ont été conformes aux protocoles de R-Biopharm AG. En bref, 5 g d'échantillon broyé ont été extraits avec 10 ml de méthanol à 70% pour les aflatoxines, la ZEA. Pour le DON, des échantillons ont été extraits avec 12,5 ml de méthanol à 70% ou 100 ml de l'eau. Après, les échantillons ont été secoués vigoureusement pendant 3 minutes et les extraits filtrés à travers le papier Whatman. Ensuite, les aflatoxines, le DON et les

filtrats de ZEA ont été dilués avec de l'eau distillée dans le rapport 1: 1. Cent µL du filtrat dilué par cassette de Rida quick scan a été utilisé pour les tests [13].

2.3.2.3. Potentiel toxicogène des souches isolées

Les isolats sont cultivés sur des milieux de production d'aflatoxine milieu AFPA et 25°C pendant 7 jours. Il s'agit des souches *Aspergillus flavus*, et *Aspergillus niger* (Témoin). Les toxines Aflatoxines (AF) sont mises en évidence à travers le revers des boîtes. La gélose AFPA basée sur la formule de [11] est recommandée pour la détection rapide et la numération des 2 espèces d'*Aspergillus flavus* et *parasiticus* qui sont des producteurs potentiels d'aflatoxines.

2.4. La lutte biologique

2.4.1. Sélection des souches bactériennes antagonistes

2.4.1.1. Sélection des bactéries à forte activité antifongiques sur milieu solide

Les souches bactériennes sont cultivées sur le milieu PDA solide en confrontation direct avec l'*Aspergillus flavus*. Cette technique consiste à placer, dans la même boîte de Pétri contenant le milieu PDA appropriée, deux disques gélosés (0,9 cm de diamètre), l'une portant l'antagoniste et l'autre l'*Aspergillus flavus* (Figure 2). Les deux pastilles ont été placées suivant un axe diamétral à 3 cm et à équidistance du centre de la boîte. Toutes les combinaisons entre l'agent antagoniste et l'agent pathogène ont été répétées 3 fois. Les repiquages ont été effectués en même temps au repiquage de témoin (repiquage d'*Aspergillus flavus* sans antagoniste).

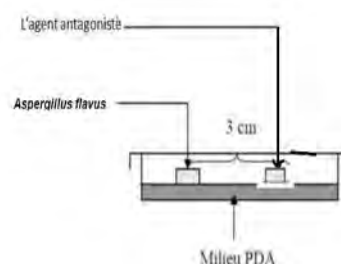


Figure 2. Confrontation entre l'*Aspergillus flavus* et l'agent antagoniste par contact direct sur milieu solide.

Pourcentage d'inhibition :

La lecture des résultats consiste à mesurer la distance effectuée par l'*Aspergillus flavus* en direction de l'antagoniste aux septièmes jours après l'incubation et qui sera comparée à celle effectuée par l'*Aspergillus flavus* uniquement. Le taux d'inhibition de l'*Aspergillus flavus* testé a été évalué par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de l'*Aspergillus flavus* selon la formule proposée par [14] :



$$IC\% = (DT - DPA / DT) \times 100$$

DT : Croissance diamétrale du témoin.

DPA : Croissance diamétrale mycélienne d'*Aspergillus* en présence de l'antagoniste.

IC% : Inhibition de la croissance en pourcentage

2.4.1.2. Sélection des bactéries à forte activité antifongiques sur milieu liquide

Les souches bactériennes sont cultivées sur le milieu PDA liquide en confrontation direct avec l'*Aspergillus flavus*. Cette technique consiste à déposer, dans les microplaques contenant le milieu PDA appropriée, les deux souches dans les mêmes puits (l'antagoniste et l'*Aspergillus flavus*). Toutes les combinaisons entre l'agent antagoniste et l'agent pathogène ont été répétées 3 fois. Les repiquages ont été effectués en même temps au repiquage de témoins (repiquage d'*Aspergillus flavus* sans antagoniste et milieu seul dans la microplaque). Après sept jours d'incubation la révélation a été effectuée en ajoutant le Tetrazolium [15]. Il est capable de réduire rapidement le chlorure de triphényl tétrazolum (TTC) donnant des Colonies.

2.4.1.3. Détermination de la cinétique de croissance des souches bactériennes antagonistes sélectionnées

La vitesse de croissance des trois souches bactériennes antagonistes a été déterminée dans des microplaques contenant le milieu PDA préalablement quantifié et calibré. Une colonie bactérienne a été suspendue dans de l'eau physiologique stérile et repartie dans les conditions d'asepsie dans les puits des microplaques contenant le milieu PDA liquide aux pH 5, 7 et 8,5 et incubé aux températures 25°C et 37°C pendant 7 jours. L'évolution de la Biomasse Bactérienne a été quantifiée par la mesure de la densité optique des différents puits contenant les souches OP6, OP1 et LTP2 par des mesures 18h, 36h, 54h, 72h, 90h, 108h, 126h et 144h.

2.4.1.4. Contrôle de la croissance d'*Aspergillus* sur le milieu solide

La lutte biologique entre la souche d'*Aspergillus flavus* et les bactéries ont été engagée dans des boîtes de pétrie sur le PDA. Une spore d'*Aspergillus flavus* et une colonie bactérienne ont été déposées simultanément dans les boîtes de pétrie incubées à 37°C pendant 7 jours. Les effets antagonistes ont été déterminés par la mesure de diamètre d'inhibition du champignon par les bactéries.

2.5 Dégradation des aflatoxines

Des extraits totaux de souches bactériennes OP6 (Organique Plot 6), OP1 (Organique Plot 1) et, LTP2 (Litière Terreaux Plot 2) sont obtenus par culture dans un milieu en croissance continue dans le milieu Bennett liquide. Le milieu Bennett comprenait par

litre les ingrédients suivants: 10,0 g de glucose ; 2,0 g d'extrait de levure ; 2,0 g de peptone; 1,0 g d'extrait de viande. Le pH du milieu final a été ajusté à 7,3 avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 3M et stérilisé à 121°C pendant 15 mn. Les tubes inoculés ont été incubés à 30°C sous agitation continue pendant 72 heures. La détoxification est conduite avec le culot et le surnageant bactérien par le suivi de la cinétique de la dégradation des aflatoxines en fonction du temps à travers une série de mesure spectrophotométrique de détermination de la densité optique (DO) avant et après l'ajout de l'extrait bactérien à la solution d'aflatoxine purifiée et préalablement quantifiée par le Rida Quick Scan de R Biopharm.

2.6 Analyses statistiques

Le test d'analyse de la variance a été utilisé pour analyser la numération fongique et la teneur en toxines. Avant l'analyse, l'homogénéité de la variance des données a été vérifiée. Les données non homogènes ont été transformées. Des tests à plages multiples ont été utilisés pour comparer les moyennes de numérations fongiques et de teneur en toxines d'échantillons provenant de différents villages. Le logiciel SAS version 9.4 a été utilisé pour toutes les analyses et les différences ont été jugées significatives lorsque $p < 0,05$. Le Logiciel SPSS 20.0 a été utilisé pour analyser les résultats des enquêtes.

III. RESULTATS

3. 1 Résultats des enquêtes menées sur les différents axes retenus

Tableau 2. Caractéristiques des 36 fermes sur l'axe Bamako-Koulikoro

Caractéristiques de la Ferme	Moyenne	Ecart type
Nombre d'animaux	62	36,34
Quantité d'aliments bétails kg/jour distribués	109	120,19
Nombre de bovins	45	27,07
Nombre de caprins	7	9,85
Nombre d'ovins	9	11,06
Perte d'animaux par an	4	3,42

Tableau 3. Caractéristiques des 23 fermes sur l'axe Bamako Ségou

Caractéristiques de la Ferme	Moyenne	Ecart type
Nombre d'animaux	63	61,36
Quantité d'aliments bétails kg/jour distribués	203	309,13
Nombre de bovins	42	37,08
Nombre de caprins	9	15,90
Nombre d'ovins	11	18,46
Perte d'animaux par an	6	7,61



Tableau 4. Caractéristiques des 10 fermes sur l'axe Bamako – Sikasso

Caractéristiques de la Ferme	Moyenne	Ecart type
Nombre d'animaux	96	139,51
Quantité d'aliments bétails kg/jour distribués	130	166,99
Nombre de bovins	86	120,41
Nombre de caprins	0	0
Nombre d'ovins	9	20,15
Perte d'animaux par an	4	6,07

Tableau 5. Caractéristiques des 28 fermes sur l'axe Bamako – Bancoumana

Caractéristiques de la Ferme	Moyenne	Ecart type
Nombre d'animaux	35	22,61
Quantité d'aliments bétails kg/jour distribués	70	44,85
Nombre de bovins	31	23,20
Nombre de caprins	0	,00
Nombre d'ovins	3	6,34
Perte d'animaux par an	2	3,26

Les fermes entretiennent différentes espèces de ruminants réparties entre les bovins, les caprins et les ovins. La consommation journalière d'aliment a été de 109 kg, mais un écart type plus élevé que la moyenne, ce qui dénote la variabilité importance entre les fermes. La perte d'animaux constitue une préoccupation pour les éleveurs.

3. 2 Champignons isolés et identifiés dans les différents échantillons d'aliments bétails

Tableau 6. Concentration de la flore fongique dans les échantillons d'aliments bétails prélevés sur Axe Bamako-Koulukoro

Communes	Type d'aliment	Concentration/Type (x105 UFC/g)	Concentration moyenne (x105 UFC/g)
N'GBACORO DROIT	Son de Guinée	4,33	2,78
	Tourteau de coton	1,70	
	Son de riz	2,70	
	Son de maïs	2,47	
	Son de mil	3,8	
	Son de blé	1,45	
TIENFALA	Son de Guinée	0,181	1,29
	Tourteau de coton	0,15	
	Son de riz	1,2	
	Son de maïs	0,12	
	Son de mil	1,12	

MEGUETAN	Son de blé	0,78	0,20
	Son de Guinée	0,22	
	Tourteau de coton	0,10	
	Son de riz	0,64	
	Son de maïs	0,09	
	Son de mil	0,06	
	Son de blé	0,09	

Tous les échantillons analysés sur axe Bamako–Koulukoro étaient contaminés par des champignons, dans la plage de $0,2 \cdot 10^5$ à $2,78 \cdot 10^5$ UFC / g. La commune de N'gbacoro droit présente la concentration la plus élevée en champignons comparativement aux communes de Meguetan et de Tienfala.

Tableau 7. Concentration de la flore fongique dans les échantillons d'aliments bétails prélevés sur l'axe Bamako - Segou

Communes	Type d'aliment	Concentration/Type (x105 UFC/g)	Concentration moyenne (x105 UFC/g)
KALABAN CORO	Son de Guinée	10,39	17,29
	Tourteau de coton	1,94	
	Son de riz	2,67	
	Son de maïs	2,19	
	Son de mil	62,96	
	Son de blé	11,68	
BANGUI NEDA	Son de Guinée	18,09	29,23
	Tourteau de coton	49,16	
	Son de riz	20,43	
	Son de maïs	48,72	
	Son de mil	10,39	
	Son de blé	12,16	

L'évaluation de la flore fongique totale des aliments bétails sur axe Bamako-Segou a montré qu'il contient approximativement $17,29 \cdot 10^5$ UFC/g à $29,23 \cdot 10^5$ UFC/g MS.

Tableau 8. Concentration de la flore fongique dans les échantillons d'aliments bétails prélevés sur l'axe Bamako – Sikasso

Communes	Type d'aliment	Concentration/Type (x105 UFC/g)	Concentration moyenne (x105 UFC/g)
	Son de Guinée	37,42	
	Tourteau de coton	4,65	
	Son de riz	6,43	



DIALAK OROB	Son de maïs	2,25	13,55
	Son de mil	8,83	
	Son de blé	19,57	
OUELESS EBOUGO U	Son de Guinée	9,17	15,04
	Tourteau de coton	19,57	
	Son de riz	2,62	
	Son de maïs	4,40	
	Son de mil	27,08	
	Son de blé	25,67	

Les résultats obtenus dans le Tableau 8 montrent que la concentration de la mycoflore sur axe Bamako- Sikasso varie entre $13,55.10^5$ à $15,04.10^5$ UFC/g MS selon la température d'incubation. La forte contamination en champignons a été dans la commune d'Ouelessebougu.

Tableau 9. Concentration de la flore fongique dans les échantillons d'aliments bétails prélevés sur l'axe Bamako – Bancoumana

Communes	Type d'aliments	Concentration /Type (x105 UFC/g)	Concentration moyenne (x105 UFC/g)
KALA BAN CORO	Son de Guinée	3,34	17,96
	Tourteau de coton	11,87	
	Son de riz	33,54	
	Son de maïs	12,13	
	Son de mil	2,89	
	Son de blé	33,51	
SANAN KOROB	Son de Guinée	1,92	12,76
	Tourteau de coton	20,5	
	Son de riz	0,67	
	Son de maïs	14,62	
	Son de mil	24,19	
	Son de blé	14,67	
DIALA KOROB	Son de Guinée	17,44	20,25
	Tourteau de coton	19,09	
	Son de riz	23,13	
	Son de maïs	17,44	
	Son de mil	35,2	

Les résultats obtenus dans le Tableau 9 montrent que la concentration de la mycoflore sur axe Bamako- Bancoumana varie entre $12,76.10^5$ à $20,25.10^5$ UFC/g MS selon la température d'incubation. La forte contamination en

champignons a été dans la commune de Dialakoroba.

3.3 Champignons identifiés dans les différents échantillons d'aliments bétails analysés

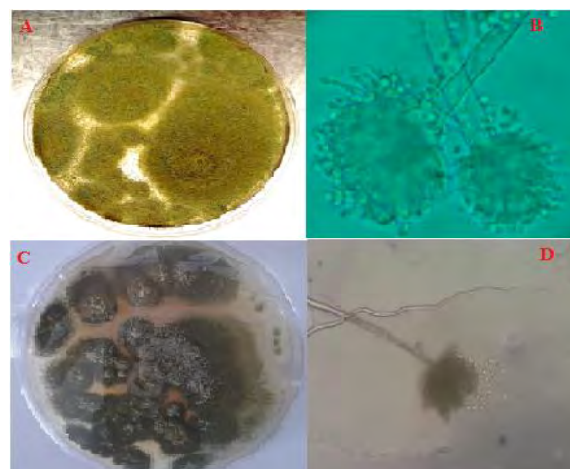


Figure 3. Champignons producteurs d'Aflatoxines et d'Acide cyclopiazonique : *Aspergillus flavus* (A et B), et *Aspergillus parasiticus* (C et D).

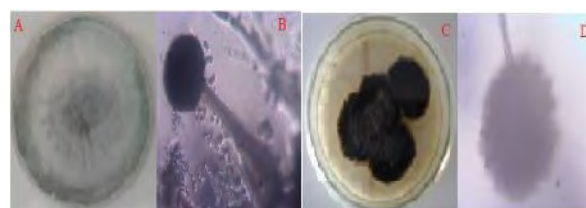


Figure 4. Champignons producteurs de Toxines trémorgènes et d'Ochratoxines et *Aspergillus fumigatus* (A et B), et *Aspergillus niger* (C et D)

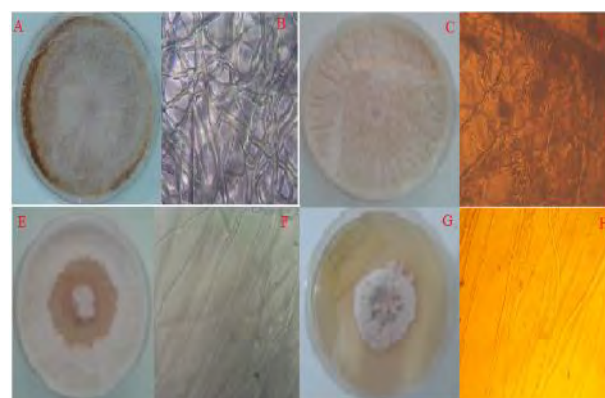


Figure 5. Champignons producteurs de Trichothécènes (DON), Fumonisin B1, B2, B3, Zéaralénone, acide fusarique, moniliformine, oxysporine et moniliformine : *Fusarium graminearum* (A et B), *Fusarium proliferatum* (C et D), *Fusarium Oxysporium* (E et F) et *Fusarium pallidoroseum* (G et H).



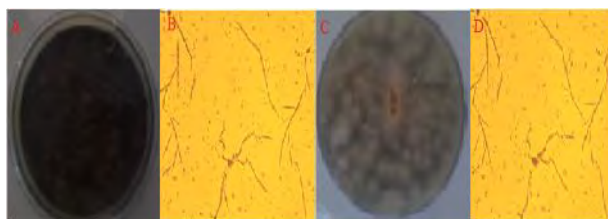


Figure 6. Champignons de lutte biologique : *Trichoderma* spp (A et B), et *Trichoderma harzianum* (C et D)

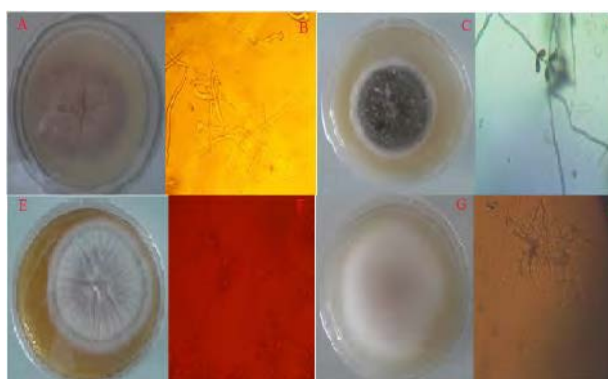


Figure 7. Champignons phytopathogènes : *Cladosporium herbarum* (A et B), *Bipolaris oryzae* (C et D), *Botritis* sp (E et F) et *Rhizoctonia solani* (G et H)

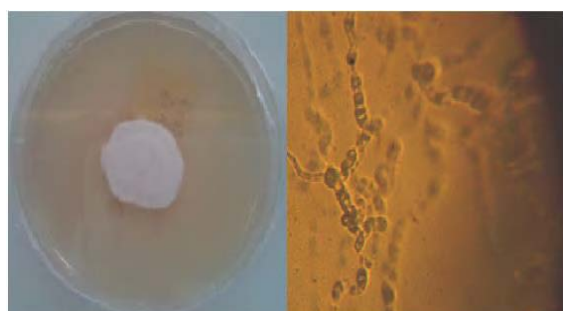


Figure 8. Champignon pathogène des animaux (équidés) : *Trichophyton equinum* pathogène des (cultures de 7 jours sur gélose PDA à 25°C et aspect microscopique).



Figure 9. *Mucor* sp champignons d'altérations (culture de 7 jours sur gélose PDA à 25°C et aspect microscopique).

3.4 Fréquence et rendement des genres et espèces fongiques.

Tableau 10. Genre fongique présent dans les échantillons d'aliments bétails

Genre	Nombre d'isolats	Fr (%)*	RD (%)**
<i>Aspergillus</i>	97	100	16,78
<i>Bipolaris</i>	35	36,08	6,05
<i>Botritis</i>	8	8,25	1,38
<i>Cladosporium</i>	97	100	16,78
<i>Fusarium</i>	97	100	16,78
<i>Mucor</i>	97	100	16,78
<i>Rhizoctonia</i>	38	39,18	6,57
<i>Rhizopus</i>	97	100	16,78
<i>Trichoderma</i>	6	6,19	1,03
<i>Trichophyton</i>	6	6,19	1,03

3.5 Fréquence et rendement des espèces fongiques

Tableau 11. Espèces fongiques présentes dans les échantillons d'aliments bétails

Espèces	Nombre d'isolats	Fr (%)*	RD (%)**
<i>Aspergillus fumigatus</i>	97	100	9,94
<i>Aspergillus flavus</i>	40	41,24	4,10
<i>Aspergillus japonicus</i>	57	58,76	5,84
<i>Aspergillus parasiticus</i>	27	27,84	2,76
<i>Aspergillus niger</i>	97	100	9,94
<i>Bipolaris oryzae</i>	35	36,08	3,58
<i>Botritis</i> sp.	8	8,25	0,82
<i>Cladosporium herbarum</i>	97	100	9,94
<i>Fusarium graminearum</i>	97	100	9,94
<i>Fusarium oxysporium</i>	43	44,33	4,41
<i>Fusarium proliferatum</i>	97	100	9,94
<i>Mucor</i> sp.	97	100	9,94
<i>Rhizoctonia solani</i>	38	39,18	3,89
<i>Rhizopus</i> spp.	97	100	9,94
<i>Trichoderma harzianum</i>	16	16,49	1,64
<i>Trichoderma</i> spp.	16	16,49	1,64
<i>Trichophyton equinum</i>	16	16,49	1,64



3. 6 Cinétique de la croissance des souches bactériennes antagonistes

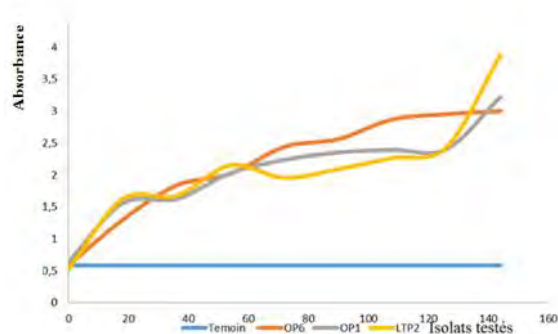


Figure 10. Croissance des souches bactériennes antagonistes

La bactérie LTP2 présente un bon taux de croissance pendant les 60 heures d'incubation et après nous assistons à un renversement de la situation les taux de croissance des bactéries OP1 et OP6 dépassent celui de la bactérie LTP2. A partir des 120 heures d'incubation la bactérie LTP2 enregistre la croissance maximale.

3.7 Résultat de la culture cellulaire

Les caractéristiques macroscopiques et microscopiques des souches utilisées sont caractéristiques de l'espèce *Aspergillus flavus*. Le mycélium développe une couleur jaune-vert.

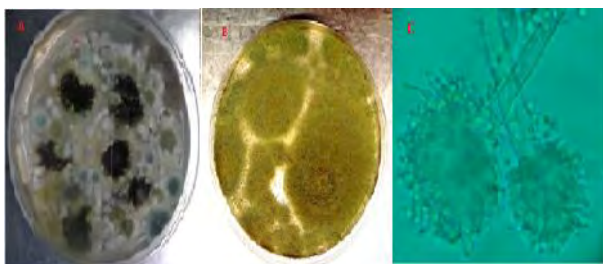


Figure 11. Colonies et tête conidienne de la souche aflatoxicogène isolée.

A : Consortium de champignons sur le milieu PDA ; B : *Aspergillus flavus* purifié sur le PDA ; C : Tête conidienne unisériée de la souche d'*Aspergillus* isolée vue au microscope.

3.8 Potentiel toxigène des souches isolées

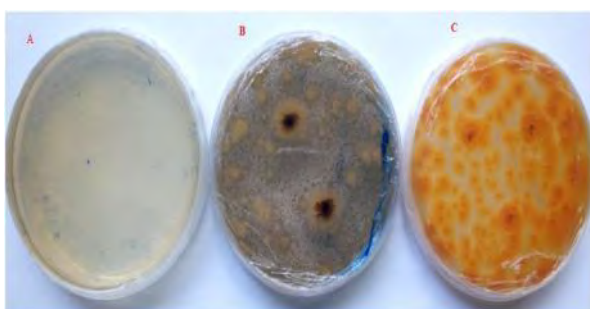


Figure 12. Test de Production de toxines

A : Témoin négatif, B : *Aspergillus niger* non toxigène ; C : *Aspergillus flavus* toxigène

L'analyse de l'aptitude des souches à produire des aflatoxines à travers le revers des boîtes. La capacité de production d'aflatoxines des souches a également été confirmée dans nos conditions de culture sur le milieu AFPA avec le virage de la couleur des revers des boîtes de pétri au couleur jaune.

Contrôle de la croissance d'*Aspergillus*

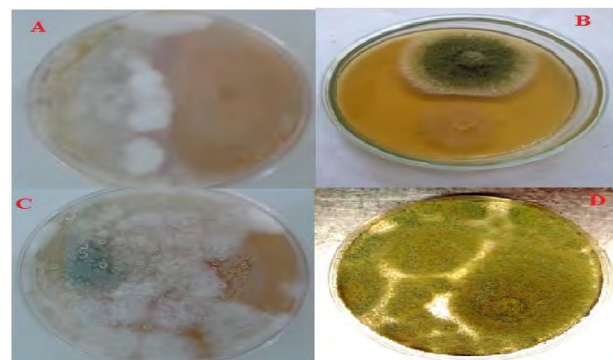


Figure 13. Effet des bactéries antagonistes sur la croissance d'*Aspergillus*

A : *Aspergillus* + OP6 ; B : *Aspergillus* + LTP2 ; C : *Aspergillus* + OP1 ; D : *Aspergillus* pure.

Le pourcentage d'inhibition de la croissance de l'*Aspergillus flavus* par les souches bactériennes antagonistes a été de 39% par OP1, 65% par OP6 8,26% par LTP2.

5.5.6. Détoxification

Tableau 12. Inhibition de la production d'aflatoxines par des extraits bruts des bactéries

Bactéries	Volume de substances utilisées (μL)		% d'aflatoxines dégradés
	Extraits bactériens	Aflatoxines	
OP1	200	200 (29,72ppb) ^a	5,05
OP6	200	200 (29,72ppb) ^a	17,29
LTP2	200	200 (29,72ppb) ^a	9,49

Les bactéries et leurs extraits ont été utilisés pour inhiber la croissance et la détoxification en aflatoxines produites par la souche isolée. Cette croissance a été inhibée à 65 % par OP6. La même souche bactérienne a également detoxifié de 17,29%, la Bactérie OP1 5,05% et LTP2 de 9,49%.



Tableau 13. Variation de la contamination en mycotoxine des aliments bétails en fonction des différents axes

Axe	Aflatoxine		Fumonisin		DON		ZEA	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Bko-Ban	6.58 ^c	21.19	35.81 ^b	22.36	35.37 ^a	20.74	56.24 ^b	33.25
Bko-kk	5.07 ^c	14.74	16.94 ^c	18.11	24.65 ^b	19.98	67.53 ^a	33.67
Bko-seg	12.38 ^a	16.18	22.99 ^c	17.52	39.26 ^a	24.71	62.38 ^a	29.22
Bko-Ouele	10.71 ^b	23.23	38.78 ^a	13.67	36.44 ^a	11.51	39.58 ^b	24.29

Tableau 14. Analyses de variance pour la contamination en mycotoxine des aliments du bétail en fonction des différents axes, commune et ville

Source	DDL	Aflatoxine	Fumonisin	DON	ZEA
		Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen
Axe	3	9.01***	12.29***	9.81***	1.77**
commune	7	7.67***	0.75*	1.95*	0.94*
Ville	14	4.03*	0.63*	0.37*	0.76*

*, **, *** significatif à P < 0,05 et P < 0,01, respectivement.

Le test de variance sur le dosage des mycotoxines dans les aliments du bétail provenant de différents axes, communes et villes montrent qu'il y a une différence significative entre les échantillons provenant de différents axes, entre ceux venant de différentes communes et significative et entre ceux de différentes villes.

DISCUSSION

Les résultats de l'enquête sur les différents axes ont montré que les fermes contiennent en moyenne 65 têtes d'animaux par fermes respectivement Bovins 58 ; Caprins 5 ; Ovins 6 ; une consommation journalière moyenne 136 Kg d'aliments bétails avec une perte annuelle comprise [2 ; 6] tête par ferme. Les résultats diffèrent par ceux rapportés par la DNSV en 2012 qui s'expliqueraient par les critères de participation à notre étude qui a porté uniquement sur les fermes qui fournissent les unités de collecte de lait sur les différents axes.

Tous les échantillons analysés étaient contaminés par des champignons, dans la plage de $0,2 \cdot 10^5$ à $29,23 \cdot 10^5$ UFC / g. Selon [12], les champignons xérophiles, qui sont capables d'une croissance rapide au-dessus d'environ 0,77 activité de l'eau, peuvent endommager les aliments comme le montrent nos résultats. *Aspergillus* et *Fusarium* étaient les genres les plus détectés durant cette étude. Ce résultat est conforme à ceux de nombreux chercheurs qui ont montré la présence d'*Aspergillus spp.* et *Fusarium spp.* sont répandus, principalement dans les pays tropicaux ([16], [12], [17]). Les résultats ont montré la présence simultanée (au moins 3) de mycotoxines dans les échantillons d'aliments analysés.

Ce résultat confirme celui de [12] qui, en étudiant les mycotoxines et les champignons mycotoxigènes dans les aliments pour volailles, ont détecté une cooccurrence de plusieurs mycotoxines dans tous les échantillons analysés.

Les bactéries et leurs extraits ont été utilisés pour inhiber la croissance et la détoxification en aflatoxines produites par la souche isolée. Cette croissance a été inhibée de 65 % par OP6. La même souche bactérienne a également détecté de 17,29%, la Bactérie OP1 5,05% et LTP2 de 9,49%. Nos résultats concordent à ceux obtenus par [17] qui ont sélectionnés trois bactéries (B1, B2 et B3) possèdent un effet antifongique sur *Fusarium sp.* (taux d'inhibition varient entre 64% et 85%), cependant, le meilleur effet inhibiteur a été développé par les isolats B1 et B3.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

L'objectif était de caractériser la flore fongique et le degré de contamination en aflatoxines, fumonisin, zéaralénone et Déoxynivalénol dans les aliments bétails, sur les quatre axes qui alimentent Bamako en produits animaux. Tous les aliments pour animaux analysés étaient contaminés par des champignons, principalement du genre *Aspergillus* et *Fusarium*. Tous les échantillons étaient contaminés par des mycotoxines et la co occurrence de plusieurs mycotoxines dans le même aliment a également été démontrée.

Les bactéries et leurs extraits ont été utilisés pour inhiber la croissance et la détoxification en aflatoxines produites par la souche isolée. Afin de garantir la qualité hygiénique et nutritionnelle des aliments pour animaux afin de garantir la santé animale et de prévenir les maladies d'origine alimentaire chez l'homme, nous suggérons une surveillance et une application périodiques des points d'analyse des risques et de contrôle critique (HACCP) sur la prévention et le contrôle des mycotoxines chez l'animal et dans l'industrie alimentaire.

PERSPECTIVES

Par ailleurs, sur le plan scientifique, la présente étude doit être complétée par :

Une étude génétique de la souche d'*Aspergillus* isolée pour permettre sa classification définitive ;
L'extraction et l'identification formelle des principes actifs inhibiteurs des bactéries utilisées ;
L'extension de l'étude d'inhibition à d'autres types de champignons toxigènes telle que *Fusarium*.

REFERENCES

- 1-DNPIA, 2012. Eléments de bilan du soutien public à l'élevage au Mali depuis Maputo. Document de travail. 12p.
- 2-IER, 1993. La recherche zootechnique au Mali : acquis, problèmes et perspectives. Institut d'Economie Rurale. Rapport de synthèse de recherche. 100p.



- 3-Tabuc, C. (2007). Incidence of *Fusarium* species and of their toxins in the compound feeds for poultry, International Scientific symposium: Performances and competitiveness in animal production, 26-27 avril 2007, Iasi, Roumanie.
- 4-Bennett, J.W. and Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review* 16: 497–516.
- 5-Diom M, 1978. Etude des problèmes posés par les aflatoxines dans les aliments du bétail et de l'homme. *Thèse Vét., Dakar* 1978, nO12.
- 6-Abdelrhafour T, Lamyae B, Mohamed M, Moulay R E, Abdellatif D, (1994): Recherche de mycotoxines dans des denrées alimentaires distribuées au Maroc *Appl. Environ. Microbiol*, 65 (3), 1331-1334.
- 7-Odhav B., Naicker V., (2002), Mycotoxins in South African traditionally brewed beers, *Food Addit. Contam.*, 19 (1), 55-61.
- 8-Kedera C.J., Plattner R.D., Desjardins A.E., (1999), Incidence of *Fusarium* spp. And Levels of Fumonisin B1 in Maize in Western Kenya, *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, (1), 41–44.
- 9-Siame B.A., Mpuchane S.F., Gashe B.A., Allotey J., Teffera G., (1998), Occurrence of aflatoxins, fumonisin B1 and zearalenone in foods and feeds in Bostwana, *J. Food Prot.*, 61 (12), 1670-1673.
- 10-Tekete C., (2009). Détection de la présence simultanée des aflatoxines et des souches d'*Aspergillus* par le test ELISA et la PCR sur l'arachide au Mali mémoire de DEA.
- 11-Pitt, J.I., (2000). Toxigenic fungi and mycotoxins. *Br. Med. Bull.* 56 (1) : 184 – 192.
- 12-Greco, M.V., Pardo, A.G., Ludemann, V., Martino, P.E., Pose, G.N., 2012. Mycoflora and natural incidence of selected mycotoxins in rabbit and chinchilla feeds. *Sci. World J.* Article ID 956056. 6p.
- 13-Kedera C.J., Plattner R.D., Desjardins A.E., (1999), Incidence of *Fusarium* spp. And Levels of Fumonisin B1 in Maize in Western Kenya, *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, (1), 41–44.
- 14-Vincent, C., Coderre, D., 1990. La lutte biologique. Gaëtan Morin, Québec, Canada.
- 15-Gimeno, A., 2002. Los Hongos y las Micotoxinas en la Alimentacion Animal; Conceptos, Problemas, Control y Recomendaciones, <http://www.engormix.com/MA-micotoxinas/articulos/criterios-calidad-micologica-t353/p0.htm>
- 16- I.A.R.C. (1982) Environmental carcinogens selected methods of analysis. 5. Some Mycotoxins. IARC Scient. Pub, 44, 1982.
- 17-Diarra, O., Babana, A. H., Maïga, K., 2017. Fungal profile and mycotoxin contamination in animal feed in urban and peri-urban zones of Bamako. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.*
- 18-Nadjette Zeghaba, Abdelaziz Laraba, Mohamed Mahia, (2018) : Qualité des eaux brutes du barrage Hammam Debagh, Wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien) *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 37: 113-121.



Détection des Aflatoxines dans les poissons fumés (*Clarias anguillaris*) vendus dans le district de Bamako

Christiane Demble^{1,3}, Ousmane Diarra^{1,2*}, Amadou Hamadou Babana², Fassé Samake^{1,2}, Kadia Maiga¹, Mahamadou Diarra¹, Atia Traore¹, Saidou Timbine¹, Djeneba Ouattara¹, Djeneba Nantoume¹, Ibrahim Malle¹ et Adougnia Kassogue¹

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

²Institut des Sciences Appliquées, Bamako, Mali

³Laboratoire Central Vétérinaire, Bamako

*Auteur correspondant : diarraousmane758@gmail.com

RESUME : La pêche est une tradition millénaire au Mali. C'est un sous-secteur important de l'économie malienne, dépendant notamment du fleuve Niger, long de 4200 km, dont 1700 km au Mali. Son importance potentielle des ressources existantes s'exprime dans son rôle socioculturel, la création d'emplois, la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté. En raison de leur omniprésence, les moisissures productrices de mycotoxines sont capables de réduire la valeur nutritionnelle des poissons fumés en élaborant plusieurs mycotoxines. Les poissons fumés contaminés par des mycotoxines ont des effets néfastes sur la santé des humains. Des échantillons de poissons fumés destinés à la vente ont été collectés dans les six communes du district de Bamako et analysés pour déterminer la flore fongique ainsi que la concentration en mycotoxines. L'étude de la mycoflore des poissons fumés a montré que la concentration des champignons varie entre $0,5.10^4$ UFC/g à 14.10^4 UFC/g MS. tandis que les aflatoxines par la méthode d'ELISA trousses d'aflatoxines (AF) (RIDASCREEN FAST, R-Biopharm AG) ont été détectées dans 60 échantillons prélevés. Cette étude indique la nécessité d'une évaluation continue de l'état mycologique de la chaîne de production de poissons fumés afin de garantir la sécurité des consommateurs. Le logiciel SAS a été utilisé pour toutes les analyses et les différences ont été considérées comme significatives lorsque $p < 0,05$.

Mots-clés: Pêche, Poissons fumés, Aflatoxines, mycoflore.

I. INTRODUCTION

La pêche est une tradition millénaire au Mali. C'est un sous-secteur important de l'économie malienne, dépendant notamment du fleuve Niger, long de 4200 km, dont 1700 km au Mali. Son importance potentielle des ressources existantes s'exprime dans son rôle socioculturel, la création d'emplois, la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté. La production halieutique nationale, estimée à 100000 tonnes de poissons par an en période d'hydrologie normale, place le Mali au troisième rang des pays africains producteurs de poisson d'eau douce [1]. La valeur ajoutée brute de la filière pêche s'élève à 90 milliards de FCFA, soit plus de 4 % du PIB national sur la base de ces 100 000 tonnes par an. La pêche contribue également de façon substantielle au budget de l'Etat, grâce aux redevances versées par les acteurs de la filière et aux impôts et taxes prélevés tout au long de la filière. L'ensemble de cette contribution est estimée à environ 10 % de la valeur ajoutée brute de la filière [1]. Le poisson est un aliment naturel dont l'homme s'est sustenté depuis la nuit des temps. Très tôt, il a été reconnu comme favorable à un bon équilibre physiologique. Plus récemment, l'effet protecteur vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires a fait l'objet de nombreuses études et est maintenant reconnu [2]. Ces faits ont été reliés à la composition chimique particulière des

produits de la pêche : richesse en protéines et acides aminés essentiels (lysine, méthionine, tryptophane, histidine) et en acides gras polyinsaturés, précurseurs de prostanoïdes ayant un effet anti thrombotique [2]. Il ne faut cependant pas oublier leur richesse en vitamines : le poisson a été pendant longtemps la seule source de vitamine D et demeure un appoint notable en vitamines du groupe B. Il contient de la vitamine A stockée sous forme de rétinol dans le foie, les intestins, le pancréas et les reins. Les pratiques de mise en conserve des denrées alimentaires, comme c'est le cas dans les pays industrialisés, n'est pas une méthode appropriée de conservation des produits dans les pays d'Afrique sub-saharienne car cela nécessite une forte consommation d'énergie et des technologies avancées [3]. Des différentes études ont montré la présence des aflatoxines dans plusieurs denrées alimentaires et leurs impacts sur l'agriculture, l'économie et la santé publique. De ces différentes études, nous citons, celle menée par [4] a montré une présence simultanée de l'*Aspergillus flavus* et l'aflatoxine dans les échantillons d'arachide provenant de la commune rurale de Dafèla dans le cercle de Kita [4]. Si l'arachide rentre largement dans l'alimentation humaine et animale, les poissons fumés n'en demeurent pas moins car ils



constituent une très importante source dans l'alimentation humaine.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

Dans cette étude, des poissons (*Clarias anguillaris*) fumés ont été utilisés comme matériel biologique.

2.2 Echantillonnage

Les analyses microbiologiques ont porté sur 60 échantillons provenant des six communes de Bamako en raison de dix (10) échantillons par commune et deux (02) échantillons par marché. Les échantillons pesaient entre 200 et 300 g représentant des lots des poissons une fois achetés, les échantillons ont été mis dans les sachets plastiques et bien étiquetés et acheminés directement vers le LaborREM-Biotech de la F.S.T pour l'analyse.



Figure 1. Carte de Bamako (Le district divisé en 6 communes par l'ordonnance n° 78-32 CMLN du 18 août 1978 modifiée par une loi en février 1982).

2.3. Analyse au laboratoire

2.3.1 Dénombrement fongique

Un (01) gramme de poisson fumé a été dispersé dans 9 ml d'une solution de 0,05% de TWEN 80 en utilisant un mélangeur (vortex). Les dilutions décimales ont été effectuées jusqu'à 10^{-6} . Un (01) ml de chacune des dilutions décimales a été étalé sur PDA. Les colonies de champignons typiques ont été comptées après 3, 5 et 7 jours de culture à 25°C. Les champignons ont été identifiés en utilisant la clé d'identification selon [5]. Les *Aspergillus* ont été répartis dans des boîtes de Pétri par repiquage successif à la fois sur gélose Rose Bengale et PDA.

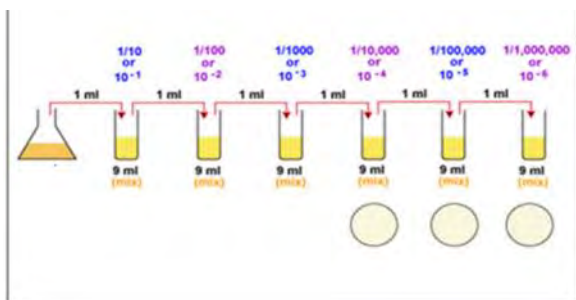


Figure 2: Schéma de dilution

2.3.2 Expression des résultats

$N = \frac{V}{d} \cdot C$

N : Nombre d'UFC par gramme de poissons ;

C : Somme des colonies des boîtes interprétables;

V : Volume de solution déposée (1ml);

d : Facteur de dilution retenue.

2.3.3 Isolement et Purification

L'isolement de la souche a été réalisé à partir d'un consortium de champignons poussés sur un milieu PDA. La sélection de la souche a été faite par repiquage. Pour l'identification systématique, l'isolat purifié a été repiqué sur le milieu non sélectif Rose Bengal selon les méthodes utilisées par [6].

2.3.4 Identification de la souche isolée :

L'identification de la souche a été réalisée sur des cultures pures par observation des caractères macroscopiques sur les différents milieux de culture (croissance, couleur, aspect de la colonie) et des caractères microscopiques en utilisant le bleu comme solution de montage sous microscope optique (mycélium, conidiophores, conidies, structures de résistance, éventuellement forme sexuée), en se référant à différentes clés de détermination [7].

2.4 Test de production de mycotoxine

L'isolat a été cultivé sur le milieu de production d'aflatoxines milieu AFPA (*Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*), incubé à 25°C pendant 7 jours, la fluorescence émise sous l'UV est détectée [8]. Il s'agit des souches *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* et *Aspergillus niger* (Témoin). Les toxines Aflatoxines (AF) sont mises en évidence à travers le revers des boîtes.

2.5 Extraction et dosage des Aflatoxines dans les poissons

Pour évaluer la présence de mycotoxines, des échantillons de poissons ont été prélevés soumis à une analyse quantitative à l'aide d'ELISA trousses d'aflatoxines (AF) (RIDASCREEN FAST, R-Biopharm AG). En bref, 5 g d'échantillon broyé ont été mis dans 10 ml de méthanol à 70% pour extraire les aflatoxines. Après, les échantillons ont été secoués vigoureusement pendant 3 minutes et les extraits ont été précipité par le solvant d'extraction. Ensuite, les aflatoxines, ont été dilués avec de l'eau distillée dans le rapport 1: 1. Cent μ L du filtrat dilué par cassette de Rida quick scan a été utilisé pour les tests [9].



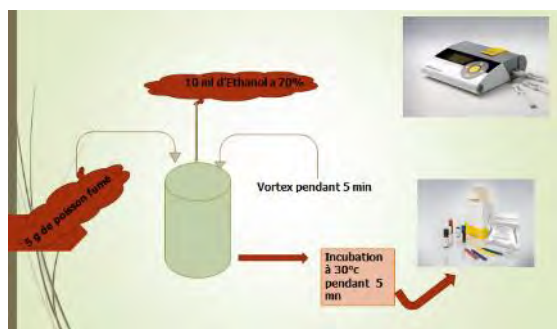


Figure 3. Dosage des mycotoxines dans les poissons fumés

2.6. Analyse des données.

Le test d'analyse de la variance a été utilisé pour analyser la numération fongique et la teneur en toxines. Avant l'analyse, l'homogénéité de la variance des données a été vérifiée. Les données non homogènes ont été transformées. Des tests à plages multiples ont été utilisés pour comparer les moyennes de numérations fongiques et de teneur en toxines d'échantillons provenant de différentes communes. Le logiciel SAS version 9.4 a été utilisé pour toutes les analyses et les différences ont été jugées significatives lorsque $p < 0,05$.

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Dénombrement

Tableau 1. Charge fongique des échantillons de poissons fumés provenant des différentes communes après 7 jours d'incubation.

Commune	Quartiers	Flore fongique 10 ⁴ UFC/g
I	Boukassombougou	2,75
	Djélibougou	10,5
	Fadjiguila	0,5
	Doumanzana	10,25
	Banconi	9,25
II	Missira	5,75
	Quinzambougou	3,25
	N'golonina	10,5
	Medina coura	7,5
	Bagadadji	10,75
III	Dibida	11,75
	Bolibana	6,25
	Ouolofobougou	1,75
	Badialan	0,5
	Darsalam	2
IV	Lafiabougou	12,25
	Talko	7,75
	Sebenicoro	6,5
	Hamdallaye	1
	N'tomicorobougou	0,5
V	Kalaban coura	5,25
	Sabalibougou	5,5
	Daoudabougou	3,25

VI	Torokorobougou	2,25
	Djicoroni	2
	Niaamakoro	3
	Magnambougou	2
	Banankabougou	3,75
	Yirimadjo	4,75
	Sogoniko	2,5

Tableau 2. Analyses de variance de la flore fongique des poissons fumés en fonction des différentes communes et quartiers ainsi que la concentration en champignons.

Source	DDL	Flore fongique	
		Carré moyen	Valeur de F
Commune	5	0,010**	0.79
Quartier	29	0,15*	11.50
Répétition	3	0,075**	5.83

*, **, significatif à $P < 0,05$ et $P < 0,01$, respectivement.

Le contenu en champignons varie d'un poisson à un autre.

Tableau 3. Comparaison des moyennes de la flore fongique des poissons fumés en fonction des communes.

Flore Fongique			
Niveau de Commune	Nb	Moyenne	Ecart-type
CI	10	6.77 ^a	4.31
CII	10	5.88 ^b	4.11
CIII	10	5.02 ^b	5.50
CIV	10	4.82 ^c	4.45
CV	10	3.52 ^d	1.31
CVI	10	3.22 ^d	1.83

Pour chaque valeur de moyenne de flore fongique dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test Lsd protégé par Fisher ($P < 0,05$).

Au vu des résultats obtenus dans le tableau 1 précédent, nous pouvons noter que le dénombrement fongique de tous les échantillons de poissons fumés prélevés dans les différentes communes : I, II, III, et IV était supérieur à la norme à partir du 5^{ème} jour, tandis que dans la commune V, le seuil est dépassé à partir du 7^{ème} jour. Selon [10], la qualité mycologique des aliments peuvent être qualifiés de bon avec un nombre de champignon $< 3.10^4$ UFC/g et mauvais pour ceux avec un nombre $> 7.10^4$ UFC/g). Par contre dans la commune VI, dans certains quartiers (Niamakoro ; Banankabougou) le seuil est dépassé à partir du 3^e jour. L'absence de bonnes pratiques d'hygiène et la mauvaise conservation du poisson fumé peuvent être à l'origine des contaminations fongiques. La contamination par les champignons peut être due



aussi à l'aspersion des poissons avec de l'eau pour augmenter le poids lors de la vente car l'humidité est un facteur favorisant la prolifération des champignons.

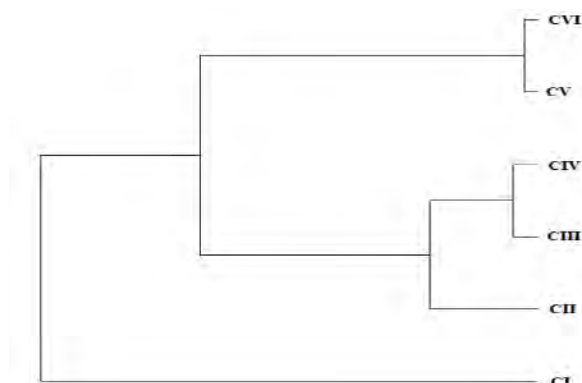


Figure 4. Dendrogramme des différentes communes

4.2 Isolement et Purification

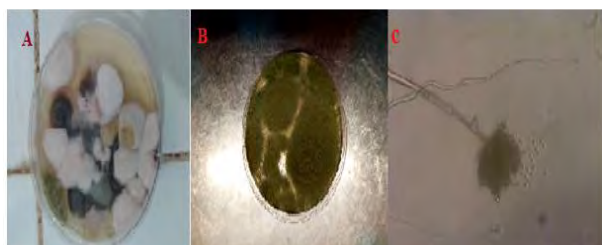


Figure 5. Isolement purification et identification d'*Aspergillus flavus*

A : Consortium des champignons sur PDA

B : *Aspergillus flavus* purifié

C : Aspect microscopique de l'*Aspergillus flavus* avec Bleu de coton.

4.3 Test de production de mycotoxine

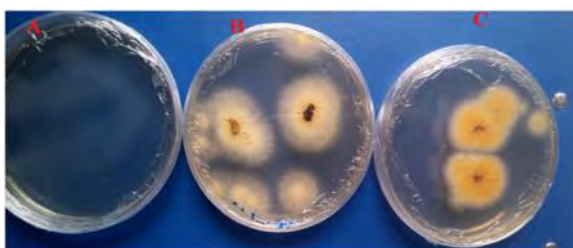


Figure 6. Production d'aflatoxine sur le milieu AFPA

A : Témoin négatif (milieu AFPA) ; B : Témoin négatif (*Aspergillus niger*) ; C : *Aspergillus flavus*

La production des aflatoxines est mise en évidence à travers le revers des boîtes par virage de la coloration au jaune foncé.

4.4 Extraction et dosage des Aflatoxines dans les poissons

Tableau Dosage de l'aflatoxines dans les échantillons de poissons fumés.

Com mune	Quartiers	Présence	Quantité Aflatoxine s
I	Boukassombougou	+	< 4 ppb
	Djélibougou	+	< 4 ppb
	Fadjiguila	+	< 4 ppb
	Doumanzana	+	< 4 ppb
	Banconi	+	< 4 ppb
II	Missira	+	< 4 ppb
	Quinzambougou	+	< 4 ppb
	N'golonina	+	< 4 ppb
	Medina coura	+	< 4 ppb
	Bagadadji	+	< 4 ppb
III	Dibida	+	< 4 ppb
	Bolibana	+	< 4 ppb
	Ouolofobougou	+	< 4 ppb
	Badialan	+	< 4 ppb
	Darsalam	+	< 4 ppb
IV	Lafiabougou	+	< 4 ppb
	Talko	+	< 4 ppb
	Sebenicoro	+	< 4 ppb
	Hamdallaye	+	< 4 ppb
	N'tomicorobougou	+	< 4 ppb
V	Kalaban coura	+	< 4 ppb
	Sabalibougou	+	< 4 ppb
	Daoudabougou	+	< 4 ppb
	Torokorobougou	+	< 4 ppb
	Djicoroni	+	< 4 ppb
VI	Niaamakoro	+	< 4 ppb
	Magnambougou	+	< 4 ppb
	Banankabougou	+	< 4 ppb
	Yirimadjo	+	< 4 ppb
	Sogoniko	+	< 4 ppb

Dans toutes les communes et tous les quartiers, les échantillons ce sont avérés positifs, néanmoins ils étaient tous inférieurs à la norme de l'union européenne (< 4 µg/Kg soit 4 ppb selon [11]).

Dicussion :

Selon le critère mycologique de qualité [10], la qualité mycologique des aliments peut être qualifiée de bon avec un nombre de champignon <3.104 UFC/g et mauvais pour ceux avec un nombre >7.104 UFC/g). La charge fongique de tous les échantillons de poissons fumés prélevés dans les communes I, II, III, et IV était supérieure à la norme, tandis que dans la commune V, VI la charge fongique était nettement inférieure a la norme. Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par [12] qui ont montré que les échantillons d'aliments bétails vendus à Bamako étaient fortement contaminés en champignons toxigènes. Les champignons



xérophiles, capables de croître rapidement au-dessus de 0,77 comme activité de l'eau (Aw) environ, peuvent entraîner une détérioration des aliments pour animaux [13]. L'évaluation de la flore fongique totale du poisson fumé a montré qu'il contient approximativement $0,5.10^4$ UFC/g à 14.10^4 UFC/g MS. Cette valeur a été calculée uniquement à partir des échantillons mis en culture sur milieu PDA à 30°C étant donné que presque toutes les espèces de champignons isolées peuvent germer et croître à cette température, bien qu'elle ne soit pas optimale pour les espèces thermophiles. Nos résultats sont légèrement inférieurs à ceux obtenus par [14] qui a obtenu $0,8.10^5$ à $14,89.10^5$ UFC / g MS. L'absence de bonnes pratiques d'hygiène et la mauvaise conservation du poisson fumé peuvent être à l'origine des contaminations fongiques. La contamination par les champignons peut être due aussi à l'aspersion des poissons avec de l'eau pour augmenter le poids lors de la vente car l'humidité est un facteur favorisant la prolifération des champignons. Les conditions de production du poisson fumé *Clarias anguillaris* et la vente dans les marchés du district révèlent un manque totale d'hygiène et de conservation. La forte contamination des poissons peut s'expliquer par la grande capacité des levures et moisissures à se développer sur des substrats à faible activité de l'eau [15]. Nos résultats sont comparables à ceux de [12] qui a obtenu 10% de ses échantillons contaminés par les levures et moisissures.

V. CONCLUSION

Cette étude a consisté à caractériser la flore fongique et le degré de contamination en aflatoxines dans les poissons fumés vendus dans les différentes communes du district de Bamako. L'analyse mycologique du *Clarias anguillaris* fumé vendu dans les six (06) communes du District de Bamako montre qu'il reste beaucoup à faire pour garantir la santé des consommateurs. Les échantillons contenaient une charge fongique moyenne de $7,25.10^4$ UFC/g de poissons supérieure à la norme et une présence d'*Aspergillus flavus* capable de produire des aflatoxines dans les aliments ainsi que sur le milieu AFPA a été démontré. L'Aflatoxine a été retrouvée dans tous les échantillons à des taux inférieurs à 4ppb. Ce travail de Master est une contribution au débat actuel sur les risques liés à la contamination fongique des poissons fumés. Les fortes concentrations en champignons et la présence des mycotoxines (Aflatoxines) montrent qu'il existe des problèmes de qualité des poissons fumés.

REFERENCES

1. Bayogo Balalmine, 2004. Caractérisation des pêcheries et des espèces de poissons dans la commune de Markala et Pelengana (Ségou) et le changement climatique II), 25p.

2. Ouattara, 2005. Contribution à l'étude de la qualité des poissons transformés (fumés, séchés) à Bamako, Mopti, Niono. Thèse Docteur en pharmacie : FMPOS Bamako, 15 P.

3. Heilporn I, 2011. Développement d'une méthode rationnelle de séchage de poisson par l'utilisation de l'énergie solaire au Mali, 2 p.

4. Tekete C., (2009). Détection de la présence simultanée des aflatoxines et des souches d'*Aspergillus* par le test ELISA et la PCR sur l'arachide au Mali mémoire de DEA.

5. Botton, B., Breton, A., Fèvre, M., Gauthier, S., Guy, P., Larpent, J.P., Reymond, P., Sanglier, J.J., Vayssier, Y., Veau, P. (1990), Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Ed. Masson, Paris.

6. Pitt J, et Hocking A, 2009 : Fungi and Food Spoilage. Blackie Academic and Professional, London. Journal Name : Advances in Microbiology, Vol.5 No.6, 2015.

7. Pacin, A.M., Gonzalez, H.H.L., Etcheverry, M., Resnik, S.L., Vivas, L., Espin, S., 2003. Fungi associated with food and feed commodities from Ecuador. Mycopathologia. 156(2), 87-92.

8. Greco, M.V., Pardo, A.G., Ludemann, V., Martino, P.E., Pose, G.N., 2012. Mycoflora and natural incidence of selected mycotoxins in rabbit and chinchilla feeds. Sci. World J. Article ID 956056. 6p.

9. Thom C. et Church M. B. (1926). The Aspergilli. London, Baillière, Tindall & Cox, 271 pp.

10. Gimeno, A., 2002. Los Hongos y las Micotoxinas en la Alimentación Animal; Conceptos, Problemas, Control y Recomendaciones, <http://www.engormix.com/MA-micotoxinas/articulos/criterios-calidadmicologica-t353/p0.htm>.

com/MA-micotoxinas/articulos/criterios-calidadmicologica-t353/p0.htm.

11. Sarma, P.J. Bhetaria, P. Devi, A. Varma - Indian Journal of Clinical Microbiology 2017. Springer Environmental occurrence of *Aspergillus* and other fungal spores are hazardous to humans

and animals.

12. Diarra, O., Babana, A. H., Maïga, K., 2017. Fungal profile and mycotoxin contamination in animal feed in urban and peri-urban zones of Bamako. Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol. 4(11), 50-56.

13. Pitt, J.I., (2009). Toxigenic fungi and mycotoxins. Br. Med. Bull. 56 (1) : 184 – 192.



14. MOURIA Btissam, OUAZZANI-TOUHAMI Amina, DOUIRA Allal, 2012. [PDF] Isolement et identification de la mycoflore du compost des déchets urbains solides Revue « Nature & Technologie ». C- Sciences de l'Environnement, n° 09/Juin 2013. Pages 13 à 28.

15. M. Annabi , Y. Le Bissonnais , C. Francou , M. Le Villio-Poitrenaud , et S. Houot 2005. Utilisation de composts pour améliorer la stabilité structurale des sols limoneux.



Composition chimique et valeur azotée des sources de protéines utilisées dans la région de Ségou pour la production laitière des vaches

Konimba Bengaly^{1*}, Harouna Maiga², Marc Bauer³, Mustapha Yusuf³, Sounkalo Traore¹, Simon Koita¹, Awa S. Doumbia⁴, Seydou Sidibe⁵ et Amadou Diop¹

¹Université de Ségou, Ségou, Mali

²University of Minnesota, Crookston, MN, USA

³North Dakota State University, Fargo, ND, USA

⁴CERFITECH, Ségou, Mali

⁵Institut d'Economie Rurale, IER-Sotuba, Bamako, Mali

*Auteur pour la correspondance ; email : konis6@gmail.com

RESUME : Trois taurillons munis d'une canule du rumen ont été utilisés pour étudier, par la méthode des sachets de nylon, la dégradation azotée (N) dans le rumen (panse) de 6 fourrages : feuilles de *Ficus gnaphalocarpa* ('toro djè'), feuilles de *Pterocarpus lucens*, gousses d'*Acacia albida* ('balanzan'), fanes de niébé, feuilles de manioc, fanes d'arachide et 3 concentrés du commerce : concentré à base de son de blé (CSB), tourteau de soja (TSJ) et tourteau de coton (TCT). Les temps d'incubation ont été, pour les fourrages : 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72, et 96 heures et pour les concentrés : 0, 2, 4, 8, 16, 24 et 36 heures. La solubilité de l'azote dans une solution saline et la composition chimique (matière sèche, matières minérales, N, cellulose brute chez les concentrés) ont également été mesurées. Les paramètres de dégradation (a , b , c) dans le rumen ont été estimés à l'aide de l'équation exponentielle $p = a + b(1 - e^{-ct})$. La dégradabilité théorique de N (DTN avec un taux de sortie des particules alimentaires hors du rumen $k = 0,04 \text{ h}^{-1}$) a été calculée par l'équation $DTN = a + bc / (c + k)$. Des différences notables ($P < 0,001$) existent entre les aliments quant à la valeur DTN. En moyenne, la DTN des fourrages cultivés (72%) est plus élevée que celle des fourrages naturels (54%). Parmi les fourrages naturels, *P. lucens* a la plus faible valeur DTN, car sa fraction lentement dégradable qui est la plus faible a aussi le plus faible taux de dégradation. La valeur la plus élevée a été observée chez *Acacia albida*, en raison de sa fraction rapidement dégradable plus importante. Chez les fourrages cultivés, le manioc a la plus faible DTN, car sa fraction rapidement dégradable est plus faible ; en outre, sa fraction lentement dégradable qui est plus importante se dégrade moins vite que celles du niébé et de l'arachide. Parmi les concentrés, TSJ se dégrade moins vite que TCT et CSB. Le manioc qui a la teneur la plus élevée en protéines brutes (PB) que les autres fourrages, contient moins d'azote soluble. Le TSJ est de loin le plus riche en PB, mais contient aussi moins d'azote soluble que les autres concentrés. Les résultats sur la solubilité de N sont à prendre avec caution. L'adjonction d'autres sources de protéines moins dégradables dans le rumen à CSB et à TCT permettrait d'augmenter la production de lait des vaches.

Mots clés : production de lait, fourrage, concentré, protéines, solubilité, dégradabilité.

ABSTRACT: Three rumen cannulated steers were used to investigate ruminal nitrogen (N) degradability of 6 forages: leaves of *Ficus gnaphalocarpa* and *Pterocarpus lucens*; *Acacia albida* pods; cowpea, peanut, and cassava leaf hays; and 3 commercial concentrates: wheat bran (WB), soybean meal (SBM) and cottonseed meal (CSM). The forages were incubated in the rumen for 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72, and 96 hrs. Incubation times for the concentrates were 0, 2, 4, 8, 16, 24, and 36 hrs. Nitrogen solubility in NaCl solution and chemical composition (dry matter, ash, and crude protein; and crude fiber of the concentrates) of the feedstuffs were also determined. Rumen degradability of N were estimated using the following exponential equation $p = a + b(1 - e^{-ct})$. Effective degradability of N (EDN, assuming ruminal outflow rate $k = 0.04 \text{ h}^{-1}$) was calculated as $EDN = a + bc / (c + k)$. There was a difference ($P < 0,001$) among the feedstuffs for EDN. On average, the EDN was higher (72%) for the cultivated forages compared to that of the native forages (54%). Among the native forages, *P. lucens* had the least EDN, because its slowly degradable fraction, that was greatest, had the slowest rate of degradation. The greatest EDN was recorded for *A. albida* pods, which had the fastest rapidly degradable fraction. Among the cultivated forages, cassava leaf hay had the least EDN and the slowest rapidly degradable fraction; furthermore, its slowly degradable fraction that was greatest with the slowest rate of degradation compared to cowpea and peanut hays. Among the concentrates, SBM had the lowest EDN. Cassava hay had the most crude protein (CP) content and the least soluble N value compared to the other forages. SBM contains more CP than the other concentrates, but its soluble N value was least. Results on N solubility should be taken with caution. Both the WB and the CSM concentrates have a low potential for increasing milk production and may complement others sources of proteins.

Key words: milk production, forage, concentrate, protein, solubility, degradability.



I. INTRODUCTION

Les animaux ruminants (bovins, ovins et caprins) font face à une situation alimentaire déficitaire en protéines pendant la longue saison sèche de l'année ; ceci se traduit par des pertes de poids menaçant même la vie de l'animal. Les aliments les plus riches en protéines et qui sont disponibles pendant la saison sèche comprennent : les feuilles et les gousses des ligneux fourragers (*Acacia albida* ou Balanzan, *Pterocarpus* ou « guénou », *Leuceana, leucocephala, Glyricidia sepium*, etc.), les fanes/feuilles des légumineuses cultivées (niébé, arachide, manioc, dolique, patate, etc.) et les aliments concentrés du commerce (Bunafama, Aliment Bétail de l'Huilerie Ba Mariama, concentré des Moulins du Sahel, Aliment COPRAAV, etc.).

En plus de la teneur en protéines brutes, la qualité d'un complément de protéines dépend du degré de solubilité ou dégradabilité des protéines de cet aliment dans la panse (ou le rumen). La dégradabilité de l'azote ou des protéines dans le rumen constitue un des principaux paramètres conditionnant la valeur azotée des aliments. Ce principe a été adopté par la plupart des systèmes d'évaluation des protéines alimentaires chez les ruminants (voir INRA-France, 1978 ; ARC-Grande Bretagne, 1984 ; NRC-Etats-Unis d'Amérique, 1988). Le même principe a été démontré bien avant par Whitelaw et Preston (1963). Ces auteurs ont montré que les protéines de la farine de poisson ou du tourteau d'arachide qui étaient rendues moins solubles par le traitement à la chaleur, ont permis à des veaux sevrés de gagner plus de poids que lorsque ces aliments étaient apportés à l'état plus soluble, c'est-à-dire sans traitement à la chaleur. Alors, ces auteurs émirent l'hypothèse qu'une partie des protéines alimentaires insolubles n'avait pas été digérée dans la panse et que celle-ci aurait été plutôt soumise à l'action des enzymes se trouvant dans le petit intestin à la fin du tube digestif, entraînant une meilleure performance des veaux. Dès lors, les systèmes d'évaluation de la valeur azotée des aliments pour ruminants, cités ci-dessus, reposent sur l'estimation de la dégradabilité de l'azote alimentaire dans le rumen. La dégradabilité de l'azote qui peut être mesurée directement par la méthode des sachets de nylon ou estimée par une méthode enzymatique, permet de caractériser deux fractions azotées, une fraction soluble qui est facilement dégradée par les microbes du rumen et une fraction moins soluble ou non dégradée dans le rumen. La fraction dégradée dans le rumen sert à nourrir les microbes, tandis que la fraction non dégradée sert à couvrir les besoins de production (croissance, lait) de l'animal. Les informations sur la dégradabilité de protéines alimentaires disponibles au Mali sont rares et pourtant elles sont d'une importance capitale pour les industriels et les éleveurs, d'où l'intérêt de cette étude.

II. OBJECTIFS DE L'ETUDE

2.1. Objectif global

Augmenter la production de lait de vache dans la région de Ségou.

2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques du projet sont :

- déterminer la composition chimique des compléments de protéines disponibles à Ségou ;
- déterminer la valeur azotée de ces compléments de protéines.

III. MATERIEL ET METHODES

Pour atteindre les objectifs spécifiques de l'étude, les activités suivantes ont été planifiées :

3.1. Détermination de la composition chimique des compléments de protéines

Deux activités opérationnelles ont été exécutées :

3.1.1. Collecte d'échantillons

Après avoir retenu trois types de compléments, des échantillons ont été collectés. Au total neuf aliments ont été retenus, ils sont :

- les arbres fourragers (ou ligneux) naturels : gousses d'*Acacia albida*, feuilles de *Ficus gnaphalocarpa* et feuilles de *Pterocarpus lucens* ;
- les fourrages cultivés comprenant les fanes de niébé et d'arachide et les feuilles de manioc ;
- les sous-produits agro-industriels comprenant : un concentré à base de son de blé (CSB)- formule vache laitière, le tourteau de coton (TCT)- formule vache laitière et le tourteau de soja (TSJ).

3.1.2. Analyses au laboratoire

Des échantillons de ces différents aliments ont été envoyés au laboratoire de nutrition animale (LNA) de l'IER à Sotuba pour les analyses suivantes : matière sèche, cendres, protéines brutes, minéraux (Ca, P, K), cellulose brute, fibres de van Soest (NDF, ADF).

3.2. Détermination de la valeur azotée des compléments de protéines

Cette activité consiste à déterminer le degré de dégradabilité ou de solubilité des protéines des aliments. Deux méthodes d'évaluation sont utilisées.

3.2.1. Méthode chimique

La méthode utilisée est celle du chlorure de sodium (NaCl) qui permet d'évaluer la solubilité de l'azote ou des protéines dans une solution saline; elle a été proposée par Waldo et Goering (1979). Elle est exécutée en collaboration avec le laboratoire du CERFITEX et le LNA de l'IER/Sotuba.

La procédure est décrite ci-dessous

- Réactif: NaCl 0,15 M (8,77 g NaCl / L).
- Procédure:



- a. Peser, en double ou en triple, 2 à 5 g d'échantillon dans un flasque Erlenmeyer de 250 ml. Inclure des blancs.
- b. Ajouter 100 à 200 mL de NaCl 0,15 M.
- c. Placer sur une paque chauffante. Chauffer à 40 ° C et agiter pendant 1 heure (voir photo n°1).
- d. Filtrer à travers du papier filtre Whatman 4. Rincer plusieurs fois avec 0,15 M NaCl (voir photo n°2).



- e. Sécher le papier filtre (60 ° C) et déterminer l'azote (N) selon la méthode de Kjeldahl sur le résidu (c'est-à-dire N insoluble) ou bien, déterminer N (Kjeldahl) sur le filtrat qui aura été dilué à un volume connu (c'est-à-dire N soluble).

➤ N Soluble (en % de N Total) =

$$\frac{1 - \% \text{ N insoluble}}{\% \text{ N total}} = \frac{\% \text{ N Soluble}}{\% \text{ N total}}$$

La solubilité de N est ainsi calculée comme étant N contenu dans le filtrat en pourcentage de N contenu dans l'échantillon de départ, le tout rapporté à la matière sèche (MS).

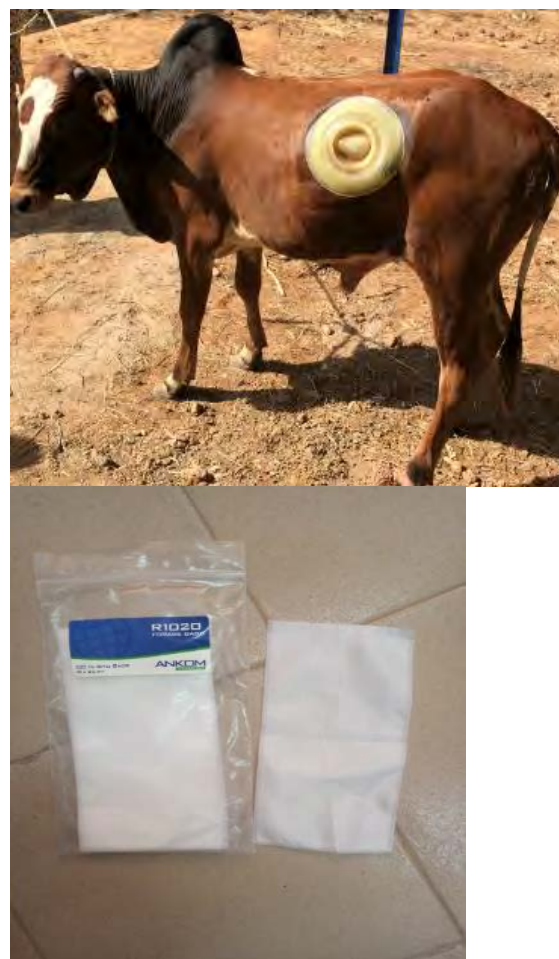
3.2.2. Méthode biologique

La technique des sachets en polyester, ou méthode « *in sacco* » a été utilisée. Elle permet d'évaluer la dégradabilité de l'azote (N) par les microorganismes de la panse.

➤ Les animaux et le régime alimentaire

Trois (03) taurillons âgés de 12 à 18 mois et pesant en moyenne 250 kg ont été utilisés. Les animaux ont été achetés au marché à bétail de Ségou. Une fistule a été placée au niveau de la panse de chaque animal. L'opération chirurgicale a été réalisée par un spécialiste dans le cadre du partenariat avec deux universités des Etats-Unis d'Amérique, à savoir,

l'université de Minnesota et l'université de North Dakota (voir photos ci-dessous).



Les taurillons ont été maintenus en stabulation permanente dans l'enceinte de l'ESAP. Ils recevaient une ration journalière à base d'herbe verte (environ 4 kg) et d'un complément (1kg) comprenant 90% de son de riz et 10% de tourteau de soja. Cette ration contenait environ 15% de protéines brutes (PB). Les animaux avaient à leur disposition de l'eau de boisson et un complexe vitamine-minéral sous forme de pierre à lécher.

➤ Procédure expérimentale

La dégradation de la matière sèche et de l'azote des aliments dans le rumen a été évaluée selon la technique des sachets de nylon telle que décrite par Ørskov et al. (1980). Environ 5 g de l'échantillon de chaque aliment ont été incubés dans des sachets en polyester mesurant 20 x 10 cm et dont les pores ont un diamètre de 50±10 µm. Les aliments ont été préalablement broyés au LNA/Sotuba à l'aide d'une broyeuse munie d'un tamis de 2 mm. Chaque échantillon a été incubé en duplicate.

(1) Incubation des échantillons des fourrages.

Après incubation dans le rumen, les sachets contenant les échantillons ont été retirés après 4, 8, 16, 24, 48, 72, et 96 heures. Les sachets ont été



placés dans le rumen dans l'ordre inverse afin qu'ils soient retirés tous ensemble au même moment. Alors, les sachets pour les différents temps d'incubation ont été placés dans des filets de couleurs différentes. Après retrait, les sachets ont été soigneusement lavés à la main à l'eau de robinet jusqu'à ce que l'eau soit claire. Aussi, 2 sachets contenant 5 g de chaque échantillon ont été trempés dans de l'eau tiède (39°C) pendant 1 h puis lavés, pour déterminer les pertes dues au lavage. Ensuite, les résidus d'échantillons dans les sachets ont été séchés à l'étuve pendant 48h à 60°C pour déterminer le taux de disparition de la matière sèche (MS) qui correspond en fait à la dégradabilité de la MS. Les mêmes résidus dans les sachets, au total 170 échantillons, ont été remis au Laboratoire de l'Université de Dakota du Nord (USA) pour la détermination des protéines. Tout comme la MS, cela a permis de déterminer le taux de disparition des protéines.

(2) Incubation des échantillons des aliments concentrés.

Les temps d'incubation pour les concentrés sont : 2, 4, 8, 16, 24, 36, et 48 heures, et la même procédure décrite pour les fourrages a été suivie. Les concentrés et les fourrages ont été incubés ensemble.

Les paramètres de dégradation de la MS et de l'azote (N) ou des protéines des différents aliments ont été estimés à l'aide du modèle exponentiel de Ørskov et McDonald (1979) :

$$P = a + b (1 - e^{-ct})$$

où P est la proportion de MS ou N dégradé au temps (t), (a) est l'intercepte de la courbe au temps zéro ; c est la fraction de l'aliment qui est immédiatement soluble, (b) est la fraction lentement ou potentiellement dégradé selon une cinétique du 1^{er} ordre avec un taux horaire de dégradation (c).

La dégradabilité théorique (ou « effective degradability ») de la MS (DTMS) et de N (DTN) sont calculées selon la formule établie par Ørskov et McDonald (1979) :

$$DT = a + bc / (c + k)$$

avec $k = 0,04 \text{ h}^{-1}$, correspondant au taux de passage de la phase solide du contenu du rumen chez les races bovines tropicales (Lechner-Doll et al., 1990 ; cités par Fall et al., 1994).

Finalement, l'application des valeurs de dégradabilité théorique *in sacco* de N des aliments permet de prédire les flux de protéines alimentaires entrant dans l'intestin et leur digestibilité dans cet organe selon la structure actuelle du système PDI (Protéines Digestibles dans l'Intestin) Français (INRA, 1988):

$$\text{PDIA} = a \times \text{MAT} \times (1 - \text{DT}) \times \text{dr} \text{ (en g/kg MS)}$$

où MAT= Matières Azotées Totales ou Protéines Brutes, $a = 1,11$ (la fraction non dégradée dans l'animal correspond à 1,11 fois la fraction non dégradée sachets) et $\text{dr} = 0,70$ correspond à la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin.

Ces paramètres ainsi que les données de dégradation par temps d'incubation ont été comparés à l'aide du test de Duncan avec le logiciel de SAS-University-Edition (2018).

IV. RESULTATS

4.1. Composition chimique

Les résultats sur la composition chimique des aliments (Tableau 1) concernent essentiellement la matière sèche (MS), la matière organique (MO), les protéines brutes (PB) la cellulose brute (CB) et la solubilité de l'azote (N). Parmi les fourrages, le manioc a la teneur la plus élevée en protéines brutes (24,6%) et les autres fourrages ont des valeurs situées entre 12 et 14%, à l'exception des gousses d'*A. albida* qui contiennent 9%. La proportion d'azote soluble des feuilles de manioc est plus faible, et les gousses d'*A. albida* ont plus d'azote soluble que les autres fourrages. En ce qui concerne les concentrés, le tourteau de soja (TSJ) est de loin le plus riche en protéines (45%); le concentré à base de son de blé (CSB) et le tourteau de coton (TCT) ont respectivement des teneurs en PB de 17 et 14%.

Tableau 1. Composition chimique des aliments étudiés et solubilité de l'azote.

Aliments	MS	MO	PB	CB	N soluble
	%MB ¹	-----%MS-----	-----%MS-----		%N total
Tourteau de soja	96,5	89,7	45,0	Nd ²	12,5
Concentré de son de blé	96,2	89,3	17,4	11,3	32,7
Tourteau de coton	98,8	95,3	13,7	31,5	29,6
Gousses d' <i>Acacia albida</i>	98,8	94,3	9,4	23,5	72,1
<i>Pterocarpus lucens</i>	98,0	92,2	14,9	nd	46,1
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	99,1	84,7	13,1	nd	52,3
Fanes de niébé	96,8	87,1	12,8	nd	52,2
Feuilles de manioc	95,5	86,7	24,6	nd	25,0
Fanes d'arachide	97,6	91,7	12,4	nd	51,4

¹MB : matière brute ; ²nd =non déterminé



Le TCT est trois fois plus riche en cellulose brute (31%) que le CSB (11%). Le TSJ contient moins d'azote soluble que les autres concentrés.

La dégradation horaire de la matière sèche (DMS) des fourrages et des concentrés aux différents temps d'incubation dans le rumen sont consignés dans les tableaux 2 et 3.

4.2. Valeur azotée des aliments

Tableau 2. Dégradation horaire de la matière sèche des fourrages incubés dans le rumen.

Aliments	Temps d'incubation (h), moyenne (%)							
	0*	4	8	16	24	48	72	96
Gousses d' <i>A. albida</i>	48.51	53,7 ^a	60,2 ^a	69,3 ^b	72,8 ^{ab}	75,4 ^c	77,8 ^c	81,5 ^c
Feuilles de <i>P. lucens</i>	41.61		33,4 ^d	36,0 ^c	38,0 ^c	46,3 ^d	50,1 ^e	54,7 ^e
Feuilles de <i>F. gnaphalocarpa</i>	21.15	27,2 ^d	41,1 ^c	67,8 ^b	69,0 ^b	79,7 ^b	83,3 ^b	85,0 ^{ab}
Fanes de niébé	32.43	43,5 ^b	53,1 ^b	67,6 ^b	67,5 ^b	72,5 ^c	77,3 ^d	76,4 ^d
Feuilles de manioc	28.66	39,1 ^c	51,0 ^b	79,7 ^a	78,6 ^a	86,1 ^a	87,8 ^a	86,4 ^a
Fanes d'arachide	40.19	50,4 ^a	61,2 ^a	74,2 ^{ab}	77,6 ^a	78,9 ^b	82,1 ^b	83,1 ^{bc}
ET		3,6	5,1	5,6	5,0	2,6	2,2	1,8
Seuil de signification		***	***	***	***	***	***	***

*Correspond aux pertes dues au lavage des sachets ; ^{a-c}valeurs d'une même colonne avec différentes lettres sont significativement différentes ($P < 0,05$) ; *** $P < 0,001$.

D'une façon générale, la DMS a significativement varié ($P < 0,001$) entre les espèces fourragères étudiées. Parmi les fourrages naturels, les gousses d'*A. albida* ont enregistré la valeur de DMS la plus élevée de l'ordre de 69 % jusqu'à 16 h d'incubation

dans le rumen. Pendant la même période, la plus faible valeur a été observée chez les feuilles de *P. lucens* (36%) et les feuilles de *F. gnaphalocarpa* avaient un profil intermédiaire (63%).

Tableau 3. Dégradation horaire de la matière sèche des aliments concentrés incubés dans le rumen.

Aliments	Temps d'incubation (h), moyenne (%)						
	0*	2	4	8	16	24	36
Son de blé	45,5	50,1 ^a	54,9 ^a	62,9 ^a	67,7 ^b	72,9 ^b	79,7 ^b
Tourteau de soja	35,0	37,8 ^b	43,1 ^b	57,3 ^b	77,5 ^a	90,4 ^a	94,5 ^a
Tourteau de coton	40,2	36,3 ^b	45,6 ^b	52,1 ^c	56,6 ^c	65,6 ^c	67,6 ^c
ET		3,7	3,2	2,7	4,3	4,5	4,3
Seuil de signification		***	***	***	***	***	***

*Correspond aux pertes dues au lavage des sachets ; ^{a-c}valeurs d'une même colonne avec différentes lettres sont significativement différentes ($P < 0,05$) ; *** $P < 0,001$.

En revanche, la comparaison entre les gousses d'*A. albida* et les feuilles de *F. gnaphalocarpa* indique une tendance inverse après 16 h ($P < 0,05$) et cela de façon régulière jusqu'à 96 h, lorsque la DMS des gousses d'*A. albida* était inférieure à celle des feuilles de *F. gnaphalocarpa*. Chez les fourrages cultivés, après 8 h d'incubation, la DMS des fanes de niébé (53%) et surtout celle des fanes d'arachide (61%) était plus élevée ($P < 0,05$) que celle des feuilles de manioc (51%). Mais après 16h et de façon consistante jusqu'aux dernières périodes d'incubation, les feuilles de manioc avaient la valeur la plus élevée.

Quant à la DMS des concentrés, des différences significatives ($P < 0,001$) ont été observées aux différents temps d'incubation dans le rumen. Durant

les premières heures d'incubation, entre 2 et 8 heures, le son de blé avait la valeur la plus élevée, tandis que le tourteau de soja et le tourteau de coton avaient presque le même profil de dégradation. Au-delà de 16 heures, la DMS du tourteau de soja était la plus élevée, le tourteau de coton avait la plus faible valeur et le son de blé avait un profil intermédiaire.

Paramètres de dégradation des fourrages

Les paramètres de dégradabilité (*a*, *b*, *c*), la dégradabilité théorique de l'azote (DTN) et la valeur PDIA des aliments sont rapportés dans le tableau 4.

En ce qui concerne les paramètres de dégradation, des différences significatives ($P < 0,001$) ont été observées entre les fourrages. Pour plus de clarté dans l'exposé, seuls les résultats relatifs à la DTN (avec un taux de passage de 0,04 h⁻¹) sont présentés, car l'utilisation digestive de l'azote est une préoccupation majeure pour le bétail pendant la saison sèche. En effet, nous avons trouvé une forte corrélation ($r = 0,914$; $P < 0,001$) entre la



dégradabilité théorique de la MS (DTMS) et la DTN. Une différence significative ($P < 0.001$) a été observée entre la DTN moyenne des fourrages cultivés (72%) et celle des fourrages ligneux (53.5%). Par conséquent, les résultats sont présentés séparément. Chez les fourrages ligneux, la DTN de *P. lucens* (31,2%) est inférieure à celles de *F. gnaphalocarpa* (50,3%) et des gousses d'*A. albida* (78,1%), car sa fraction lentement dégradable *b* est plus faible. A l'opposé la DTN élevée des gousses d'*A. albida* résulte de l'importance de leurs

fractions rapidement dégradables *a* et d'une vitesse de dégradation *c* de la fraction lentement dégradable plus rapide (13,6% h⁻¹). La DTN élevée des gousses d'*A. albida* serait en rapport avec le fait que chez cette espèce, 90 % de l'azote est localisé dans le cytoplasme et correspond à l'azote rapidement dégradable (Fall et al., 1994). Les feuilles de *F. gnaphalocarpa* ont une DTN intermédiaire ; elle est à relier à une fraction lentement dégradable plus importante (92,7%).

Tableau 4. Paramètres de dégradabilité (*a*, *b* et *c*), dégradabilité théorique de l'azote et valeur PDIA des fourrages et des concentrés.

	<i>a</i> (%)	<i>b</i> (%)	<i>c</i> (%h ⁻¹)	DT (%) (<i>k</i> = 4%h ⁻¹)	PDIA (g/kgMS)
Fourrages					
Gousses d' <i>A. albida</i>	41,9 ^a	47,3 ^c	13,6 ^a	78,1 ^a	16
Feuilles de <i>P. lucens</i>	20,5 ^b	32,9 ^d	2,8 ^c	32,2 ^e	83
Feuilles de <i>F. gnaphalocarpa</i>	0,5 ^c	92,7 ^a	4,5 ^c	50,3 ^d	51
Fanes de niébé	21,9 ^b	63,4 ^b	14,1 ^a	71,2 ^b	29
Feuilles de manioc	-0,9 ^c	96,3 ^a	10,6 ^b	68,8 ^c	60
Fanes d'arachide	24,7 ^b	66,5 ^b	13,9 ^a	76,0 ^a	23
ET	5,6	6,7	2,2	1,8	
Seuil de signification	***	***	***	***	
Concentrés					
Tourteau de soja	6,1 ^b	80,3 ^a	6,1 ^b	53,9 ^b	162
Concentré de son de blé	47,0 ^a	44,2 ^b	12,4 ^b	80,1 ^a	27
Tourteau de coton	39,6 ^a	42,1 ^b	34,5 ^a	77,7 ^a	23
ET	15,7	16,0	10,2	3,8	
Seuil de signification	***	***	***	***	

^{a-c}valeurs d'une même colonne avec différentes lettres sont significativement différentes ($P < 0,05$) ; *** $P < 0,001$.

Chez les fourrages cultivés, le manioc a la plus faible DTN (68,8%), en raison d'une fraction rapidement dégradable *a* plus faible et d'une fraction lentement dégradable *b* plus importante avec une faible vitesse de dégradation *c*. Par contre, la DTN plus élevée des fanes de niébé (71,2%) et surtout des fanes d'arachide (76,0%) résulte du fait que leurs fractions *b* se dégradent plus vite. Toutefois, le coefficient de la fraction soluble (ou rapidement dégradable) des feuilles de manioc était négatif. Cela indique qu'il y a un temps de latence avant que la dégradation de l'azote ne commence (McDonald, 1981).

Dégradation des concentrés

La DTN du tourteau de soja est la plus faible, car sa fraction rapidement dégradable *a* est plus faible. Le tourteau de coton et le concentré de son de blé ont des valeurs DTN similaires et plus élevées que celle du tourteau de soja en raison de leurs fractions rapidement dégradables plus élevées.

V. DISCUSSION

Composition chimique des aliments et solubilité de l'azote

Les variations dans la composition chimique liées aux caractéristiques propres de l'espèce, au stade de récolte, aux conditions d'échantillonnage et de conservation, aux techniques d'analyse ne permettent pas de procéder à des comparaisons rigoureuses et détaillées des résultats. Pour les aliments concentrés, la composition chimique des sous-produits peut aussi varier en fonction du processus de transformation technologique. Il est cependant possible de mettre en parallèle les résultats obtenus avec ceux de la littérature disponible.

Les protéines constituent le facteur limitant pour la croissance des jeunes et la production laitière chez les ruminants. A cet égard, dans les systèmes d'évaluation des aliments, une attention particulière est donnée non seulement à la teneur en protéines de l'aliment, mais aussi à la solubilité des protéines alimentaires. La solubilité de l'azote a longtemps été considérée par plusieurs chercheurs comme étant un facteur qui affecte la dégradabilité des protéines alimentaires dans le rumen. Cependant, un commentaire de nos résultats sur la solubilité de N



de ces aliments n'est pas aisée, compte tenu de l'inconsistance de la méthode d'extraction avec une solution saline, comme rapportée par certains auteurs (Krishnamoorthy et al., 1982), due essentiellement au fait que cette solution saline a un faible pouvoir tampon. Aussi, la seule comparaison que nous avons pu faire avec des données disponibles dans la littérature concerne les feuilles de manioc dans l'étude de Inthapanya et al. (2012). Ces auteurs, en utilisant la même méthode ont obtenu des valeurs de 33,1% dans les feuilles fraîches, 31,6% dans des feuilles ensilées et 29,9% dans des feuilles sèches de manioc. La valeur de 25% obtenue dans notre étude concerne des feuilles sèches. La solubilité de N (12,5%) du tourteau de soja obtenue dans la présente étude (Tableau 1) se situe aussi dans la plage de variation de 10,4 à 30,2% rapportée par González et al. (2002) sur des échantillons de tourteau de soja obtenus soit par extraction à l'hexane, soit par pression et des échantillons de graines de soja extrudées ou chauffées. Mais ces auteurs ont déterminé la solubilité des protéines dans la solution tampon de McDougall, différente de la solution saline utilisée dans notre étude.

La teneur relativement élevée en PB des espèces ligneuses fourragères est assez bien documentée, contrairement aux graminées. Selon Norton (1998 ; cité par Sanon, 2007), les teneurs en PB des légumineuses arborées tropicales varient entre 12 et 30%, et le Houerou (1980) a rapporté une moyenne de 12,5% pour les ligneux de l'Afrique de l'Ouest, avec environ 17% pour les légumineuses. Récemment, au Mali, Nantoumé et al. (2014) ont rapporté des valeurs de 15% et 12%, respectivement pour les feuilles *P. lucens* et les feuilles de *F. gnaphalocarpa*. Cissé et Koné (1991) au Mali, ont trouvé une teneur de 9% dans les gousses d'*A. albida*. Pour la même espèce, Modu-Kagu et al. (2018) au Nigéria, ont rapporté une valeur moyenne de 17%. En ce qui concerne les légumineuses cultivées, des teneurs en PB comprises entre 8 et 23% ont été rapportées par Oteng-Frimpong et al. (2017), Anderson (2016) sur différentes variétés d'arachide au Ghana. Pour le manioc, des teneurs de 18 à 25% sont données par Oni et al. (2010) au Nigeria, Suchitra et Wanapat (2008) en Thaïlande et par Bengaly et al. (2010) en Malaisie pour différentes variétés. Antwi et al. (2014) au Ghana, ont donné des valeurs de 15 à 23% pour différentes variétés de niébé. En général, toutes ces espèces fourragères contiennent le niveau minimal en PB requis pour les besoins d'entretien des ruminants (8% PB selon Norton, 1998 ; cité par Sanon, 2007). Les espèces utilisées dans la présente étude ont des teneurs en PB qui se situent dans la fourchette mentionnée par ces différents auteurs.

La teneur en protéines brutes rapportées dans notre étude pour le concentré à base de son de blé (CSB),

à savoir, 17% (Tableau 1) se situe dans la plage de variation de 14 à 20% rapportée par Michalet-Doreau (1992) pour les sons et remoulages en France. Le tourteau de soja aussi se situe dans la gamme des tourteaux de soja 44 à 50% répertoriés par Michalet-Doreau (1992). Le tourteau de coton utilisé dans cette étude a une valeur en PB inférieure (13,7%) à celle rapportée par Calvet (1973) pour les tourteaux provenant de graines non décortiquées (18%).

Dégradation des aliments dans le rumen

Les fourrages

La valeur de la dégradation horaire de la matière sèche d'un aliment grossier après 48 h d'incubation dans le rumen est souvent proche du coefficient de digestibilité *in vivo* de cet aliment (Ehargava et Ørskov, 1987). Cette valeur qui est considérée comme un indicateur de qualité (Preston, 1986), est supérieure à 50% pour tous les aliments étudiés, à l'exception des feuilles de *P. lucens*.

Pour dégrader les particules alimentaires dans le rumen, les bactéries s'adhèrent à celles-ci, et cette adhésion est d'autant plus rapide que les particules alimentaires sont peu lignifiées (Latham et al., 1979) ou que la fraction facilement dégradable est plus importante. Les différences dans le profil de dégradation observées entre les gousses d'*A. albida* et les feuilles de *F. gnaphalocarpa* d'une part, les feuilles de manioc et les fanes d'arachide d'autre part, sont en lien avec les variations de l'activité des enzymes cellulolytiques pendant la période d'incubation. Bhat et al. (1988 ; cités par Bengaly, 2002), ont observé un détachement précoce de la moitié des bactéries cellulolytiques sur des particules de pailles des variétés d'orge facilement dégradables, alors que très peu de bactéries se détachaient des particules des pailles les moins dégradables. Dans notre étude, la DMS élevée chez les feuilles de *F. gnaphalocarpa* et celles du manioc pendant les dernières périodes d'incubation résulterait alors d'une plus grande expression de l'activité cellulolytique des microorganismes du rumen sur les particules de ces échantillons, par manque de substrats facilement dégradables. Ces résultats sont examinés plus en détail à travers l'analyse des paramètres de dégradabilité des fourrages dans les paragraphes qui suivent.

Ces résultats sont probablement en rapport avec les différences liées au degré de lignification des parois cellulaires, plus important chez les ligneux que les fourrages cultivés. Malheureusement, ces constituants pariétaux n'ont pas été déterminés. Chez *P. lucens*, la fraction azotée rapidement dégradable et surtout la fraction lentement dégradable, la vitesse de dégradation et donc la DTN ont toujours été faibles. Des teneurs en parois relativement élevées dans les feuilles de *P. lucens*



ont été déterminées par certains auteurs. Par exemple, Nantoumé et al. (2014) ont rapporté des valeurs de 39,0% et 27,8%, respectivement pour NDF et ADF. Teklehaymanot (2016) a trouvé des valeurs de 53,9% (NDF) et 36,8% (ADF). Cette grande proportion de parois probablement plus lignifiées qui, en diminuant l'accessibilité des contenus cellulaires, expliquerait également la moindre dégradabilité de *Pterocarpus*. Mais il est possible que la faible DTN des fourrages ligneux soit liée aussi à un problème de contamination microbienne. Le lavage des sachets contenant les échantillons des aliments après incubation, doit permettre de débarrasser partiellement les débris des microorganismes qui restent fixés sur les particules alimentaires (Michalet-Doreau, 1992). Si ce lavage est insuffisant, surtout lorsque plusieurs opérateurs interviennent (c'est le cas dans cette étude), la part d'azote microbien résiduel dans certains sachets peut être importante, résultant en une sous-estimation de la valeur de la dégradabilité. Selon Michalet-Doreau (1992), ces problèmes liés au lavage peuvent être facilement détectés par le fait que l'écart-type est alors beaucoup plus faible pour la dégradabilité de la matière sèche que pour celle de l'azote, et que la teneur en azote des résidus de sachets augmente régulièrement avec la durée d'incubation. Dans la présente étude, l'écart-type est plus faible pour la dégradabilité de la MS des échantillons des ligneux fourragers que pour celle de l'azote (11,8 contre 19,6 points). Aussi, nous avons constaté que la teneur en azote des résidus de sachets pour deux échantillons de ligneux, *P. lucens* et *F. gnaphalocarpa* augmentait régulièrement avec la durée d'incubation, et ces deux aliments avaient la plus faible dégradabilité de l'azote.

Les amplitudes de variation de la vitesse de dégradation 'c' et de la proportion de la fraction rapidement dégradable 'a' de l'azote ont été relativement grandes. Elles constituent des critères de classification importants car elles déterminent la disponibilité des nutriments dans le rumen surtout lorsque les animaux sont nourris à base de fourrages pauvres en protéines et riches en composés lignocellulosiques. Sur la base de ces critères, parmi les ligneux, les gousses d'*A. albida* qui ont la plus faible teneur en PDIA (Tableau 4), devraient engendrer une élévation plus rapide du taux d'ammoniac dans le rumen; elles seraient donc plus indiquées pour la complémentation de rations pauvres en protéines dégradables dans le rumen. Par exemple, Reed et al. (1993), dans un essai de croissance chez des béliers nourris à base de pailles de teff et de foin de vesce et recevant des gousses d'*A. albida* et du tourteau de coton comme sources de protéines, ont rapporté que le taux de croissance des animaux n'était pas différent entre les deux compléments, 39 g (pour les gousses) et 48 g/jour (pour le tourteau de coton). Selon Cissé et Koné (1993), les gousses d'*A. albida* peuvent être utilisées

comme complément dans la ration des ruminants en raison de sa richesse en protéines et en énergie, malgré la présence de tannins. Par contre, les feuilles de *P. lucens* et de *F. gnaphalocarpa*, qui présentent des teneurs en PDIA plus élevées (Tableau 5), seraient plutôt indiquées pour des rations pauvres en protéines digestibles dans l'intestin (ou «bypass proteins»). Quant aux fourrages cultivés dont les valeurs PDIA varient entre 23 (fanes d'arachide) et 29 g/Kg de MS (fanes de niébé), ces aliments seraient indiqués pour la complémentation de rations pauvres en protéines dégradables dans le rumen; tandis que les feuilles de manioc dont la teneur en PDIA est plus élevée (60 g/kg de MS), serviraient de bonnes sources de «bypass» protéines.

Les concentrés

En ce qui concerne les concentrés, d'autres facteurs de variation de la dégradabilité sont à prendre en considération. Pour le cas des céréales et de leurs sous-produits, la dégradabilité de l'azote augmente avec l'augmentation de la finesse de broyage de la céréale; elle dépend aussi du diamètre de mouture de la céréale initiale (Michalet-Doreau, 1992). La taille réelle des particules est plutôt le facteur déterminant de la précision de la mesure de dégradabilité de cet type d'aliment (Michalet-Doreau et Cerneau, 1991; cités par Michalet-Doreau, 1992). La dégradabilité théorique de l'azote de CSB (80%) se rapproche des valeurs moyennes rapportées par cet auteur, soit 76% pour un son gros de blé et 84% pour un son fin ou un remoulage blanc. La dégradabilité théorique du TSJ (54%) est largement inférieure à la valeur moyenne de 14 tourteaux rapportée par Michalet-Doreau (1992), située entre 61 et 76%.

VI. CONCLUSION

La teneur d'un complément en protéines importe beaucoup. Elle doit être supérieure ou égale à 20% en particulier, lorsque la ration de base est très pauvre en protéines. On voit bien que le tourteau de soja est de loin le plus riche en protéines, suivi par les feuilles de manioc. Dans le rationnement économique des animaux, on recommande en général un apport minimal de concentrés dans le souci de maximiser l'utilisation des fourrages cultivés utilisés comme compléments. Toutefois, beaucoup d'efforts restent encore à fournir pour garantir une bonne qualité des fourrages cultivés depuis la récolte jusqu'à leur utilisation pendant la saison sèche.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent au Rectorat de l'Université de Ségou à travers le Centre d'Expertise et de Recherche Appliquée au Développement (CERAD) pour le financement de cette étude dans le cadre du Projet d'Appui au Développement de l'Enseignement Supérieur (PADES) de la Banque Mondiale. Nous tenons aussi à remercier les



Professeurs Harouna MAIGA et Marc BAUER de l'Université de Minnesota et de Dakota du Nord des Etats-Unis d'Amérique pour la pose des canules du rumen et des échantillons dans les sachets de nylon et les analyses de l'azote sur les résidus. Aussi, leurs commentaires et suggestions sur ce rapport sont appréciés.

RÉFÉRENCES

1. Agricultural Research Council (ARC, 1984). The Nutrient Requirements of Livestock (C.C. Balch, D.G. Armstrong, J.F.D. Greenhalgh, E.L. Miller, E.R. Ørskov, J.H.B. Ray, R.H. Smith and J.C. Taylor, eds), Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, England.
2. Antwi, C., Osafo, E.L.K., Donkoh, A. and Adu-Dapaah, H. (2014). Chemical composition, gas production and degradation characteristics of haulms of improved dual purpose Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) cultivars. *Livestock Research for Rural Development*. <http://lrrd.org/lrrd26/11/antw26194.html>
3. Bengaly, K. (2002). Enhancing the utilization of oil palm frond (*Elaeis guineensis*) by steam treatment and nitrogen supplementation in ruminants. PhD thesis, Universiti Putra Malaysia.
4. Bengaly, K., Liang, J.B., Jelani, A.Z., Ho, Y.W. and Ong, H.K. (2010). Utilization of steam-processed oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by ruminants in Malaysia : Investigations for nitrogen supplementation. *African Journal of Agricultural Research*. Vol 5 (16), pp. 2131-2136.
5. Calvet, H. (1973). Graine et tourteau de coton en embouche intensive. <https://agritrop.cirad.fr>
6. Cissé, M.I. et Koné, A.R. (1991). Rôle fourrager d'*Acacia albida* Del: état des connaissances et perspectives pour les recherches futures. in *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest : comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger (Vandenbeldt, R.J. et Reanrd, C. eds.).
7. Fall, T.S., Diaw B., Michalet Doreau B., Poncet C., Bergeault R. (1994). Dégradabilité in situ de la matière sèche et des matières azotées de quelques fourrages ligneux : application de la méthode in sacco à l'étude de la digestion dans le rumen et dans les intestins : In : Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique Centrale et Occidentale. Rapport final CCE-DGXII ST2.A/89/215.F. Guérin Hubert (ed.). Maisons-Alfort : CIRAD-EMVT, 365-403.
8. González, J., Andrés, S., Rodriguez, C. and Alvir, M. (2002). In situ evaluation of the protein value of soybean meal and processed full fat soybeans for ruminants. *Animal Research*, EDP Sciences, 2002, 51 (6), pp. 455-464. 10.1051 / animres :2002039 : hal-00889822.
9. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1978). Alimentation des Ruminants, Ed. INRA Publications, Versailles, France.
10. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1988). Alimentation des Ruminants, Ed. INRA Publications, Versailles, France.
11. Inthapanya, S., Preston, T. R., Khang, N. D. and Leng, R. A. (2012). Effect of processing of cassava leaves on protein solubility and methane production in an in vitro incubation using cassava root as source of energy. *Livestock Research for Rural Development* 24 (2) 2012. Disponible à www.lrrd.org/lrrd24/2/sang24036.htm
12. Krishnamoorthy, U., Mucato, T. V., Sniffen, C. J., and Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen Fractions in Selected Feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65: 217-225.
13. Latham, M.J., Hobbs, D.G. and Harris, P.J. (1979). Adhesion of rumen bacteria to alkali-treated plant stems. *Annales de Recherches Vétérinaires*, INRA Editions, 1979, 10 (2-3), pp. 244-245; hal-00901140.
14. McDonald, I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J Agric Sci* 96, 251-252.
15. Michalet-Doreau, B. (1992). Aliments concentrés pour ruminants: dégradabilité in situ dans le rumen. *INRA Prod. Anim.*, 5 (5), 371-377.
16. Modu-Kagu, H.A., Zarah, A.I., Abba-Aja, H.K. and Mohammed, I.D. (2018). *Nig. J. Anim. Sci. Tech.* Vol. 1 (1):31 - 37
17. National Research Council (NRC, 1988). Nutrient Requirements of Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. USA.
18. Nantoumé, H., Sidibé, S., Cissé, S., Cinq-Mars, D., Kouriba, A., Sanogo, A., Olivier, A. et Bonneville, J. (2014). Préférences alimentaires des ovins: appétence des principales espèces de ligneux fourragers au sud-est du Mali. *Livestock Research for Rural Development*. <http://lrrd.org/lrrd26/12/nant26223.htm>
19. Oni, A.O., Onwuka, C.F.I., Arigbede et coll. (2010). Chemical composition and in sacco degradability of cassava leaves grown in Southern Nigeria in the rumen of sheep. *Trop Anim Health Prod* 42:1385-1393.
20. Ørskov, E.R. and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in rumen from



incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.*, 92, 799-503.

21. Ørskov, E.R., DeB.Hovell, F. D. and Mould, F. (1980). The use of nylon bag technique for evaluation of feedstuff. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.

22. Reed, J.D., Rittner, U., Tanner, J. et Wiegand, O. (1993). Valeur nutritive des feuilles et des fruits de *Faidherbia albida* et leur emploi dans l'alimentation des ruminants. Pages 43-50 in *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest : comptes rendus d'un atelier, 22-26 avril 1991, Niamey, Niger (Vandenbeldt, R.J. et Reanrd, C. eds.).

23. Sanon, H.O. (2007). The Importance of some Sahelian Browse Species as Feed for Goats. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

24. Sanon, S., Sawadogo, L. et Kaboré-Zoungana, C-Y. (2010). Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (5) : 1519-1528.

25. Sharma K, Narayan D and Uma N (2004). An on-farm appraisal of feeding urea-treated straw to buffaloes during late pregnancy and lactation in a mixed farming system. *Livestock Research for Rural Development* 16 (11) 2004.

26. Suchitra, K. and Wanapat, M. (2008). *Livestock Research for Rural Development* (20 supplement).

27. Waldo, D.R. et H.K. Goering (1979). Insolubility of Protéines in Ruminant Feeds by Four Methods. *J. Anim. Sci.* 49: 1560-1568. <https://doi.org/10.2527/jas1979.4961560x>.

28. Whitelaw, F. G. and Preston, T. R. (1963). The nutrition of the early-weaned calf. III. Protein solubility and amino acid composition as factors affecting protein utilization. *Animal Production* 5 :131-140.

29. Zoundi, J. S., Nianogo, A.J. et Sawadogo, L. (1996). Utilisation de gousses de *Piliostigma reticulatum*(DC.) Hochst. et feuilles de *Cajanus cajan* (L.) en combinaison avec l'urée pour l'engraissement des moutons Djallonké type Mossi et du Sud au Burkina. *TROPICULTURA*, 14, 4 :149-152



Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de forage analysées au laboratoire national de la santé durant le 1^{er} semestre 2019

Djénéba Niambélé^{1*}, Ousmane Diarra^{1,2}, Ibrahima Traore³, Aminata Doumbia¹, Fassé Samake^{1,2} et Amadou Hamadoun Babana²

¹Institut des Sciences Appliquées, Bamako, Mali

²Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies, Bamako, Mali

³Laboratoire National de la Santé LNS

*Auteur correspondant : djenebaniambelle130@gmail.com

RESUME : De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme et son environnement. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est très vulnérable à la pollution et sa protection s'impose à tous les niveaux. L'Objectif de cette étude était de contrôler la qualité bactériologique des eaux de forage de certaines localités du pays (Mali). Les analyses bactériologiques ont été réalisées sous une hotte à flux laminaire, un ensemencement en profondeur. Les résultats de l'étude ont été appréciés par rapport aux critères définis par l'AMANORM. Sur les 30 échantillons d'eau de forage analysés, 13,33% sont non-conformes et 86,67% sont conformes pour les Coliformes Totaux (CT), 23,33% des échantillons sont non-conformes et 76,67% sont conformes pour les paramètres des Coliformes Thermo-Tolérants (CTT). Pour les Germes Aérobie Mésophiles (GAM), 46,67% sont non-conformes contre 53,33% de conformité. Le taux de conformité des échantillons aux *Streptocoques* fécaux est de 96,67% contre 3,33% de non-conformité. Au cours de notre étude, les échantillons d'eaux de forage analysés sont globalement conformes à 53,33%. Le taux de non-conformité global est de 46,67%. La bonne qualité des eaux de consommation assure la bonne santé de la population, ce qui est une condition de développement durable d'une nation.

Mots clés : Qualité, bactériologique, Eau, Forage

I. INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle grâce à laquelle se développe et se maintient la vie. Malgré son abondance (couvrant 70% de la surface de la terre), l'accès à l'eau potable constitue un problème majeur de santé publique [1]. Selon l'OMS, 1,8 milliard de personnes dans le monde utilisait une source d'eau contaminée par des matières fécales [2]. En 2010, 783 millions de personnes n'avaient pas accès à l'eau potable [1]. L'ONG Solidarité Internationale indique qu'en 2018, un tiers de la population mondiale buvait de l'eau insalubre et 2,6 millions de personnes mouraient chaque année de maladies hydriques. Elle estime que d'ici 2050, 40% de la population mondiale sera confrontée à des pénuries d'eau [3]. Au Mali, comme dans la plupart des pays en voie de développement, la gestion des ressources en eau devient de plus en plus problématique. En 2011, près de la moitié de la population malienne vivant dans des zones rurales n'avait pas accès à l'eau potable [4]. Le ministre en charge de l'Energie et de l'Eau a avancé en 2018, un taux d'accès à l'eau potable de 68% à l'échelle nationale [5]. La qualité de la faible couverture en eau potable est menacée par la défécation en plein air. Cela constitue un des principaux défis de la distribution de l'eau potable au Mali [6]. Lorsque ces matières fécales contaminent les sources d'eau, notamment les eaux souterraines, elles engendrent des maladies d'origine hydriques

comme le choléra, la fièvre typhoïde etc...et renforcent le problème de la malnutrition. La diarrhée est une des principales maladies hydriques affectant les enfants et la première cause de mortalité infantile [7]. De nombreuses études ont été entreprises pour réduire les risques de contamination des eaux en général et des eaux souterraines en particulier [5]. C'est dans ce cadre que se situe l'avènement du forage, un système d'exploitation des eaux souterraines en expansion au Mali afin d'améliorer la couverture en eau potable. Cependant l'eau de forage est très vulnérable à la pollution et n'assure toujours pas une bonne qualité hygiénique. Sa protection s'impose à tous les niveaux. Le seul moyen d'être sûr de la qualité de cette eau est de faire une analyse régulière [8]. Cette analyse régulière est l'une des missions du Laboratoire National de la Santé (LNS). C'est pourquoi lors de mon stage au LNS notre étude a porté sur « l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de forage analysées durant le 1^{er} semestre ». En effet la recherche des germes indicateurs de la qualité de l'eau tels que les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux doit être permanente pour prévenir la consommation des eaux contaminées par les bactéries pathogènes. Ce travail avait comme objectif de contrôler la qualité bactériologique des eaux de forage dans certaines localités du Mali au Laboratoire National de la Santé.



II. MATÉRIEL ET METHODES

2.1. MATERIEL

➤ Nature des échantillons :

Il s'agit des échantillons d'eau de forage

➤ Prélèvement des échantillons :

Les forages ont été prélevés en flambant le bout du tuyau, en laissant couler l'eau durant un certain temps (deux minutes). Des flacons stériles d'un litre ont été remplis en laissant un espace vide au bord. Certains flacons contenant 10mg de thiosulfate de sodium étaient utilisés dans le cas où l'eau est traitée avec le chlore ou dérivés. Le thiosulfate de sodium agit comme agent neutralisant du chlore résiduel qui pourrait être présent dans l'eau. Il empêche ainsi le chlore d'agir entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse et permet donc d'obtenir une estimation juste du nombre de microorganismes présents dans l'eau au moment du prélèvement.

Les prélèvements ont été acheminés au laboratoire dans une glacière à température ordinaire. Au laboratoire, les échantillons ont été enregistrés avec un numéro de référence. Ils ont été réceptionnés et traités le même jour dans un intervalle de temps de 12 heures. Après l'enregistrement, une fiche de paillasse est établie pour chaque échantillon contenant les renseignements suivants : numéro d'analyse, numéro de référence, nom de l'échantillon et les paramètres à analyser. Après l'analyse, nous avons conservé les échantillons au réfrigérateur entre 4 et 6°C jusqu'à la fin de l'étude.

2.2. METHODES

2.2.1. Préparation des milieux de culture :

Les milieux de culture ont été préparés selon le protocole du fabricant.

2.2.2. Analyses des paramètres bactériologiques des eaux :

Pour les analyses bactériologiques nous avons réalisé sous la hotte à flux laminaire un ensemencement en profondeur des échantillons d'eau. Le poste de travail a été bien nettoyé et les boîtes ont été numérotées. Les différents germes ont été recherchés : les germes aérobies mésophiles, les coliformes totaux, les coliformes fécaux ou thermo-tolérants, les *streptocoques* fécaux.

2.2.3. Recherche et dénombrement des Germes Aérobie Mésophiles (GAM).

Cette analyse a été réalisée selon la méthode NF EN ISO 4833-1.

A l'aide d'une pipette stérile, nous avons prélevé 1mL de l'échantillon qu'on a transféré au centre des boîtes de Pétri pour essai. Le milieu PCA en surfusion a été versé, environ 15mL dans chaque boîte de Pétri puis bien homogénéisé par des mouvements de rotation et laissé solidifier pendant 10 à 15min. Après la solidification complète du milieu, nous avons coulé 5mL de la gélose blanche en surfusion à la surface du milieu ensemencé constituant une deuxième couche et laissé refroidir

pendant 10 minutes. Les cultures ont été incubées à 37°C pendant 24 heures. Les colonies blanchâtres ont été dénombrées à l'aide d'un compteur munie d'une loupe. Le résultat du dénombrement a été exprimé en Unité Formant Colonie (UFC/mL).

2.2.4. Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux (CT) :

Cette analyse a été réalisée selon la méthode 08-050.

A l'aide d'une pipette stérile, nous avons prélevé 1mL de l'échantillon qu'on a transféré au centre des boîtes de Pétri pour essai. Le milieu VRBL en surfusion a été versé, environ 15mL dans chaque boîte de Pétri puis bien homogénéisé par des mouvements de rotation et laissé solidifier pendant 10 à 15min. Après la solidification complète du milieu, nous avons coulé 5mL de la gélose VRBL en surfusion à la surface du milieu ensemencé constituant une deuxième couche et laissé refroidir pendant 10 minutes. Les cultures ont été incubées à 30°C pendant 24 heures. Les colonies roses ou rougeâtres sur les milieux VRBL ont été dénombrées à l'aide d'un compteur de colonies munie d'une loupe.

2.2.5. Recherche et dénombrement des Coliformes Thermo-Tolérants (CTT) :

Cette analyse a été réalisée selon la méthode 08-051.

A l'aide d'une pipette stérile, nous avons prélevé 1mL de l'échantillon qu'on a transféré au centre des boîtes de Pétri pour essai. Le milieu VRBL en surfusion a été versé, environ 15mL dans chaque boîte de Pétri puis bien homogénéisé par des mouvements de rotation et laissé solidifier pendant 10 à 15min. Après la solidification complète du milieu, nous avons coulé 5mL de la gélose VRBL en surfusion à la surface du milieu ensemencé constituant une deuxième couche et laissé refroidir pendant 10 minutes. Les cultures ont été incubées à 44°C pendant 24 heures. Les colonies roses ou rougeâtres sur les milieux VRBL ont été aussi dénombrées par la même technique. Le résultat du dénombrement a été exprimé en Unité Formant Colonie (UFC/mL).

2.2.6. Recherche les *streptocoques* fécaux

Nous avons prélevé 1mL de l'échantillon à analyser que nous avons mis dans un tube contenant 10mL de bouillon de Rothe. Le mélange a été bien homogénéisé à l'aide d'un vortex. Les cultures ont été incubées à 37°C pendant 24 heures. L'échantillon positif présentait un trouble au fond du tube.

L'échantillon positif a été soumis au test confirmatif sur le bouillon de Litsky. Pour cela 1mL prélevée de culture positive de bouillon de Rothe (milieu de présomption) a été transféré dans un tube contenant 10 mL du bouillon de Litsky (milieu de confirmation) et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures. Un témoin négatif de bouillon de Litsky a été utilisé dans les conditions d'incubation.



2.2.7. Traitement des données

Les données des résultats ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel Epi-info version7 et logiciel SAS. Les résultats ont été appréciés par rapport aux critères définis par la norme malienne MN-03-02/011:2011(AMANORM) et de l'OMS 2016.

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

3. 1. Résultats

Tableau 1 : Concentration des microorganismes des différents échantillons

Echantillons	GAM (UFC /mL)	CT (UFC /mL)	CTT (UFC /mL)	Strept fécaux
E ₁	0	0	0	-
E ₂	200	6	2	-
E ₃	200	0	0	-
E ₄	150	14	6	-
E ₅	0	0	0	-
E ₆	150	20	10	+
E ₇	150	0	0	-
E ₈	150	20	21	-
E ₉	22	5	2	-
E ₁₀	40	9	0	-
E ₁₁	3	0	0	-
E ₁₂	200	0	0	-
E ₁₃	45	0	0	-
E ₁₄	200	36	25	-
E ₁₅	0	0	0	-
E ₁₆	65	0	0	-
E ₁₇	0	0	0	-
E ₁₈	80	0	0	-
E ₁₉	200	0	0	-
E ₂₀	84	0	0	-
E ₂₁	0	0	0	-
E ₂₂	200	0	0	-
E ₂₃	200	0	0	-
E ₂₄	200	0	0	-
E ₂₅	200	0	0	-
E ₂₆	0	0	0	-
E ₂₇	0	0	0	-
E ₂₈	10	0	0	-
E ₂₉	47	0	0	-
E ₃₀	0	0	0	-
Normes maliennes	≤100 UFC	≤10 UFC	0 UFC	Absence

Tableau 2: Analyses de variance pour la contamination en germes des échantillons en fonction des différents paramètres.

Source	DDL	GAM	CT	CTT
		Carré moyen	Carré moyen	Carré moyen

Echantillons	29	2.76***	0.69***	0.46***

3.2. Interprétation

***, significatif à $P < 0,05$ et $P < 0,01$, respectivement.

Le test de la variance sur l'analyse des paramètres microbiologiques des différents échantillons montrent qu'il y a une différence significative entre les différents échantillons et entre les différents paramètres mesurés.

Au vu du tableau 1, nous constatons que le nombre de Coliformes Totaux varie de 0 à 36

La valeur maximale est observée au niveau de E₁₄. Toutes ces valeurs sont inférieures à la norme (10UFC/100mL) excepté quatre échantillons (E₄, E₆, E₈, E₁₄). Quant aux Coliformes Thermo-Tolérants, ils varient entre 0 à 25 UFC. La valeur maximale est observée au niveau de l'échantillon 14 (E₁₄). 7 échantillons sur 30 ne sont pas conformes aux normes (0 UFC/100mL). D'une manière générale la présence des coliformes dans les eaux entraîne chez l'homme des problèmes diarrhéiques. Le dénombrement des Germes Aérobie Mésophiles nous montre que 16 échantillons sur 30 sont conformes aux normes (100 UFC/1mL). Le nombre de GAM varie entre 0 et 200UFC. Aussi ce tableau fait ressortir la présence des *Streptocoques* fécaux sur un seul échantillon (E₆).

Le taux de conformité global des échantillons est de 53,33% soit 16/30 et 46,67% soit 14/30 de non-conformité.

Pour les Coliformes Totaux :

Sur 30 échantillons, 26 échantillons sont conformes aux normes soit 86,67% et 4 échantillons non conformes, soit 13,33%. Nous pouvons dire que les 4 échantillons ont été contaminés par diverses sources (des déchets stockés, des latrines et des fosses septiques) susceptible de causer une pollution aux alentours de ces forages.

Pour les Coliformes Thermo-Tolérants :

23 échantillons sur 30 sont conformes au critère de CTT soit 76,67% et 7 échantillons non-conformes au critère de CTT soit 23,33%. Nous concluons que la non-conformité des 7 échantillons peut se traduire par la présence des déchets fécaux et fosses septiques aux alentours de ces forages.

Pour les Germes Aérobie Mésophiles :

Sur 30 échantillons, 16 échantillons respectent les normes du GAM soit 53,33% contre 14 échantillons non-conformes soit 46,67%. La présence des GAM peut s'expliquer par le fait que ce paramètre regroupe l'ensemble des bactéries de l'environnement. Il s'agit donc d'une présence naturelle de bactéries dans les eaux souterraines.



Pour les *Streptocoques fécaux* :

29 échantillons soit 96,67% sont conformes aux normes contre 3,33% non conformes. Ce seul échantillon non-conforme a été contaminé soit par des animaux, des latrines et des fosses septiques (pollution fécale d'origine humaine) aux alentours de ces forages.

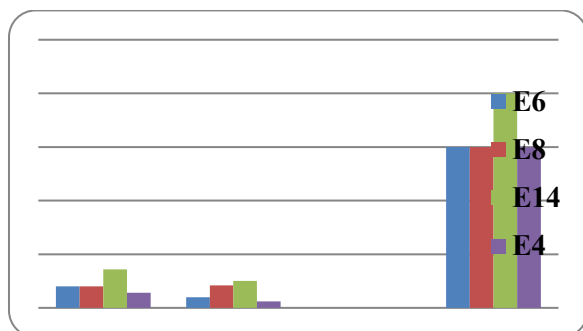


Figure 1: Taux de non-conformité des échantillons

IV. CONCLUSION

Les eaux de forage sont des sources importantes d'approvisionnement en eau au Mali. Elles sont destinées à divers usages et surtout dans l'alimentation. La contamination de ces eaux par des bactéries d'origine fécale constitue un risque majeur de gastro-entérites pour les consommateurs. Les causes sont surtout le défaut d'assainissement et le manque d'hygiène dans les familles. Notre étude a révélée un taux de non-conformité de 46,67% de la qualité bactériologique des eaux de forage analysées. Sur les 30 échantillons, 14 contenaient de GAM, 4 de CT, 7 de CTT et 1 de *Streptocoques fécaux*. La mauvaise qualité bactériologique de ces eaux est liée à la présence de germes indicateurs de contaminations fécales. Cette présence manifeste l'existence de bactéries pathogènes dans le milieu. Cependant l'absence des coliformes n'est pas synonyme d'absence d'autres bactéries. Les bactéries sont présentes naturellement et en grand nombre dans notre environnement : air, eau, sol... Elles ne sont pas systématiquement pathogènes.

Elles ont la propriété de se développer très rapidement, si le milieu ambiant leur est favorable.

REFERENCES

- [1]. Tidiane DIALLO, 2017. Qualité bactériologique des eaux de consommation ; Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Médecine de pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako, page 2/32.
- [2]. OMS, 2015. Directives de la qualité de l'eau.
- [3]. ONG Solidarité Internationale, journée mondiale de l'eau, 2018. 30% de la population mondiale n'a pas accès à l'eau potable, le 21 mars 2018, disponible sur www.Environment.Magazine.Fr.
- [4]. OMS, 2011. Water Quality and Water borne disease in the Niger River Inland Delta, Mali: A study of local knowledge and response, dans Health and Place, vol.2, 2011, PP.449-457.
- [5]. Abdoulaye Faman COULIBALY (Ministre de l'Eau et de l'Energie), 2018, «Mali, Taux d'accès à l'eau potable au Mali, le combat», 23 mars 2018, journal.mali.actu.net.
- [6]. Water and sanitation infrastructure: Access, affordability and Alternatives/URL/=https://books.Google.Com/books?Id=34hd8rF4130C&pg=PA68 ! Consulté le 15 décembre 2015
- [7]. Habiba DJEBBARI, Carolina LOPEZ, Massa COULIBALY, Maria Laura ALZUA, 2015 « Effect of a communityled Sanitation intervention on child diarrhea and child growth in rural Mali » On the Lancet Global Health, vol 3, ISSUE11, PE701-E711, November 2015.
- [8]. Mamadou SQUARE, 2017. Contrôle de qualité des eaux ; Rapport de stage, page 3/9.



**BIOLOGIE ANIMALE OU VEGETALE, NUTRITION /
AMINAL BIOLOGY AND NUTRITION**



Caractérisation des espèces de *Meloidogyne* des cultures maraîchères de la zone péri urbaine de Bamako (Mali)

Boubacar Kola Touré *, Sékou Sako, Yacouba Maïga et Ibrahima Yattara
Département de Biologie, Faculté des Sciences et des Techniques, Bamako,
Auteur Correspondant : boubakola@gmail.com

RÉSUMÉ: Le maraîchage au Mali est confronté à de multiples problèmes parmi lesquels il y a les nématodes du genre *Meloidogyne*. L'objectif de cette étude est de déterminer les espèces de *Meloidogyne* inféodées aux cultures par les plaques périnéales des femelles. La collecte des échantillons de racines a été faite sur cinq sites autour de la ville Bamako. Les femelles ont été d'abord extraites des racines, fixées par la méthode de l'hypochlorite de sodium-acide-fuchsine puis disséquées sous stéréoscopes, afin d'observer leurs plaques périnéales. La variabilité spécifique des nématodes du genre *Meloidogyne* sur les cultures maraîchères a été prouvée. Trois espèces ont été trouvées : *M. arenaria*, *M. javanica* et *M. incognita*. D'autres espèces pourraient allonger cette liste si les recherches se poursuivent avec des techniques d'identification plus précises telles que les hôtes différentiels, l'électrophorèse des estérases et les méthodes moléculaires basées sur l'ADN.

Mots clés : Cultures maraîchères, *Meloidogyne*, plaques périnéales, identification, Mali

ABSTRACT: Market gardening in Mali is faced with multiple problems among which there are nematodes of the genus *Meloidogyne*. The objective of this study is to determine the *Meloidogyne* species subservient to cultures by the perineal plates of females. Collection of root samples was done at five sites around Bamako City. The females were first extracted from the roots, fixed by the method of sodium hypochlorite-acid-fuchsin and then dissected under stereoscopes, in order to observe their perineal plates. The specific variability of the nematodes of the genus *Meloidogyne* on vegetable crops has been proven. Three species were found: *M. arenaria*, *M. javanica* and *M. incognita*. Other species could extend this list if research continues with more precise identification techniques such as differential hosts, esterase electrophoresis, and DNA-based molecular methods.

Keywords: Market gardening, *Meloidogyne*, perineal plates, identification, Mali

I. INTRODUCTION

Les cultures maraîchères occupent pour plusieurs raisons, une place de choix parmi les cultures irriguées. Parmi ces raisons il y a leur contribution appréciable à l'autosuffisance alimentaire, l'augmentation du revenu des paysans et surtout des femmes et des jeunes qui les entretiennent.

La production de légumes au Mali a considérablement augmenté ces dernières années pour atteindre 1900173 tonnes sur une superficie de 173110 ha [1]. Cette production permet aux acteurs de diversifier ainsi que d'améliorer leur régime alimentaire grâce à l'apport en vitamines et en sels minéraux. La ville de Bamako consomme environ 22 932 tonnes de légumes par an [2].

Le développement du maraîchage est confronté à de nombreux problèmes parmi lesquels il y a la rareté de l'eau et les parasites. Parmi les parasites les nématodes constituent le groupe le plus important après les insectes. Ils provoquent de nombreux dégâts entraînant une baisse des rendements [3].

[4] rapporte qu'au sein des peuplements de nématodes, les espèces du genre *Meloidogyne* sont les plus connues pour leur pathogénicité sur les cultures maraîchères. Ils sont de loin les plus redoutables. Polyphages ils s'attaquent à la majorité des cultures entraînant une baisse considérable de

rendement. Cette perte de récolte a été estimée au niveau mondial à 14% par an [5] ; 15 - 25% voire 75% dans certains cas selon [6]. En plus ils sont dotés d'un grand pouvoir de multiplication leur permettant d'envahir rapidement les racines des plantes sur lesquelles ils provoquent des galles. En termes d'argent [7] ont évalué les dégâts occasionnés par ces nématodes au niveau mondial à 173 millions de Dollars par an.

Ces parasites posent actuellement de sérieux problèmes sur les sites maraîchers visités de Bamako et de Ségou [8]. Les cultures les plus sensibles sont les solanacées, les cucurbitacées, les légumineuses, les ombellifères, les composées. Dans la présente étude les espèces de *Meloidogyne* sur les cultures légumières ont été caractérisées par les plaques périnéales des femelles.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Sites d'étude

Cinq sites permanents de maraîchage tous situés à proximité du fleuve Niger, ont été choisis pour la collecte des échantillons de racines. Il s'agit de Samanko (12°31'419 N; 08°04'921 W), de Sotuba (12°39'721 N ; 07°56'726 W), de Tiébani (12°32'807 N ; 08°02'347 W), de Daoudabougou (12°36'878 N ; 07°58'598 W) et de Baguinéda



(12°37'975 N ; 07°47'503 W). Le prélèvement des échantillons s'effectue selon échantillonnage systématique au moyen d'un déplantoir. Cette collecte s'est déroulée sur les cultures (tomate, aubergine, gombo, laitue, oignon...). Les racines prélevées sont immédiatement placées dans des sachets en plastique marqués du nom du site, du nom de la culture, de la date. Elles sont ensuite placées dans une glacière pour les protéger des rayons solaires pouvant tuer très rapidement les nématodes et transportées au laboratoire. Au laboratoire les échantillons sont conservés au frais pour être analysés dans deux semaines au plus tard.

2.2 Extraction et observation de Meloidogyne

Préparation

- la fixation des nématodes : Elle a été faite sur des racines portant des galles en bon état, par la méthode de l'hypochlorite de sodium-acide fuchsine [7 ; 9]. Les racines ont été découpées en fragments de 2cm. Ces morceaux de racines ont été ensuite éclaircis à l'eau de javel pendant 4 minutes puis rincés à l'eau du robinet pendant 15 min pour enlever les séquelles de l'eau de javel. Ils doivent être par la suite bouillis pendant 30 secondes dans 30 ml d'eau distillée plus 1 ml d'une solution stock d'acide fuchsine (0,35g acide fuchsine ; 25ml acide acétique ; 75ml eau distillée) et ensuite rafraîchis pendant 30 min à la température ambiante. Ensuite les racines ont été décolorées dans une solution de glycérol acidifié en ajoutant 6 gouttes d'acide nitrique et bouillies. Les racines décolorées seront débarrassées du glycérol puis placées dans une boîte à pétri contenant du lactophénol pour une conservation temporaire.

- La dissection des femelles : elle a été faite sous stéréoscope sur une lame porte-objet. Les nématodes femelles fixés à l'acide fuchsine sont péchés à l'aide d'une aiguille lancéolée et déposés sur une lame porte objet dans une goutte d'eau distillée, puis à l'aide d'épines d'entomologiste la femelle est percée et vidée de son contenu en appuyant légèrement sur le nématode.

2.3 Observation et identification : Cette identification a été faite à partir des plaques périnéales des nématodes. On ajoute ensuite une goutte de glycérol ou de lactophénol. L'ensemble a été recouvert d'une lamelle couvre objet. Les bulles d'air ont été éliminées en flambant légèrement la lame. La lamelle est ensuite scellée avec du vernis à ongle pour une conservation de durée moyenne. Ces préparations sont utilisées pour l'observation microscopique (400x). Pour une détermination spécifique des nématodes, ces figures périnéales ont été comparées à celles publiées par [10].

III. RÉSULTATS

Détermination des nématodes

L'observation microscopique des plaques périnéales a révélé trois types de plaques (Figure 1), qui ont été comparées à celles publiées par [10]. Le premier

type correspond à *M. arenaria*, le deuxième est à *M. incognita*, et le troisième à *M. javanica*. *M. arenaria* représente l'espèce la plus abondante 43,1% des échantillons, il est suivi de *M. incognita* 33,8% des échantillons *M. javanica* est la moins abondante 23,1% des échantillons observés (Figure 2).

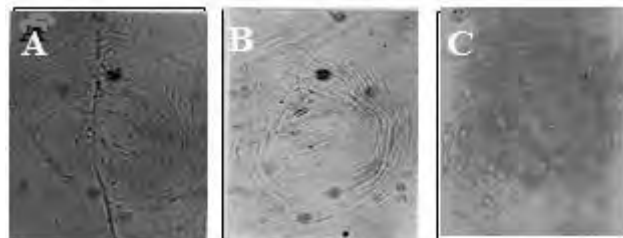


Figure 1. Photo illustration des empreintes périnéales de *Meloidogyne* femelles: A = *M. arenaria* ; B = *M. incognita* ; C = *M. javanica*

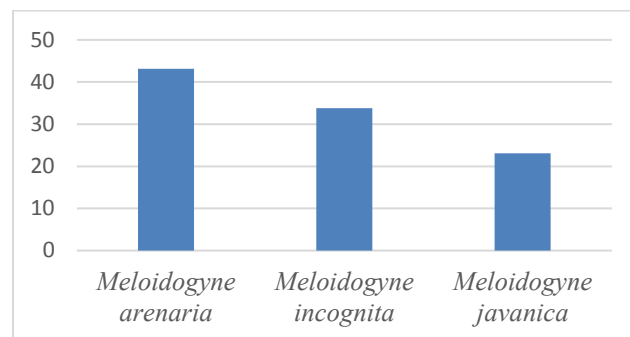


Figure 2. Fréquences des espèces de *Meloidogyne* spp. identifiées à partir des plaques périnéales de femelles

IV. DISCUSSIONS

Au cours de cette étude, trois des espèces majeures de *Meloidogyne* ont été déterminées. Ces espèces sont de loin les plus fréquents dans la zone inter tropicale [11 ; 12]. Les résultats trouvés montrent une différence avec ceux de l'Alabama où [5] ont trouvé deux espèces : *M. arenaria* avec 3% des échantillons observés et *M. incognita* 96%. Les résultats seraient aussi différents de ceux associés au tabac en Chine rapporté par [13]: Dans cette région, l'espèce *M. arenaria* occupe 61,9% ; *M. javanica* 28,5% et *M. incognita* 9,5%.

Dans ces deux pays *M. javanica* est l'espèce la plus rependue avec 80% des échantillons. Les mêmes espèces ont été signalées par [4] au Maroc dans les jardins vergers. Ces chiffres confirment la présence de ces parasites partout dans le monde.

Il serait donc souhaitable de poursuivre ces travaux pour élucider le problème de l'existence d'autres espèces de *Meloidogyne* au Mali. Des techniques d'identification telles que le test de pathogénicité sur les hôtes différentiels (coton, piment, melon, tomate), les techniques basées sur l'ADN et des mesures morphométriques sont nécessaires. L'examen des plaques périnéales est seulement une première étape à réaliser. En plus, dans le processus



d'identification des nématodes à galles, il permet d'avoir une idée de la variabilité de la population de *Meloidogyne* spp autour de Bamako.

Les différences entre nos résultats et ceux des travaux réalisés ailleurs peuvent résider dans le fait que nos échantillons ont été collectés dans une zone restreinte autour de la ville de Bamako.

V. CONCLUSIONS

Les espèces rencontrées sont principalement *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*. D'autres espèces pourraient probablement allonger cette liste si les recherches se poursuivent sur d'autres sites et avec des techniques d'identification plus précises. Les résultats de cette étude sont seulement une ébauche de l'identification des nématodes à galles car le temps et les moyens n'ont pas permis d'approfondir les recherches.

Partant de ces travaux préliminaires, les nouvelles recherches à entreprendre pourraient s'orienter vers une confirmation de l'identification par des techniques plus précises telles que les hôtes différentiels, l'électrophorèse des estérases et les méthodes moléculaires basées sur l'ADN.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements à tous ceux dont la compétence et la disponibilité ont contribué dans ce travail, spécialement à : Kollo AI (Phytopathologiste à l'AVRDC), Dembélé S (Coordinateur du Programme de Formation des Formateurs, Rectorat USTTB), tous les maraichers de Bamako.

RÉFÉRENCES

[1] Ministère de l'Agriculture du Mali. Statistiques de la direction Nationale de l'Agriculture (DNA) sur la production des cultures maraîchères au Mali. Campagne agricole 2017-2018. 2018, 7p.
 [2] Ministère de l'Agriculture du Mali. Annuaire de statistique 2015 du secteur de développement rurale. 2016, 133p.
 [3] A. Nadine. Communautés de nématodes phytoparasites associés à l'olivier : réponse aux forçages anthropiques et environnementaux. Thèse de Doctorat. Sciences agricoles. Montpellier SupAgro. 2015, 334 p.
 [4] F. Mokriani et M. Sbaghi. Les nématodes à galles, un programme intégré de lutte est nécessaire. Agriculture du Maghreb. N°104. Mai-Juin 2017. 3p.
 [5] W. Groover W, L. S. Lawrence. *Meloidogyne* spp. Identification and distribution in Alabama crops via the differential host test and molecular analyse.

Belwide cotton Conferences, San Antonio, TX, January 3-5, 2018. 3.

[6] C-H. Jiang, P. Xie, K. Li, Y-S. Xie, L-J. Chen, J-S. Wang, Q. Xu, J-Hu. Guo. Evaluation of root-knot nematode disease control and plant growth promotion potential of biofertilizer Ning shield on *Trichosanthes kirilowii* in the field. *Environmental Microbiology, Brazilian Journal of Microbiology*. 49 : 2018, pp 232 – 239.

[7] V. Phani, N. S. Tagginahalli, G.D. Keith and R. Uma. *Meloidogyne incognita* Fatty Acid and Retinol-Binding Protein (Mi-FAR-1) Affects Nematode Infection of Plant Roots and the Attachment of *Pasteuria penetrans* Endospores. *Frontiers in Microbiology*, Volume 8, Article 2122. November 2017, 13p.

[8] B. K. Touré. Les nématodes des cultures maraîchères : Dynamique saisonnière des peuplements et détermination des espèces de *Meloidogyne* dans la zone péri-urbaine de Bamako. Thèse de Doctorat. Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako. Faculté des Sciences et des Techniques. 2017 ; 170 p.

[9] M. M. Fayzia, S. S. Amira , A. E. M. Khalil, Shawky SM and Taher AA. Seasonal fluctuation and biological control of root knot nematodes *Meloidogyne incognita* on cucumber. *Pakistan Journal of Nematology*. ISSN 2313-1942, 36 (1): 2018 ; 71-81.

[10] L. Boros, E. Fanelli, T. E. Sesan, I. Dobrin, B. Iacomi, and F. de Luca. Detection and characterisation of root knot nematodes (*Meloidogyne* spp) associated with three host plants in Romania. *Romania Biotechnological Letters*. University of Bucarest. Vol. 23, N 6, 14097-14106, 2018.

[11] Th. Powers, T. Harris, R. Higgins, P. Mullin and K. Powers (2018). Discovery and identification of *Meloidogyne* species using COI DNA Barcoding. *Soc. of Nematol. Journal of Nematology*. 50 (3). 2018: 193-412.

[12] L. Rusinque, M. Lurdes Inacio, M. Mota and F. Nobrega. Morphological, biochemical and molecular characterisation of *Meloidogyne javanica*, from North Portugal in tomato. *SCAP. Revista de Ciencias Agrarias* 41(1) 2018 ; 193-198.

[13] J. Zeng, Z. Zhang, M. Li, X. Wu, Y. Zeng, Y. Li: Distribution and molecular identification of *Meloidogyne* spp. parasitising flue-cured tobacco in Yunnan, China. *Plant Protect. Sci.* 2018 : 7p.



Connaissances et attitudes pratiques des femmes sur le sevrage au Centre de Santé de Référence de la Commune V

Aminata Doumbia^{1*}, Ousmane Diarra^{1,2}, Maïmouna Kante³, Fasse Samake^{1,2} Amadou Hamadoun Babana² et Djeneba Niambele¹

¹Institut des Sciences Appliquées, Bamako, Mali.

²Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

³Centre de Santé de référence de la commune V

*Auteur correspondant : diarraousmane758@gmail.com

RESUME : Au Mali, à l'instar des autres pays en développement, la malnutrition est un problème de santé publique. Nous avons effectué cette étude pour évaluer la pratique du sevrage par les mères d'enfants âgés de 6 à 59 mois à travers leur fréquentation du service de pédiatrie du CSRef-CV. Nous avons procédé au remplissage d'un questionnaire qui était divisé en trois parties par les parents d'enfants de 6 à 59 mois. La première comportait les renseignements généraux, la seconde était basée sur le sevrage et la troisième à la diversification alimentaire. Les enfants ont été évalués en fonction de leur état nutritionnel pour permettre de les classer en trois groupes (MAM, MAS et Sain). Sur les 100 mères d'enfants de 6 à 59 mois, 30 enfants étaient hospitalisés à l'unité de récupération et d'éducation nutritionnelle intensive (URENI) et 70 venus en consultation à la pédiatrie du CSRef-CV. La plupart des mères d'enfants étaient mariées soit 97% et 3% célibataire, un grand nombre parmi elles ont défini le sevrage comme l'arrêt de l'Allaitement Maternel (AM). La majorité des enfants étaient accompagnés par leurs mères ; 12% des mères étaient à leur première maternité. Les enfants avec MAS ont représenté 31%, le sexe masculin a été le plus représenté soit 55% contre 45% pour le sexe féminin. Les ménagères ont été les plus nombreuses, la plupart étaient soit non instruite ou avait un niveau d'étude primaire. Malgré leur niveau d'instruction faible, elles disent que la diversification a bien des avantages à savoir: protège l'enfant de la malnutrition, donne des vitamines, donne la force.

La prise en compte de ces facteurs dans les programmes ayant pour objectifs d'améliorer les pratiques de sevrage aboutira à protéger l'état nutritionnel de l'enfant pendant sa phase de croissance rapide et, par conséquent, lui garantir la "sécurité nutritionnelle" nécessaire à son développement harmonieux.

Mots clés: Sevrage, Diversification, CSRef-CV, MAM, MAS.

I. INTRODUCTION

La malnutrition cause la mort de plus de 2.5 millions d'enfants chaque année dans le monde. Elle est la cause sous-jacente de plus d'un tiers de tous les décès d'enfants de moins de cinq ans au niveau mondial [1]. Au Mali, à l'instar des autres pays en développement, la malnutrition est un problème de santé publique. Selon l'Enquête Démographique et de santé au Mali [2] réalisée en 2018 a montré que 27% des enfants de 0 à 59 mois souffrent de malnutrition chronique. En d'autre terme ils accusent un retard de croissance. Au cours de la première année de la vie, rarement au-delà, le jeune enfant subit un événement d'une portée considérable sur le plan nutritionnel: le sevrage. IL passe, en effet, d'une alimentation lactée et liquide à une alimentation diversifiée et solide. Cependant, il constitue dans de nombreux cas une véritable agression nutritionnelle qui emporte l'enfant dans le cycle infernal de la diarrhée et de la malnutrition, avec tous les effets néfastes sur sa croissance et son développement psychomoteur. La question est donc de savoir comment aider le nourrisson et le jeune enfant à traverser cette phase d'adaptation alimentaire dans les meilleures conditions.

II. OBJECTIFS

2.1 Objectif général

Etudier la pratique du sevrage par les mères d'enfant de 6 à 59 mois par leur fréquentation du service de pédiatrie du csref CV durant la période de juillet-Août.

2.2 Objectifs spécifiques

Décrire les connaissances et attitudes pratiques des femmes sur le sevrage chez les enfants âgés de 6 à 59 mois admis au service de pédiatrie du csref CV.

Déterminer les problèmes liés au sevrage chez les enfants de 6 à 59 mois admis au service de pédiatrie du csref -CV.

Décrire les bonnes pratiques pouvant satisfaire les besoins nutritionnels des enfants sevrés à travers la diversification alimentaire.

III. MATERIEL ET METHODES :

3.1 Echantillonnage :

L'échantillon était constitué des enfants de 6 à 59 mois vus en consultation à l'URENI ainsi qu'à la pédiatrie du centre de santé de référence de la



commune V. Le nombre total d'enfants enquêté durant la période de l'enquête était 100. La collecte des données était basée sur le remplissage d'un questionnaire par les parents d'enfant de 6 à 59 mois au niveau de la pédiatrie du centre de santé de référence de la commune V. La première comporte des renseignements généraux (les caractéristiques sociodémographiques) ;
La seconde s'intéresse au sevrage ;
La troisième à la diversification alimentaire.

3.2 Méthode :

Conformément au protocole de Prise en Charge Intégrée de la Malnutrition Aigüe : Les enfants ont été évalués selon les critères suivants :

Les enfants âgés de 6 à 59 mois avec un PB compris entre <-2 et ≥ -3 Zscore.

La taille des enfants de moins de 85 cm est mesurée en position couchée et ceux de plus de 85 cm en position debout. Elle est mesurée à partir d'une toise de Shorr dont l'unité est de 0,1 cm.



Figure 1. Toise Shorr

Le poids a été mesuré à partir d'une balance SECA 25kg avec une précision de 0,1kg mère-enfant.



Figure 2. Balance SECA

Les indices anthropométriques des enfants ont été appréciés à partir de la table poids pour –taille (T/P) ou Z-scores.

Une bande de Shakir tricolore a été utilisée pour mesurer le Périmètre Brachial des enfants, cela permet de situer rapidement l'état nutritionnel. La couleur Jaune indique la MAM ≥ 115 et ≤ 125 mm. La

mesure est effectuée au niveau du bras gauche à mi-distance entre l'olécrane et l'acromion grâce à un brassard coloré de SHAKIR [3].



Figure 3. Bande de SHAKIR

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. RÉSULTATS

Tableau 1: Statut matrimonial avec l'état nutritionnel

		statut matrimonial		Total
		Mariée	Célibataire	
Etat nutritionnel	MAS	30	1	31
	MAM	16	1	17
	SAIN	51	1	52
Total		97	3	100

MAS: malnutrition aigüe sévère, MAM: malnutrition aigüe modérée; SAIN: sans malnutrition

Les mariées ont été les plus représentées soit 97% avec 30% d'enfants en étant de Malnutrition Aigüe Sévère tandis que les célibataires étaient les moins représentées soit 3% avec 1% d'enfant en étant de Malnutrition Aigüe Sévère.

Tableau 2: Répartition des enfants selon l'âge du sevrage

Age de sevrage (en mois)	Effectif	Pourcentage
Avant 24	64	64%
24	20	20%
Après 24	13	13%
Nom répondant	3	3%



Le tableau 2 nous montre la répartition des enfants en fonction de l'âge du sevrage, les mères pensent que sevrer un enfant à 24 mois est idéal pour que l'enfant profite de tous les bienfaits de l'Allaitement Maternel.

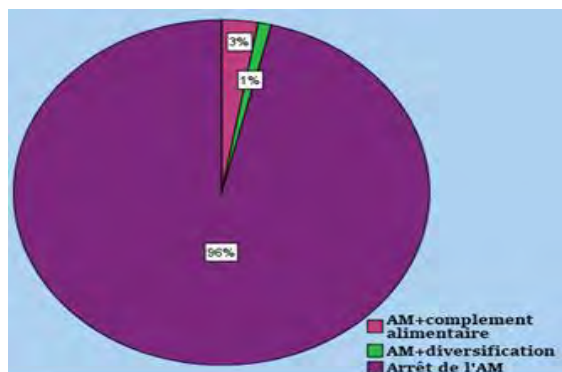


Figure 4: Répartition des mères en fonction de la définition du sevrage

La figure 4 ci-dessus présente les différentes définitions du sevrage par les mères d'enfants enquêtées, 97% des femmes ont définies le sevrage comme l'arrêt de l'Allaitement Maternel et la majorité parmi elles étaient mariées.

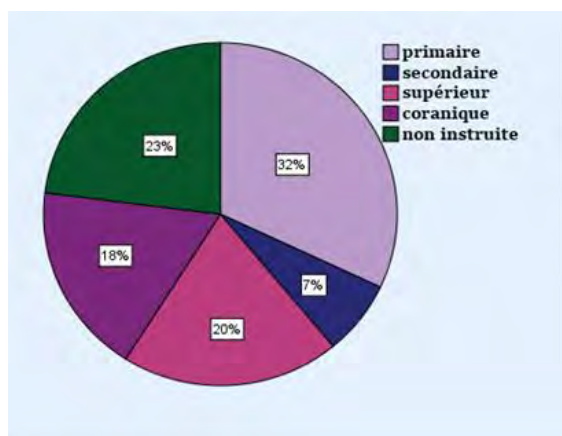


Figure 5: Répartition des mères par rapport à leur niveau d'instruction.

La figure 5 nous montre la répartition des mères par niveau d'instruction. Les mères qui avaient le niveau d'instruction primaire étaient les plus représentées.

4.2 DISCUSSIONS

Au cours de notre étude nous avons trouvés avec les mères enquêtées que les garçons étaient les plus représentés avec 55% contre 45% de fille. Cette prédominance masculine pourrait être due, au fait que les garçons ont été les plus amenés en consultation au moment de l'enquête. Ce résultat est comparable à celui de [4] qui trouve 50,4% pour les garçons contre 49,6% pour les filles. Le sexe féminin était le plus touché avec un taux de MAS égal à 17% et 14% pour le sexe masculin.

Les mères des enfants âgés de 6 à 24 mois étaient les plus représentées soit 84%, parmi elles 97% ont

définis le sevrage comme l'arrêt de l'AM contrairement à 2% qui le définis comme AM + complément d'aliment et 1% comme AM + diversification. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la plus part des mères étaient à plus d'une maternité mais aussi par le fait que durant cette période s'effectue la majorité des sevrages.

92% des mères pensent que la diversification procure (une bonne croissance à l'enfant, donne la force, donne des vitamines...) par contre 7% n'ont pas d'idée. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les principales sources d'informations sur la diversification alimentaire des nourrissons semblent être fournies, d'après les parents, majoritairement par leur médecin 81,82%, mais aussi par la publicité 26,36% puis par leur famille 20,91% et la lecture 9,09%. Une étude française réalisée en 2004[5]

V. CONCLUSION

La période de sevrage est une période à risque élevé de carence nutritionnelle. D'énormes efforts ont été menés au cours de ces dernières années pour promouvoir l'allaitement maternel, alors que la question du sevrage a été laissée un peu de côté, ne recevant pas toute l'importance qu'elle méritait.

Au terme de ce stage à l'URENI du centre de santé de référence de la commune V de Bamako :

Le sexe masculin était le plus représenté soit 55% ; les filles ont occupé le pourcentage élevé de MAS soit 17% ;

La majorité des enfants étaient accompagnés par leurs mères, 96% ont défini le sevrage comme arrêt de l'allaitement maternel, mais beaucoup d'entre elle n'ont rien dit par rapport à la stratégie utilisée pour sevrer ;

12% des mères étaient à leur première maternité donc n'ont pas répondu à toutes les questions.

RÉFÉRENCES

1 UN, 2008-United Nations Children's Fund Situation analysis of children and women in Burundi". UNICEF-Burundi, Bujumbura, 2008

2 EDSM.VI, 2018-Institut National de la Statistique (INSTAT), Cellule de Planification et de Statistique Secteur Santé-Développement Social et Promotion de la Famille (CPS/SS-DS-PF), et ICF. 2019. Sixième Enquête Démographique et de Santé au Mali 2018. Indicateurs Clés. Bamako, Mali, et Rockville, Maryland, USA: INSTAT, CPS/SS-DS-PF, et ICF. Mm.

3 Ministère de la santé, 2012. Protocole de Prise en Charge Intégrée de la Malnutrition Aiguë (PCIMA), p118

4 SMART, 2018-enquête Nutritionnelle et de Mortalité Rétrospective de type SMART-2018, Mali Page 40



5 Bigot-Chantepie S, 2005. Conduite de la diversification alimentaire: enquête prospective

jusqu'à l'âge de 6 mois. Arch Pédiatr 2005; 10: 1570-6.



Bioécologie des fourmis (*Pheidole* sp) au Mali à Katibougou

Fanta Tounkara*, Bakary Sagara, Amoro Coulibaly et Abou Coulibaly
Institut Polytechnique Rural de Formation et de recherche Appliquée de Katibougou

*Adresse email du correspondant : tfanta2019@gmail.com

RESUME: les insectes sont les animaux les plus répandus. Ils ont une influence forte sur l'écosystème et permettent d'évaluer le niveau de conservation de la biodiversité. Les fourmis peuvent affecter la distribution et l'abondance des plantes dans la nature. Ils ont la capacité de modifier les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques des sols et d'affecter la disponibilité des plantes en éléments nutritifs. Cette étude présente les résultats de l'étude sur le comportement des fourmis en présence des grains de sorgho et de la caractérisation des fourmilières dans le domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou. La méthodologie sur le comportement des fourmis a consisté à déterminer la fréquence de déplacement des fourmis, la distance parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture, la préférence des fourmis par rapport aux grains de sorgho trempés à des temps variés et le nombre de fourmis intervenant dans le transport d'un même grain de sorgho. La caractérisation des fourmilières a consisté à déterminer la taille, la densité des fourmilières, l'espace dénudé par les fourmis, et d'identifier les herbacées disponibles sur les piles de déchets des fourmilières. La distance parcourue par les fourmis est fonction de la disponibilité et de la quantité de la nourriture. Elles ont une préférence pour les grains de sorgho non trempés (80%). Le transport des grains de sorgho nécessite la coopération de plusieurs fourmis ($7,00 \pm 4,12$). Dans le domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou, la densité des nids de fourmis et la taille des monticules de débris de l'ouverture des nids sont fonctions des formations végétales. Les fourmis sont polydomiques à Katibougou. Elles ont une préférence pour 4 espèces d'herbacées (*Ipomea triloba*, *Dactylocetenium egyptium*, *Portulaca olarecea* et *Ipomea* sp). Les fourmis occupent une place importante dans la biodiversité du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou.

Mots clés : fourmilières, biodiversité, écosystème, myrmécochorie

I. INTRODUCTION

Dans les tropiques, les animaux les plus nombreux sont les fourmis et les termites [1]. Ces macro-invertébrés du sol sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème [2]. En raison de leurs activités alimentaires, de la taille et de la longévité de leurs nids, les fourmis améliorent la disponibilité des éléments nutritifs dans les sites de nidification grâce à l'accumulation de déchets [3, 4, 5, 6, 7].

Dans les sociétés d'insectes, les ressources sont déplacées de l'environnement vers le nid et entre les individus au sein du nid [8]. L'accès d'un individu aux ressources est fortement influencé par sa position dans l'environnement et par rapport à cette ressource [9]. La plus grande disponibilité de nourriture dans les forêts favorise le développement des colonies de fourmis coupeuses de feuilles du genre *Atta* [10] et conduit à des densités de nidification très élevées [11]. Les fourmis affectent la distribution des graines par deux mécanismes généraux: en récoltant des graines comestibles qui peuvent ensuite échapper à la prédation ou en mangeant la partie nutritive puis rejeter les graines viables [12].

Le transport et l'enfouissement des graines dans les nids par les fourmis sont les principaux avantages de la myrmécochorie [13]. La dispersion réduit la concurrence entre les plantes apparentées tandis que l'enterrement protège les semences contre le feu [14], les prédateurs [15] et fournit des microsites favorables à la germination [16]. Les graines et les

fruits constituent une grande partie de la litière sur le sol des forêts [17] et les interactions avec les fourmis sont répandues dans ces zones. De plus, les fourmis protègent les plantes en réduisant les insectes phytophages [18, 19]. Ce mutualisme se rencontre dans plus de 100 familles de plantes [20, 21].

Ce travail a pour but de fournir des informations sur les actions des fourmis et les caractéristiques des fourmilières avant toute action de valorisation.

II. MATERIEL ET METHODES

Les données ont été collectées en 2017 et 2018 à Katibougou.

2.1 Estimation du nombre de fourmis entrant et sortant d'une fourmilière

Les nombres de fourmis sortant et entrant des fourmilières [22] en 10mn dans les différentes formations végétales ont été déterminés. Pour cela, nous avons placé un fil sur le trajet des fourmis et compté le nombre de fourmis dépassant ce fil en 10 mn dans les 2 sens [23]. L'avantage de cette opération est qu'elle ne dépend pas de la vitesse de déplacement des fourmis, qui est fortement influencée par la température ambiante [24]. Les résultats ont été transférés dans le logiciel Microsoft Excel 2007 et XLSTAT 7.5. L'outil ANOVA a été utilisé pour calculer les nombres moyens. Les variations du nombre de fourmis des différentes formations végétales ont été comparées par le test de Fisher.



2.2 Estimation de la distance parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture

Le trajet parcouru (traces) par les fourmis de l'entrée du nid jusqu'à la source de nourriture a été mesuré [25] dans les différentes formations végétales.

Le logiciel Microsoft Excel 2007 avec XLSTAT 7.5 a été utilisé pour calculer les distances moyennes. Le test de Fisher a été utilisé pour établir s'il existe une différence significative entre les distances parcourues par les fourmis dans les différentes formations végétales.

2.3 Détermination du nombre de grains emportés en fonction de la durée de trempage des grains de sorgho

Les grains de sorgho CSM63E ont été trempés dans de l'eau naturelle à des durées différentes. Ils ont été conservés dans des boîtes à l'air libre au maximum 2 heures de temps après trempage. Le trempage des grains de sorgho a été le principal facteur étudié. Il a été pris à 4 niveaux de variation :

- Les grains de sorgho non trempés constituant le témoin – GNT ;
- Les grains de sorgho trempés pendant 6 heures- GT6 ;
- Les grains de sorgho trempés pendant 8 heures- GT8 ;
- Les grains de sorgho trempés pendant 10 heures- GT10.

Dix fourmilières ont été choisies dans les Grandes parcelles de l'IPR/IFRA de Katibougou et divisées chacune en 4 secteurs d'égales dimensions. Sur chacune des parties nous avons déposé 20 grains de sorgho de même traitement sur les monticules à une distance de 50 cm de l'ouverture du nid. L'opération a été répétée 4 fois en tirant au sort la disposition des traitements pendant 3 jours consécutifs. Le dispositif expérimental est donc une randomisation totale avec 4 traitements. Les nombres de grains de sorgho non récoltés ont été comptés et enregistrés par intervalle de 5 mn jusqu'à la fin de l'opération (40 min après dépôt des grains).

2.4 Identification du mode de transport des grains de sorgho

Au niveau de 10 fourmilières de la grande parcelle de l'IPR/IFRA de Katibougou, des grains de sorgho ont été placés sur le passage des fourmis à chaque 1 m jusqu'à 15 m de l'entrée du nid [26]. Nous avons compté le nombre de fourmis transportant une même graine jusqu'à la fourmilière.

Les données recueillies ont été traitées et analysées par le logiciel Microsoft Excel 2007 et XLSTAT 7.5. Nous avons calculé le nombre moyen de fourmis transportant une graine en fonction de la distance. Les nombres moyens de fourmis des différentes distances ont été comparés par le test de Fisher.

2.5 Détermination de la densité et de la superficie occupée par le monticule de débris des fourmilières

Pour déterminer la densité des fourmilières, la méthode quadrat a été utilisée. Dans chaque formation végétale, 3 quadrats (50 m x 50 m) ont été délimités par des piquets et le choix des quadrats a été aléatoire. Toutes les fourmilières des quadrats des Grandes parcelles, du Potager, et de la Galerie forestière ont été comptées. À l'aide d'un ruban mètre, nous avons mesuré le diamètre du monticule de débris de chaque fourmilière enregistrée [27].

Avec Microsoft Excel, nous avons calculé les densités des entrées des nids dans les différentes formations végétales. Les variances des diamètres des monticules des fourmilières ont été calculées avec XLStat de Microsoft Excel. Le test de Fisher a comparé les diamètres moyens des monticules des fourmilières des différentes strates. Les degrés de liaison existant entre la densité des fourmilières et les diamètres des monticules de débris des fourmilières ont été recherchés en calculant le coefficient de corrélation de rang de Spearman.

2.6 Estimation de l'espace dénudé par les fourmis

Dans les grandes parcelles de l'IPR/IFRA de Katibougou, les rayons des monticules de toutes les fourmilières ont été mesurés. Pour cela, la distance entre l'ouverture du nid de la fourmilière et le plant de sorgho le plus proche (rayon R) a été mesurée. Nous avons calculé la surface dénudée S de chaque fourmilière par la formule suivante : $S = \pi R^2$. L'espace dénudé par les fourmis dans les Grandes parcelles a été obtenu par la sommation des surfaces de toutes les fourmilières.

2.7 Inventaire des espèces végétales sur les monticules des ouvertures des fourmilières

Le nombre et les espèces de grains contenus dans les débris de nidification ont été évalués par essais de germination. Pour cela, des débris ont été collectés autour de 4 ouvertures de nids des 4 formations végétales : Grandes parcelles, Potager, Verger et Galerie forestière. Les échantillons de débris ont été mis dans des bocaux placés dans un milieu semi contrôlé et arrosés régulièrement jusqu'à la levée de toutes les plantes [28]. Les plants ont été identifiés et comptés tous les deux jours.

Avec ANOVA, nous avons calculé les nombres moyens des différentes espèces de plantes et avec le test de Fisher, nous avons comparé les nombres moyens de plants des différentes espèces végétales dans les formations végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou.

III. RESULTATS

3.1 Mobilité des fourmis

3.1.1 Fréquence de déplacements des fourmis

Le nombre moyen de fourmis sortant est de 371,20 et entrant est de 317 dans les fourmilières en 10 min.



Le nombre moyen de fourmis sortant le plus élevé est observé au Potager avec 371,20 et le moins élevé dans la galerie forestière avec 103,20. Le nombre moyen de fourmis entrant le plus élevé est observé au Potager avec 595,80 et le moins élevé dans la galerie forestière avec 128,20. La différence est significative entre les nombres moyens de fourmis entrant et sortant des fourmilières dans les différentes formations végétales (Figure 1).

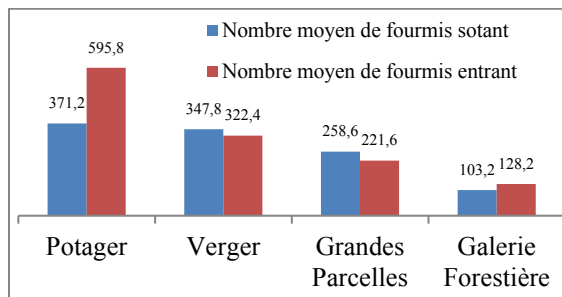


Figure 1 : Déplacement matinal des fourmis à Katibougou en 2018

3.1.2 Distance parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture

La distance maximale (1557,91 cm) parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture est observée dans les Grandes Parcelles et la minimale (942,00 cm) dans la Galerie forestière. Il n'y a pas de différence significative entre les distances parcourues par les fourmis à la recherche de la nourriture dans les différentes formations végétales (Figure 2).

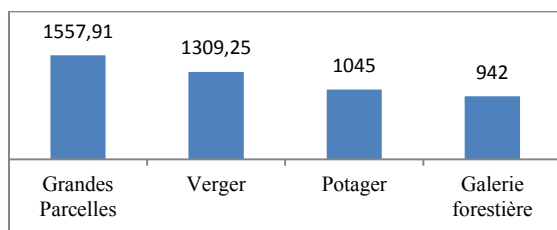


Figure 2 : Distance moyenne parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture à l'IPR/IFRA de Katibougou en 2018

3.2 Etats préférés des grains de sorgho

Les fourmis emportent en première position les grains de sorgho non trempés à 80,00% et à 20,00% les grains de sorgho trempés pendant 8 heures. En 35 min, les grains de sorgho trempés dans de l'eau pendant 6 heures (18,73) sont les plus récoltés par les fourmis (Figure 3).

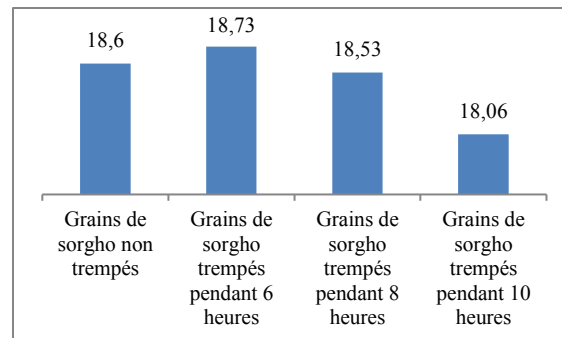


Figure 3 : Nombre moyen de grains de sorgho récoltés par les fourmis en 35 mn à Katibougou en 2017

3.3 Nombre de fourmis par grains apportés au nid

Le nombre moyen de fourmis intervenant dans le transport des grains de sorgho du lieu de ramassage jusqu'à l'entrée du nid est de $7,00 \pm 4,12$. Le nombre maximum de fourmis transportant une même graine du lieu de ramassage jusqu'à l'entrée du nid est de 17 pour une distance de 15 m. Le nombre minimum est de 1 fourmi pour une distance de 1m. Les nombres moyens de fourmis transportant une même graine à 14 et 15 m de l'entrée du nid sont significativement supérieurs aux nombres moyens de fourmis transportant une même graine à des distances inférieures à 14 m.

3.4 Caractéristiques des fourmilières

3.4.1 Densité des fourmilières et taille des monticules

La partie cultivée (coton et sorgho) des grandes parcelles a la densité de nids la plus élevée avec 88 fourmilières/hectare. La densité la plus faible est observée dans la galerie forestière avec 24 fourmilières/ha.

Le diamètre moyen des fourmilières est de 99,28 cm. Le diamètre moyen le plus élevé (122,18 cm) des monticules de nid est enregistré dans la partie cultivée des Grandes parcelles. Le plus petit diamètre moyen (87,31 cm) est enregistré dans la partie en jachère des Grandes parcelles (Figure 5).

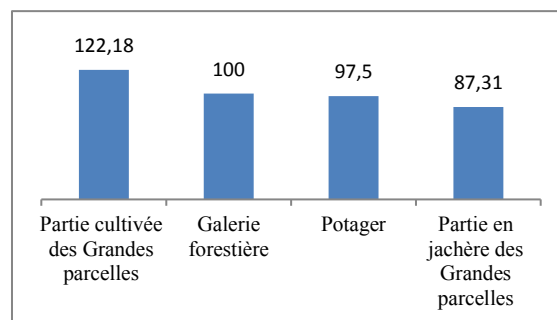


Figure 5 : Diamètres moyens des fourmilières à Katibougou en 2018



3.4.2 Espace dénudé par les fourmis dans les Grandes parcelles

La surface dénudée des entrées des fourmilières est de 348,33 m² par hectare dans les Grandes Parcelles des cultures donc 3,48% de la surface cultivée est dénudée par les fourmis dans cette zone.

3.4.3 Disponibilité des herbacées dans les formations végétales

Les espèces d'herbacées obtenues sur les piles de déchets des ouvertures de nids à Katibougou sont au nombre de 4. Ce sont : *Ipomea triloba* (Linné), *Dactylocetenium egyptium* (Beauv), *Portulaca olarecea* (Linné) et *Ipomea sp.*

IV. DISCUSSION

4.1 Comportements des fourmis

Le nombre de fourmis entrantes dans le nid est supérieur au nombre de fourmis sortantes pendant les décomptes car elles sont dans la nature à la recherche de nourriture. L'intensité des activités alimentaires dépend de la saison et varie selon les conditions météorologiques [29].

Les trajets de recherche de nourriture par les fourmis sont plus longs dans les Grandes Parcelles que dans les autres formations végétales (Potager, Verger et Galerie forestière). La distance parcourue par les fourmis à la recherche de nourriture est fonction de la disponibilité et de la quantité de celle-ci [8].

Les fourmis ont récolté plus de grains de sorgho non trempés que de grains de sorgho trempés. Cela est dû au fait que le trempage des grains de sorgho augmente la teneur en polyphénols [30] qui sont capables de protéger les grains contre les attaques fongiques, les insectes et les oiseaux qui est un avantage agronomique [31, 32]. Tous les grains de sorgho sur les monticules de l'entrée des nids sont récoltés en 40 mn d'exposition. Les fourmis collectent et transportent donc un grand nombre de graines des graminées et des plantes herbacées annuelles [33].

Différentes stratégies ont été développées chez les fourmis pour le transport de nourriture. Certaines espèces du genre *Novomessor* [34], ou les espèces *Pheidologeton silenus* [35] et *Oecophylla longinoda* [36] dissèquent leur proie et la rapatrient collectivement alors que d'autres espèces comme *Monomorium minimum* transportent individuellement les morceaux [37]. Dans les Grandes parcelles, les fourmis ont transportées collectivement les grains de sorgho les unes après les autres jusqu'au nid. Le nombre de fourmis intervenant dans le transport des grains est proportionnel à la distance du lieu de récolte au nid.

4.2 Caractéristiques des fourmilières

Dans le domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou, la densité des nids de fourmis est fonction de la formation végétale. Ainsi, la distribution des nids de fourmis est régulée par des facteurs

environnementaux tels que la végétation, les prédateurs, le sol et le climat [11]. La densité des nids de fourmis est plus élevée dans les Grandes parcelles des cultures que dans la Galerie forestière. Dans les Galeries forestières, la densité des plantes affecte la disposition spatiale des nids de fourmis [38].

La taille des fourmilières indique l'intensité des activités des fourmis. Dans la partie cultivée des Grandes parcelles, les fourmilières ont de grands monticules que dans la Galerie forestière. Dans un environnement hétérogène, certains nids auront plus accès aux ressources que d'autres [28].

La culture du sorgho occupe la majeure partie des Grandes Parcelles et 3,48% de cette surface est dénudée par les fourmis et la présence des nids. Des études ont démontré que les surfaces des monticules de nid restent nues et exemptes de toute végétation, constituant ainsi des zones chauves sur le sol causées par les activités d'excavation de certaines espèces de fourmis qui affectent la zone racinaire des plantes [39] ou par l'inaccessibilité des racines des semis aux nutriments [40, 41].

A l'IPR/IFRA de Katibougou, les graines obtenues dans des piles de déchets sont des graines d'herbacées. Dans les 4 zones (Grandes Parcelles, Galerie Forestière, Verger et Potager), les espèces *Ipomea triloba* et *Dactylocetenium egyptium* sont plus présentes. Nous avons également constaté que la fréquence d'*Ipomea triloba* et *Dactylocetenium egyptium* est plus élevée que celle des 2 autres espèces d'herbes (*Ipomea sp* et *Portulaca olarecea*). La fréquence des espèces de graines d'herbacées dans les piles de déchets des fourmilières est relative avec la fréquence des espèces d'herbes dans les espaces voisins. L'établissement naturel des plantules sur les monticules montre plutôt une corrélation avec la fréquence de présence des espèces dans les espaces voisins des monticules [42].

V. CONCLUSION

Les distances parcourues par les fourmis à la recherche de nourriture dépendent de la disponibilité de la végétation herbacée qui est soumise à des contraintes, comme une saison sèche de 8 à 9 mois. A Katibougou, les fourmis transportent collectivement et rapidement les grains de sorgho en les mettant en réserve pendant que les conditions du milieu étaient favorables. Ces grains de sorgho sont enfouis à des profondeurs qui ne permettent pas la germination.

La végétation a une influence sur la densité des nids de fourmis et que cette espèce présentait une utilisation optimale du milieu (polydomie). Une perte de 3,48% de la surface cultivée est causée par les fourmis et la présence des nids dans les parcelles de sorgho. A Katibougou les graines d'herbacées rencontrées sur les monticules sont : *Ipomea triloba* (Linné), *Dactylocetenium egyptium* (Beauv), *Portulaca olarecea* (Linné) et *Ipomea sp.*

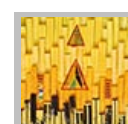


REFERENCES

- [1] JOUQUET P, LEPAGE M et VELDE B, 2002. Termite soil preferences and particles selections: strategies related to ecological requirements. *Insect Soc.*, 49, 1-7.
- [2] JOUQUET P, BOULAIN N, GIGNOUX J et LEPAGE M, 2004. Association between subterranean termites and grasses in a West African savanna: spatial pattern analysis shows a significant role for *Odontotermes n. pauperans*. *Appl. Soil Ecol.* 97, 99–107.
- [3] WIRTH R, HERZ H, RYE L, BEYSCHLAG W et HÖLLDOBLER B, 2003. *Herbivory of Leaf-Cutting Ants*. Springer-Verlag, Berlin, Germany
- [4] RICO-GRAY V et OLIVEIRA A T, 2007. *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. University of Chicago Press, Chicago
- [5] FARJI-BRENER A G et TADEY M, 2009. Contributions of leaf-cutting ants to soil fertility: causes and consequences. *Soil Fertility* (ed. by D. P. Lucero and J. E. Boggs), Chapter 6, pp. 81–91. Nova Science Publishers, New York, New York.
- [6] MEYER S T, NEUBAUER M, SAYER E J, LEAL I R, TABARELLI M et WIRTH R, 2013. Leaf-cutting ants as ecosystem engineers: topsoil and litter perturbations around *Atta cephalotes* nests reduce nutrient availability. *Ecological Entomology*, 38, 497–504
- [7] LEAL I, WIRTH R et TABARELLI M, 2014. The multiple impacts of leafcutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. *Biotropica*, 46, 516–528
- [8] ELLIS S, FRANKS D W et ROBINSON E J H, 2014. Resource redistribution in polydomous ant nest networks: local or global? *Behavioral Ecology*, 25(5), 1183–1191. doi:10.1093/beheco/aru108
- [9] YDENBERG R C, 2007. Provisioning. In D. W. Stephens, J. S. Brown, & R. C. Ydenberg (Eds.), *Foraging: Behaviour and Ecology*, 1st ed. (pp. 273–303). London: The University of Chicago Press Ltd.
- [10] CHERRETT J M, 1986. History of the leaf-cutter ant problem. Pp. 10–17 in Lofgren C S & VanderMeer R K (eds.). *Fire ants and leaf-cutter ants: biology and management*. Westview Press, Boulder
- [11] VAN GILS H A J A et VANDERWOUDE C, 2012. Leafcutter Ant (*Atta sexdens*) (Hymenoptera: Formicidae) Nest Distribution Responds to Canopy Removal and Changes in Micro-Climature in the Southern Colombian Amazon. *Florida Entomologist*, 95(4):914-921.
- [12] HANDEL S N et BEATTIE A J, 1990. Seed dispersal by ants. *Sci Am* 263:76–83A
- [13] RENARD D, SCHATZ B et MCKEY D B, 2010. Ant Nest Architecture and Seed Burial Depth: Implications for Seed Fate and Germination Success in a Myrmecochorous Savanna Shrub. *Ecoscience*, 17(2):194-202.
- [14] BOYD R S, 2001. Ecological benefits of myrmecochory for the endangered chaparral shrub *Fremontodendron decumbens* (Sterculiaceae). *American Journal of Botany*, 99: 234–241
- [15] MANZANEDA A J, FEDRIANI J M et REY P J, 2005. Adaptive advantages of myrmecochory: The predator-avoidance hypothesis tested over a wide geographic range. *Ecography*, 28: 583–592.
- [16] MACMAHON J A, Mull J F et Crist T O, 2000. Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): Their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31: 265–291.
- [17] DENSLOW J S et GOMEZ-DIAS A E, 1990. Seed rain to treefall gaps in a neotropical rain forest. *Can J For Res* 20:815–817
- [18] CHAMBERLAIN S A et HOLLAND J N, 2009. Quantitative synthesis of context dependency in ant-plant protection mutualisms. *Ecology*, 90, 2384–2393.
- [19] ROSUMÉK F B, SILVEIRA F A O, NEVES F, BARBOSA N P, DINIZ L, OKI Y, PEZZINI F, FERNANDES G W et CORNELISSEN T, 2009. Ants on plants: a meta-analysis of the role of ants as plant biotic defenses. *Oecologia*, 160, 537–549.
- [20] HEIL M et MCKEY D, 2003. Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34:425–453
- [21] KEELER K H, 2008. *World list of angiosperms with extrafloral nectaries*. University of Nebraska, Lincoln
- [22] HOBBS R J, 1985. Harvest ant foraging and plant species distribution in annual grassland. *Oecologia* 67:519–523.
- [23] CHERIX D et ROSENGREN R, 1979. Estimation de la fidélité sur pistes et de l'âge des fourrageuses chez *Formica lugubris* Zett. dans le Jura suisse, par la méthode de coloration au spray. *CR UIEIS Sct. Francaise, Lausanne*.
- [24] ROSENGREN R, 1977. Foraging strategy of wood ants. *Acta Zoologica Fennica*, 150, 2–30.
- [25] LANAN M C et BRONSTEIN J L, 2013. An ant's-eye view of an ant-plant protection mutualism. *Oecologia* 172:779–790. DOI 10.1007/s00442-012-2528-0
- [26] PASSOS L et OLIVEIRA P S, 2004. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia* 139:376–382
- [27] LI X R, JIA R L, CHEN Y W, HUANG L et ZHANG P, 2011. Association of ant nests with successional stages of biological soil crusts in the Tengger Desert, Northern China. *Applied Soil Ecology*, 47(1), 59-66.
- [28] RISSING S W, 1986. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nests. *Oecologia*, 68(2), 231-234.



- [29] MCCLUSKEY E S, 1963. Rhythms and clocks in harvester and Argentine ants. *Physiol Zool* 36:273–292
- [30] DEWAR J et OROVAN E, 1997. Effect of alkaline steeping on water uptake and malt quality in sorghum. *J. Inst. Brew.*, 103, 283-285. [30] BETA et al., 1999
- [31] EARP C F, AKINGBALA J O, RING S H et ROONEY L W, 1981. Evaluation of several methods to determine tannins in sorghums with varying kernel characteristics. *Cereal Chem.*, 58, 234-238.
- [32] SERNA-SALDÍVAR S et ROONEY L W, 1995. Structure and chemistry of sorghum and millets. In: Dendy D.A.V., ed. *Sorghum and millets: chemistry and technology*. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, 69-124.
- [33] HOBBS R J et MOONEY H A, 1985. Community and population dynamics of serpentine grassland annuals in relation to gopher disturbance. *Oecologia* 67:342–351
- [34] HÖLLDOBLER B, STANTON R C et MARKL H, 1978. Recruitment and Food-Retrieving Behavior in *Novomessor*
- [35] MOFFETT M W, 1988. Foraging behavior in the malayan swarm-raiding ant *Pheidologeton silenus* (Hymenoptera :Formicidae : Myrmicinae). *Annals of the entomological society of america* 81(2): 356-361.
- [36] WOJTUSIAK J, GODZINSKA E J et DEJEAN A, 1995. Capture and retrieval of very large prey by workers of the African weaver ant, *Oecophylla longinoda* (Latreille 1802). *Tropical Zoology* 8: 309-318.
- [37] ADAMS E S et TRANIELLO J F A, 1981. Chemical Interference Competition by *Monomorium minimum*. *Oecologia* 51: 265-270.
- [38] LANAN M C et BRONSTEIN J L, 2013. An ant's-eye view of an ant-plant protection mutualism. *Oecologia* 172:779–790. DOI 10.1007/s00442-012-2528-0
- [39] FARJI-BRENER A G et MEDINA C, 2000. The importance of where to dump the refuse: seed banks and fine roots in nests of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* and *Atta colombica*. *Biotropica*, 32, 120–126.
- [40] MOUTINHO P, NEPSTAD D et DAVIDSON E, 2003. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*, 84, 1265–1276.
- [41] SAHA A, CARVALHO K, STERNBERG L et MOUTINHO P, 2012. Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic Amazon rain Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 28, 263–270.
- [42] READER R J et BUCK J, 1991. *Control of seedling density on disturbed ground: role of seedling establishment for some midsuccessional, old-field species*. *Revue canadienne de botanique*, 69(4): 773-777, <https://doi.org/10.1139/b91-100>



Peuplement et régime alimentaire de l'avifaune dans la zone des lacs Débo et Walado Débo du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger

Ibrahima Yattara^{1*}, Yacouba Maïga¹, Bocar Kola Touré¹, Mohamed S. Maïga¹ et Doulaye Dembélé²

¹Faculté des Sciences et des Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

²IGBMC, CNRS UMR 7104 - INSERM U 1258, Université de Strasbourg, France

* Auteur Correspondant: ibrahima_yatt@yahoo.fr

RESUME: Les différentes espèces d'oiseaux qui forment le peuplement de la zone sont nombreuses et très variées. Certains sont résidents (qui sont des oiseaux d'eau et terrestre) et d'autres migrateurs (également des oiseaux d'eau et terrestre). Le site de l'étude était la zone des lacs Débo et Walado Débo (15°N, 4°15'W), qui sont parties intégrantes du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger. La zone comporte des écosystèmes divers et une très grande biodiversité. L'objectif de l'étude est d'identifier et connaître le régime alimentaire des différentes espèces d'oiseaux que l'on rencontre dans la zone. Les oiseaux présents dans les différents milieux y trouvent des substances leur servant de nourriture. C'est ainsi qu'au cours de l'étude, à l'aide d'une jumelle, les oiseaux sont observés soit au vol, soit à terre où dans l'eau à la recherche de la nourriture. Le régime alimentaire de ces différentes espèces d'oiseaux est varié. On y trouve des granivores, des piscivores, des carnivores, des insectivores et des omnivores. Les oiseaux terrestres les plus nombreux sont les granivores notamment les *Quelea quelea*, les *Passer luteus* et les *Ploceus cuculatus* et les oiseaux d'eau les plus nombreux sont les *Anatidae*, les *Phalacrocorax africanus*, les *Phiomachus pugnax*, les *Anas querquedula*, les *Bubulcus ibis*, les *Ardea*, les *Egretta*, les *Limosa limosa* et les *Tringa*. Leur préférence alimentaire occasionne une véritable compétition avec les populations locales qui utilisent presque les mêmes substances pour se nourrir. Le régime alimentaire des seuls granivores tels que les *Quelea quelea* est constitué de 71,28 % de riz, de 28 % de mil et 0,72 % de résidus (graines sauvages, feuilles et d'insectes).

Mots clés: Site Ramsar, Avifaune, Granivore, Piscivore, Migrateur

I. INTRODUCTION

Le Delta Intérieur du Niger ou DIN est reconnu site Ramsar depuis le 1er février 2004. Il est si important pour les populations pratiquant l'agriculture, la pêche, et l'élevage ainsi que les animaux qui y vivent à cause de la diversité et de la richesse de son écosystème. Le secteur primaire (l'agriculture, l'élevage, la pêche) est la première source de croissance de l'économie et occupe plus de 80% de la population. On rencontre dans le milieu des fortes concentrations d'oiseaux dont certains sont résidents et d'autres saisonniers ou migrateurs qui ont des habitats très propices à leur alimentation et reproduction. F. Duhart et al. (1963) ont présenté un inventaire sur l'avifaune du DIN composé de plusieurs espèces dont des résidents et des migrateurs. Le lac Débo et Walado Débo qui constituent la zone de l'étude sont une partie du Delta Intérieur du Niger.

II. MILIEU D'ETUDE

La zone des lacs Débo/Walado Débo (15°N, 4°15'W) est une partie intégrante du delta intérieur du fleuve Niger avec une superficie de 1031 km², située dans les communes rurales du Deboye (Guidio), Bimbéré–Tama (Dogo) et Youwarou. Ses limites sont définies par des limites naturelles telles que le Mayo Dembé (un des bras du fleuve Niger) au sud-est et les collines de Gouraou et de Soroba au

nord-est. C'est une zone à forte concentration d'oiseaux migrateurs et non migrateurs où l'agriculture, l'élevage et la pêche constituent les principales activités des populations qui y vivent. Le climat de type sahélo-sahélien, est caractérisé par une courte saison pluvieuse (3–4 mois par an) et une longue saison sèche (8–9 mois). Les vents dominants sont l'harmattan et la mousson. La végétation est une savane arbustive dominée par les épineux *Acacia seyal*, *A. nilotica*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* avec la strate herbacée dominée par *Panicum laetum*, *Nuphar lutea* et *Echinochloa stagnina*. En plus on rencontre communément *Piliostigma reticulatum*, *Mimosa pigra* et *Vetiveria nigritana*.

Le Delta Intérieur du Niger est une région naturelle du Mali qui s'étend sur 64 000 km², entre les 4e et 6e degrés Ouest et les 13e et 16e degrés Nord, entre les villes de Macina, Djenné et Tombouctou. C'est une partie intermédiaire du cours du Niger, où le fleuve se subdivise en de nombreux bras avant de reprendre un cours normal.

III. METHODES

Pour l'identification des différentes espèces d'oiseaux nous avons utilisé des jumelles pour mieux les observer de loin, l'observation à l'œil nu pour les plus proches, un guide d'identification. Pour connaître leur régime alimentaire des filets de



capture et des matériels de dissection (lames, ciseaux, pinces...) de l'appareil digestif

Les différentes observations ont été réalisées pendant la crue du fleuve Niger durant les mois de septembre à novembre 2015. En cette période de l'année on y trouve suffisamment de nourritures pour les oiseaux (graines, poissons, insectes, mollusques...).

Pour connaître le régime alimentaire des différentes espèces capturées, des contenus des appareils digestifs de certains échantillons ont été observés à la loupe et à l'œil nu.

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Résultats

Une centaine (100) d'espèces d'oiseaux ont été identifiées durant l'année 2015 entre les mois de septembre et novembre, parmi lesquelles les plus nombreuses sont : les Ploceidae (*Quelea quelea*, les *Ploceus cuculatus*), les Passeridae (moineaux), les Anatidae (canards, oies dendrocygne), les Phalacrocorax africanus (cormorans), les *Phiomachus pugnax* (combattants variés), les *Anas querquedula*, les *Bubulcus ibis* (hérons garde bœuf), les *Ardea* (Héron mélanocéphale, héron pourpré, héron cendré), les *Egretta* (aigrette aigrette, aigrette ardoisée, aigrette gazette), les *Limosa* (barge à queue noire, barge rousse), les *Tringa*, les Laridae (mouettes, sternes, goélands), les *Pelecanus onocrotalus* (pélicans blancs). Les observations effectuées sur le régime alimentaire de quelques échantillons de granivores montrent 79,28% de graines dont 71,28 % de riz, de 28 % de mil et 0,72 % de résidus (graines sauvages, feuilles et d'insectes).

Le tableau ci-dessous indique le régime alimentaire de certaines espèces d'oiseaux dont les contenus stomacaux ont été observés.

Tableau1. Espèces d'oiseaux et Régime alimentaire

Espèce	Statut	Régime alimentaire
<i>Quelea quelea</i>	Résident	Granivore
<i>Limosa limosa</i>	Migrateur	Granivore Insectivore
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Phalacrocorax africanus</i>	Résident	Piscivore
<i>Passer luteus</i>	Résident	Granivore
<i>Bubulcus ibis</i>	Résident	Insectivore
<i>Himantopus himantopus</i>	Migrateur	Benthivore
<i>Ardea cinerea</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Dendrocygna viduata</i>	Migrateur	Omnivore
<i>Tringa totanus</i>	Migrateur	Insectivore
<i>Phiomachus pugnax</i>	Migrateur	Insectivore Granivore Végétarien

<i>Ardea purpurea</i>	Migrateur	Piscivore, Omnivore
<i>Tringa erythropus</i>	Migrateur	Insectivore
<i>Threskiornis aethiopicus</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Charadrius hiaticula</i>	Migrateur	Insectivore, Vers, Crustacés
<i>Plectropterus gambensis</i>	Migrateur	Omnivore
<i>Charadrius pecurius</i>	Migrateur	Insectivore, Vers, Crustacés
<i>Actophilornis africana</i>	Résident	Omnivore
<i>Egretta</i>	Migrateur	Insectivore Piscivore Vers Mollusques...
<i>Cerylerudis</i>	Résident	Piscivore
<i>Haliaetusv ocifer</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Gypohierax angolensis</i>	Résident, Migrateur	Carnivore
<i>Accipiter melanoleucus</i>	Résident	Carnivore
<i>Columba guinea</i>	Résident	Granivore
<i>Dendrocygna viduata</i>	Migrateur	Granivore
<i>Spatula querquedula</i>	Migrateur	Granivore

4.2 Analyse des résultats

Les oiseaux identifiés dans le site d'étude sont soit des oiseaux résidents ou des oiseaux migrateurs. Parmi les espèces d'oiseaux dont les contenus des appareils digestifs ont été observés et mentionnés dans le tableau ci-dessus, on constate que le régime alimentaire des oiseaux est varié. On y trouve des granivores, des insectivores, des carnivores, des piscivores, des omnivores...

4.3 Discussions

La présente étude dans le site Lac Débo et Walado Débo nous a permis d'identifier une centaine d'espèces d'oiseaux dont certains sont aquatiques et d'autres terrestres dont le statut est soit résident ou migrateur. Des études effectuées par Kamp et al, 1999, ont montré la présence de 111 espèces d'oiseaux d'eau dans le Delta Intérieur du Niger. L'avifaune comprend des espèces piscivores (Hérons : *Ardea*, cormorans, *Phalacrocorax*, sternes : *Sterna*), des espèces benthivores et omnivores (Echassiers, Ibis), des insectivores (Pluviers : *Charadrius*) et des granivores (canards : *Anas*). Les espèces d'oiseaux présentes dans le site d'étude utilisent pour leur nutrition les mêmes ressources que les populations locales d'où une véritable compétition entre elles sur les besoins alimentaires. En raison de l'importance de l'eau pour les oiseaux d'eau paléarctiques et afro tropicaux plusieurs auteurs ont étudié les zones de transit pour les



espèces d'oiseaux migrants paléarctiques et afro tropicaux notamment les zones humides, entre autres : Dorst, 1962 ; Morel, 1968 ; Weesie, 1996.

V. CONCLUSION

Parmi les espèces identifiées dans le milieu, on remarque plus de présence d'oiseaux migrants à cause certainement des conditions favorables pour l'alimentation avec la présence massive de graines, poissons, mollusques, insectes, etc.

REFERENCES

- [1] Dorst J. (1962) : Considérations sur l'hivernage des canards et limicoles paléarctiques en Afrique tropicale. La Terre et la vie, 1962, N° 2, pp. 183-192.
- [2] F. Duhart et al. (1963) : Extrait de l'oiseau et la revue Française d'ornithologie vol 33, 1963 ; n° spécial.
- [3] Kamp J. Van der, M. Diallo (1999) : Suivi écologique du delta intérieur du Niger : les oiseaux d'eau comme indicateurs. Recensement crue 1998 – 1999. Malpin publication 1999 – 2002. Wetlands International Sévaré / Altenburg & Wymenga, Weenwouden.
- [4] Morel G, (1968) : L'impact écologique de *Quelea quelea* (L.) sur les savanes sahéniennes raisons du pullulement de ce Plocidé. Terre et la vie 1968-n0 à 4, 1988-vol.
- [5] Weesie PDM, (1996) : les oiseaux d'eau du sahel burkinabé : Peuplement d'hiver, capacité de charges des sites ; Revue Alauda, vol 64, n°3, pp 307-332 (1 p. 1/4).



Effets de la terre de fourmilière sur la croissance et la production de la laitue (*Lactuca sativa*) en zone soudano sahélienne

Fanta Tounkara*, Bakary Sagara, Abou Coulibaly et Amoro Coulibaly
Institut Polytechnique Rural de Formation et de recherche Appliquée de Katibougou

*Adresse email du correspondant : tfanta2019@gmail.com

RESUME : En zone soudano-sahélienne, les sols sont caractérisés par un niveau faible de fertilité naturelle avec un taux de matière organique dépassant rarement 1%. Ce problème, combiné à la perte progressive de la biodiversité et la pression anthropique croissante sur les sols et à la dégradation de l'environnement constitue des défis récurrents à l'amélioration de la production agricole. En vue de résoudre ces problèmes et contribuer à accroître la production et la productivité agricole, la valorisation de la terre de fourmilière constitue un atout majeur. Le dispositif utilisé a été une randomisation totale comportant 6 traitements (Terre de fourmilière 100%, Terre de fourmilière 50%, Terre de fourmilière 10%, Fumure minérale, Fumure organique et Témoin) en 8 répétitions. Les observations ont porté sur le diamètre au collet des plants, la hauteur des plants, le nombre de feuilles des plants et le poids des plants. Pendant toute la période de l'observation, la différence est significative entre les plants de pots de terre de fourmilière à 100% et les autres traitements (terres de fourmilière à 50 et 10%, intrants minéraux et organiques, témoin). Le poids de laitue le plus élevé est observé chez les plants de pots de terre de fourmilière à 100%. L'apport de la terre de fourmilière a amélioré la production de la laitue.

Mots clés: fourmis, laitue, fertilité, croissance des plantes, production agricole.

I. INTRODUCTION

En zone soudano sahélienne, les effets combinés de surpâturage, de la monoculture et des conditions climatiques défavorables ont dégradé les sols qui sont caractérisés par un niveau faible de fertilité [1]. Pour surmonter cette contrainte, les fertilisants chimiques sont utilisés. Ceux-ci posent des problèmes d'ordre économique et d'ordre écologique.

Comme d'autres secteurs, l'agriculture a sans cesse besoin d'améliorer ses méthodes de production, de gérer d'une manière intégrée les problèmes de sol, les ennemis et les maladies qui font des pertes considérables de produits vivriers et maraîchers dans les pays en développement [2]. Pour cela, elle se trouve face à la nécessité d'un changement profond pour répondre aux enjeux actuels qu'ils soient environnementaux, climatiques, alimentaires, sociaux ou économiques.

Ainsi, l'agriculture durable ambitionne à sortir de la dépendance aux intrants à forte nuisance environnementale (pesticides, engrais) pour s'orienter vers de nouvelles formes de ressources naturelles. L'utilisation de fertilisants naturels est l'une des solutions pour une gestion durable et une restauration des sols dégradés qui constituent un défi pour l'agriculture des pays subsahariens [2].

L'action pédologique des termites a fait l'objet de plusieurs études, par contre celle des fourmis n'a pas suscité beaucoup d'intérêt. Peu de travaux ont été réalisés sur le rôle pédologique des fourmis dans les sols et leur emploi en agriculture malgré que le nombre particulièrement élevé des fourmilières avec souvent des nids d'assez grandes tailles [3]. Alors que les études ont montré que les fourmis ont un effet

sur l'immobilisation des éléments nutritifs et l'humification du sol [4, 5] et que les plantes qui poussent sur les monticules formés par les fourmis moissonneuses ont une productivité élevée [6].

De plus, les fourmilières améliorent l'infiltration des précipitations dans le sol des écosystèmes désertiques arides [7]. Mais, les fourmis détruisent les jeunes pousses, emportent les graines sur leur passage laissant ainsi de grands espaces dénudés dans certains écosystèmes. Dans ces espaces, elles construisent leur habitat appelé fourmilière. Celle-ci est construite par excavation, par construction de dômes ou en aménageant tout simplement l'endroit [3]. Une prolifération de ces fourmilières dans le champ peut considérablement affecter la production, si elles ne sont pas bien aménagées. C'est pourquoi la majorité des paysans détruisent les fourmilières par l'utilisation des produits chimiques (insecticides) contre les fourmis. Cela peut avoir des conséquences écologiques néfastes notamment la diminution de la biodiversité, la pollution de l'environnement, la présence de résidus de pesticides dans les récoltes et entraîne des problèmes de santé ainsi qu'une augmentation du coût de production.

Dans certaines zones, les paysans profitent des fourmilières en repiquant des pieds de mil ou de sorgho. Ces fourmilières ainsi repiquées donnent généralement les meilleures productions [6]. L'utilisation de la terre de fourmilière par les paysans est une stratégie peu onéreuse et ne nécessitant pas une expertise technique élevée.

Cependant, nous disposons actuellement de peu d'information concernant leurs effets sur le rendement des cultures. C'est dans ce contexte que nous proposons de mettre en évidence l'effet de la



terre de fourmilière sur la croissance et le rendement de la laitue.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'essai a été implanté dans un tunnel (abri à filet) du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou (Koulikoro) avec une pluviométrie moyenne annuelle de 700-900 mm par an.

2.2. Type de sol

La terre utilisée a été prélevée sur un sol ferrugineux tropical hydromorphe caractérisé par une texture argilo-limoneuse, une faible teneur en éléments minéraux et matière organique et un pH naturellement acide.

2.3. Matériel végétal

L'essai a été réalisé avec la variété de laitue Blonde de Paris qui est une plante herbacée largement cultivée pour ses feuilles tendres consommées comme légume, généralement crues en salade. La précocité est de 65 jours.

Le semis a été effectué en pépinière.

Au repiquage, seuls les plants robustes (4 à 6 feuilles) ont été repiqués, en raison d'un plant par pot.

2.4. Traitements

Les terres de fourmilières ont été prélevées au niveau de 4 fourmilières actives entre 0 à 10 cm de profondeur et homogénéisées. À environ 10 m des fourmilières, des terres ont été prélevées à une profondeur de 0 à 10 cm. Ces 2 types de terres ont été en partie conservés tels qu'ils sont, en partie mélangés à 50%-50% et à 10%-90%, en partie amendés de la fumure organique ajoutée comme engrais de fond (Revolusol à 10 t/ha) et en partie amendés de la fumure minérale (667 kg/ha de complexe céréale et 109 kg/ha d'urée). Ces terres ont été réparties dans des pots de 5 kg

2.5. Dispositif expérimental

Les intrants utilisés ont été la fumure organique (10t/ha de Revolusol), la fumure minérale (667 kg/ha de complexe céréale et 109 kg/ha d'urée).

Un seul facteur a fait l'objet de notre étude : la fertilisation. Elle a été prise à 6 niveaux de variation : terre de fourmilière à 100% (TF100%), terre de fourmilière à 50% (TF50%), terre de fourmilière à 10% (TF10%), terre prélevée à 10 m de la fourmilière enrichie avec fumure Minérale (M), terre prélevée à 10 m de la fourmilière enrichie avec fumure Organique (O) et terre prélevée à 10 m de la fourmilière sans apport constituant le témoin (T). Le dispositif expérimental utilisé a été une randomisation totale à 8 répétitions et chaque répétition est constituée de 6 traitements.

2.6. Suivis de la croissance

Elles ont été effectuées tous les 15 jours et ont porté sur : le diamètre au collet des plants (les mesures s'effectuaient à l'aide d'un pied à coulisse gradué en centimètre), la hauteur des plants (elle a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban gradué en centimètre et portait sur les parties comprise entre le collet et le bout de la plus longue ramification), le nombre de feuilles (par un simple comptage).

2.7. Traitement et analyse des données

Le logiciel Microsoft EXCEL a été utilisé pour le traitement et le calcul des moyennes. Pour l'analyse de la variance, l'outil d'ANOVA de XLSTAT de Microsoft EXCEL à un facteur suivi d'un test de comparaison multiple a été utilisé pour déterminer les moyennes les écart-types. Les moyennes des mesures des plants des pots de terre de fourmilière (TF100%, TF50% et TF10%), ont été comparées avec les plants des pots enrichis avec la fumure organique (O), la fumure minérale (M) et les plants du témoin (T) par le test de Newman-Keuls (SNK).

III. RESULTATS

3.1. Efficacité de la terre de fourmilière

3.1.1. Paramètres agronomiques au 15ème jour après repiquage

Au 15e jour après repiquage, la hauteur moyenne des plants de laitue est de 13,00 mm avec un écart type de 2,23 mm. L'ANOVA (intervalle de confiance à 95,00 %) avec le test de Newman-Keuls (SNK) a donné une différence significative entre les plants des pots de terre de fourmilière à 100% et 50% et les plants des autres traitements.

Le diamètre moyen au collet des plants de laitue est de 11,00 mm avec un écart type de 2,21 mm. L'ANOVA (intervalle de confiance à 95,00 %) avec le test de Newman-Keuls (SNK) a donné une différence significative entre les plants des pots de terre de fourmilière à 100% et 50% de et les plants des autres traitements.

Le nombre moyen de feuilles des plants de laitue est de 12,68 feuilles avec un écart type de 2,24 feuilles. La différence est significative entre les nombres moyens de feuilles des plants de laitue des pots avec 100% et 50% de terre de fourmilière et ceux des plants des autres traitements (Figure 1).

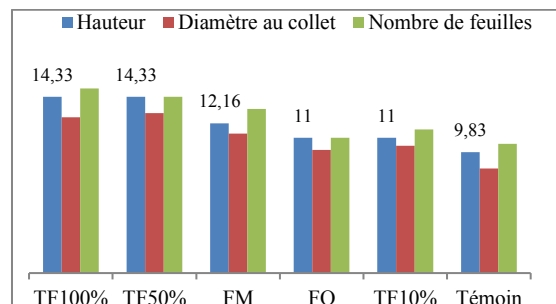


Figure 1 : Evolution des paramètres agronomiques des plants de laitue sur différents traitements au 15^{ème} JAR en 2017.



3.1.2. Paramètres agronomiques au 30ème jour après repiquage

Au 30ème jour après le repiquage, La hauteur moyenne des plants de laitue est de 16,07 mm avec un écart type de 2,98 mm. L'ANOVA (intervalle de confiance à 95%) avec le test de Newman-Keuls regroupe les hauteurs moyennes des plants de laitue en 4 classes significativement différentes.

La moyenne de diamètre au collet est de 15,21 mm avec un écart type de 3,26 mm. L'ANOVA (intervalle de confiance à 95%) avec le test de Newman-Keuls (SNK) regroupe les diamètres moyens au collet en 4 classes significativement différentes.

Le nombre moyen de feuilles des plants de laitue est de 16,08 feuilles avec un écart type de 3,40 feuilles. L'ANOVA (intervalle de confiance de 95%) avec le test de Newman-Keuls (SNK) regroupe les nombres moyens de feuilles en 3 classes significativement différentes (Figure 2).

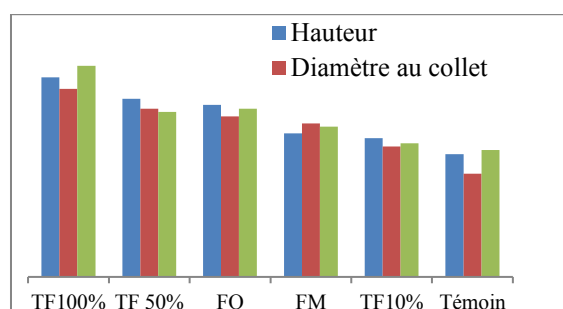


Figure 2 : Evolution des paramètres agronomiques des plants de laitue sur différents traitements au 30ème JAR en 2017.

3.1.3. Paramètres agronomiques au 45ème jour après repiquage

Au 45e jour après repiquage, la hauteur moyenne des plants est de 20,51cm avec un écart type de 4,45 cm. L'ANOVA (intervalle de confiance à 95%) avec le test de Newman-Keuls (SNK) a donné une différence significative entre les plants de laitue des pots de 100% et 50% de terre de fourmilière et des pots de fumure organique et les autres traitements.

La moyenne de diamètre au collet est de 18,23 mm avec un écart type de 4,46 mm. La moyenne de diamètre au collet des plants des pots avec de la terre de fourmilière est significativement différentes de la moyenne de diamètre des autres traitements.

Le nombre moyen de feuilles des plants de laitue est de 20,08 feuilles avec un écart type de 4,74 feuilles. Les nombres moyens de feuilles des plants de laitue sont regroupés en 4 classes significativement différentes par le test de Newman-Keuls (Figure 3).

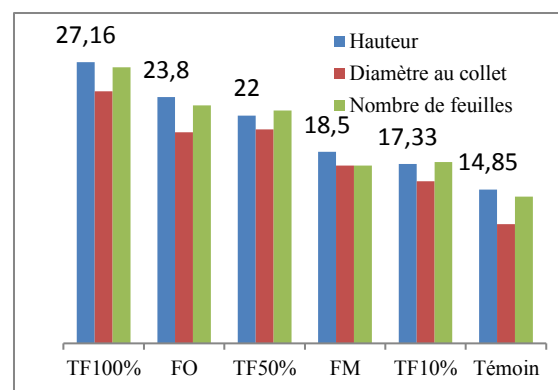


Figure 3 : Evolution des paramètres agronomiques des plants de laitue sur différents traitements au 45ème JAR en 2017.

3.2. Influence de la terre de fourmilière sur le rendement de la laitue

Le poids moyen des plants de laitue est de 237,00 g avec un écart type de 29,99 g. La différence est significative entre le poids moyen des plants des pots avec 100% de terre de fourmilière et le poids moyen des plants des pots du témoin. Le test de Newman-Keuls regroupe les poids moyens des plants de laitue en 2 classes significativement différentes (Tableau 1).

Tableau 1 : Poids moyens de laitue à Katibougou en 2017

Modalité	Moyenne (g)	Regroupements	
TF100%	260,00	A	
Fumure organique	243,20	A	B
Fumure minérale	240,83	A	B
TF50%	240,33	A	B
TF10%	236,16	A	B
Témoin	202,50		B

IV. DISCUSSIONS

Les plants de laitue ont réagi favorablement à l'amendement à 50% et 100% de la terre de fourmilière. Les plantes répondent à différentes concentrations de nutriments dans un écosystème [8].

Les plants de laitue des pots amendés avec 50% et 100% de la terre de fourmilière ont des hauteurs, des diamètres au collet et des nombres de feuilles significativement supérieurs à ceux des autres traitements. Ceci s'explique par le fait que les légumes feuilles ont besoin de beaucoup d'azote pour leur croissance et les terres des fourmilières sont enrichies en azote disponible et phosphore assimilable [9].

Les poids des plants de la laitue des pots amendés de 50% et 100% de la terre de fourmilière et de la fumure organique sont plus élevés que les autres traitements. En effet, pour bien se développer, la



laitue a besoin d'un sol riche en humus et bien drainé [10, 11] et l'enrichissement en matière organique des sols de nidification semble provenir de l'activité des ouvriers [12, 13]. Cette matière organique dérivée des fourmis (excrétion et tissu de fourmis mortes) est assimilable par les plantes pour l'entretien et la reproduction [14].

V. CONCLUSION

L'apport de la terre de fourmilière a amélioré considérablement la production de laitue. Dans les mêmes conditions d'expérimentation, les apports de 50% et 100% de terre de fourmilière ont significativement accéléré les croissances des plants de laitue. La production de laitue des amendements de 50% et 100% de la terre de fourmilière est significativement différente de celles des autres traitements. La terre de fourmilières a un impact significativement différent sur la production de laitue montrant ainsi l'apport de la terre de fourmilière comme fertilisant.

REFERENCES

- [1] Ouedraogo E, Mando A et Brussaard L, 2008. Termites et paillis concourent à la réhabilitation des sols. AGRIDAPE. Agriculture durable à faibles apports externes. Vol. 24 N°2.
- [2] Mokossesse J A, Lepage M et Josens G, 2009. Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de Cubitermes. *Tropicultura* 27.3 :168-175.
- [3] Dupuis J et Verger F, 2015. Les microreliefs dus aux fourmis et leurs caractères pédologiques. In: *Noroi*, n°41, Janvier-Mars 1964. pp. 5-15. doi : 10.3406/noroi.1964.7225. [En ligne]. Adresse URL : http://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1964_num_41_1_7225. (Page consultée le 12/01/2016).
- [4] Anderson J M et Flanagan P, 1987. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems* (T. Oades, G. Uheara and D. C. Coleman, eds.) pp.97±125. Honolulu: NifTAL Project, Univ. Of Hawaii.
- [5] Lavelle P, Bignell D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal O W et Dhillion S, 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159–193.
- [6] Brown M J F Et Human K G, 1997. Effects of harvester ants on plant species distribution and abundance in a serpentine grassland. *Ecologia* : 112, 237–243.
- [7] Li X R, Jia R L, Chen Y W, Huang L et Zhang P, 2011. Association of ant nests with successional stages of biological soil crusts in the Tengger Desert, Northern China. *Applied Soil Ecology*, 47(1), 59-66.
- [8] Saha A, Carvalho K, Sternberg L et Moutinho P, 2012. Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic Amazon rain Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 28, 263–270.
- [9] Lobry de Bruyn L A et Conacher A J, 1990. The role of termites and ants in soil modification: a review. *Aust. J. Soil Res.* 28, 55–93.
- [10] Wurr D C E et Fellows J R, 1986. The influence of transplant age and raising conditions on the growth of crisp lettuce plants raised in Techniculture plugs. *J. Hortic. Sci.* 61: 8 I -87.
- [11] Thuries L, Arrufat A, Dubois M, Feller C, Herrmann P, Larre-Larrouy M C et Viel M, 2000. Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et gestion des sols*, 7(1), 73-88.
- [12] Dostal P, Breznova M, Kozlickova V, Herben T et Kovar P, 2005. Ant-induced soil modification and its effect on plant below-ground biomass. *Pedobiologia*, 49, 127–137.
- [13] Frouz J, Kalcik J et Cudlin P, 2005. Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. *Annales Zoologici Fennici*, 42, 269–275.
- [14] Wagner D And Fleur Nicklen E, 2010. Ant nest location, soil nutrients and nutrient up take by ant associated plants: does extrafloral nectar attract ant nests and thereby enhance plant nutrition? *British Ecological Society. Journal of Ecology* 98 : 614–624. doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01640.x.



Caractérisation des pratiques d'alimentation et de gestion économique des troupeaux bovins des exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali

Alassane Ba^{1*}, Bandiougou Dembélé², Mamadou Oumar Diawara³, Doubangolo Coulibaly², Nangboro Ferdinand Dembélé¹ et Sidi Oumar Traoré¹

¹Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique, Sikasso, Mali

²Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso de Sotuba, Bamako, Mali

³Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies, Bamako, Mali

*Auteur correspondant : Alassane Ba (baalassane_1981@yahoo.fr)

RESUME: Ces dernières décennies, le développement rural dans la zone cotonnière du Mali (ZCM) a été porté par l'extension de la culture du cotonnier. La baisse de la fertilité des sols et les déficits fourragers en saison sèche sont les problèmes cruciaux dans la ZCM. Le changement climatique, l'instabilité des prix du tourteau de coton, la raréfaction et la dégradation des ressources pastorales et l'accroissement des effectifs de bétail ont affecté les systèmes de production et leur durabilité. L'extension des surfaces cultivées permise par les innovations techniques arrive aujourd'hui aux limites des finages. Or les pratiques d'élevage en cours dans la zone cotonnière du Mali demeurent relativement extensives. L'objectif de cette étude est d'analyser les changements des modes de production et de gestion de troupeaux bovins. L'étude a été menée dans des exploitations agricoles réparties dans 6 villages de la zone d'étude. Au total, 90 troupeaux bovins ont été suivis mensuellement pendant 2 ans de 2014 à 2016. Les résultats montrent une diversité de pratiques de conduite et d'alimentation des animaux. Malgré la proximité des sites de production de tourteau de coton, l'alimentation du bétail repose principalement sur les parcours naturels. Le stockage de résidus de culture, l'achat d'aliments et le recours à la transhumance sont les stratégies adoptées par les producteurs pour palier à la pénurie d'aliments. Le lait est traité principalement en saison des pluies et cette production est majoritairement autoconsommée (38% à 96% en fonction des villages). Pour la part vendue, le prix du litre varie de 125 à 350 FCFA en fonction de la saison. Les bœufs de trait et les vaches de reformes sont les catégories les plus vendues. La compréhension de ces pratiques de gestion permet de cibler les innovations à introduire et d'orienter les programmes de développement durable de l'élevage.

Mots clés : Bovins, changement climatique, pratiques d'élevage, lait, Mali

I. INTRODUCTION

Environ 60 % de la population des pays en voie de développement dépendent partiellement ou pleinement de l'élevage pour l'amélioration de leur condition de vie [1]. L'élevage leur fournit une large gamme de produits aux populations rurales notamment, le revenu, la sécurité alimentaire, la fumure organique, la traction, épargne, assurance, le statut social. L'élevage contribue à environ le tiers de la valeur ajoutée de la production agricole des pays en voie de développement et plus de la moitié de l'économie industrielle [2].

Le sous-secteur de l'élevage représente 40% de la production agricole mondiale et contribue aux moyens d'existence et à la sécurité alimentaire de près d'un milliard de personnes [3]. Le rôle central des productions animales dans les économies locales, régionales et nationales des pays ouest-africains a pris une dimension croissante au cours des 30 dernières années [4]. L'élevage contribue au PIB agricole allant parfois jusqu'à 44 % dans l'économie des pays ouest-africains [5].

En plus des potentialités agricoles, le Mali est un pays d'élevage par excellence. L'élevage est pratiqué par plus de 80 % de la population Malienne

et possédant en moyenne 7 animaux par exploitation agricole familiale [6]. Il est le deuxième plus grand pays d'élevage de la CEDEAO après le Nigéria et le premier pays exportateur de bétail de la sous-région [7]. Cet élevage occupe une place importante dans l'économie des ménages. Sa contribution au Produit Intérieur Brut (PIB) se situait autour de 15,2% en 2013 derrière les produits de l'agriculture (16,2%) et devant l'or (7,2%) [8 ; 9].

Au cours des vingt dernières années, la zone cotonnière du Mali est devenue une zone d'élevage par excellence du fait de la disponibilité fourragère [10]. En plus de cela, la culture de coton a vite favorisé la diversité agricole et la traction animale à défaut de l'usage de tracteurs. Elle est dominée par les systèmes agropastoraux où l'élevage est associé aux cultures industrielles (Coton, arachide) en lui faisant le centre du boom de développement agricole de la zone cotonnière. Autrement dit, une forte intégration culture-élevage pour assoir la durabilité des systèmes de productions agricoles dans la zone. C'est une zone dans laquelle les bovins sont considérés comme une « épargne sur pied », à travers de la capitalisation. Celle-ci permet de faire face aux multiples dépenses de consommation de la



famille mais également d'investir (maison en ville, véhicule, moulin à céréales) [11 ; 10].

Dans ces régions, en saison des pluies, les animaux sont regroupés en troupeaux qui pâturent à proximité des villages pendant la journée et sont parqués le soir dans des enclos collectifs ou non, (système traditionnel) [12]. L'utilisation des aliments concentrés (tourteaux, graines de coton, son de céréales) est très faible [11]. Le système est alors caractérisé par une production laitière très faible, une proportion de lait vendu très faible, une saisonnalité marquée par la vente de lait et une surface cultivée par tête très élevée [13].

La question de gestion des troupeaux bovins est aujourd'hui très problématique en zone cotonnière d'Afrique de l'Ouest où l'élevage des ruminants est de plus en plus interrogé par la société sur sa contribution au développement durable [14]. La zone cotonnière du Mali est de plus en plus confrontée à une augmentation des effectifs de

bovins pour la reproduction et la traction animale. Et les superficies dédiées aux cultures pluviales comme le maïs, le mil, le sorgho, l'arachide, le coton et autres, augmentent sans cesse empiétant ainsi sur l'espace réservé aux terres de parcours. Très peu d'études ont été effectuées sur cette nouvelle configuration. Cette étude cherche à comprendre les pratiques d'alimentation de bovin et leur apport économique dans le contexte d'un système extensif en zone cotonnière du Mali.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

2.1.1 Choix des sites

Le choix des six villages a été fait sur la base du zonage agro-écologique de la zone cotonnière du Mali [15]. Dans chaque zone, un village a été choisi suivant un certains nombres de critères dont l'accessibilité et l'absence d'autres projets de recherche-développement (Figure 1).

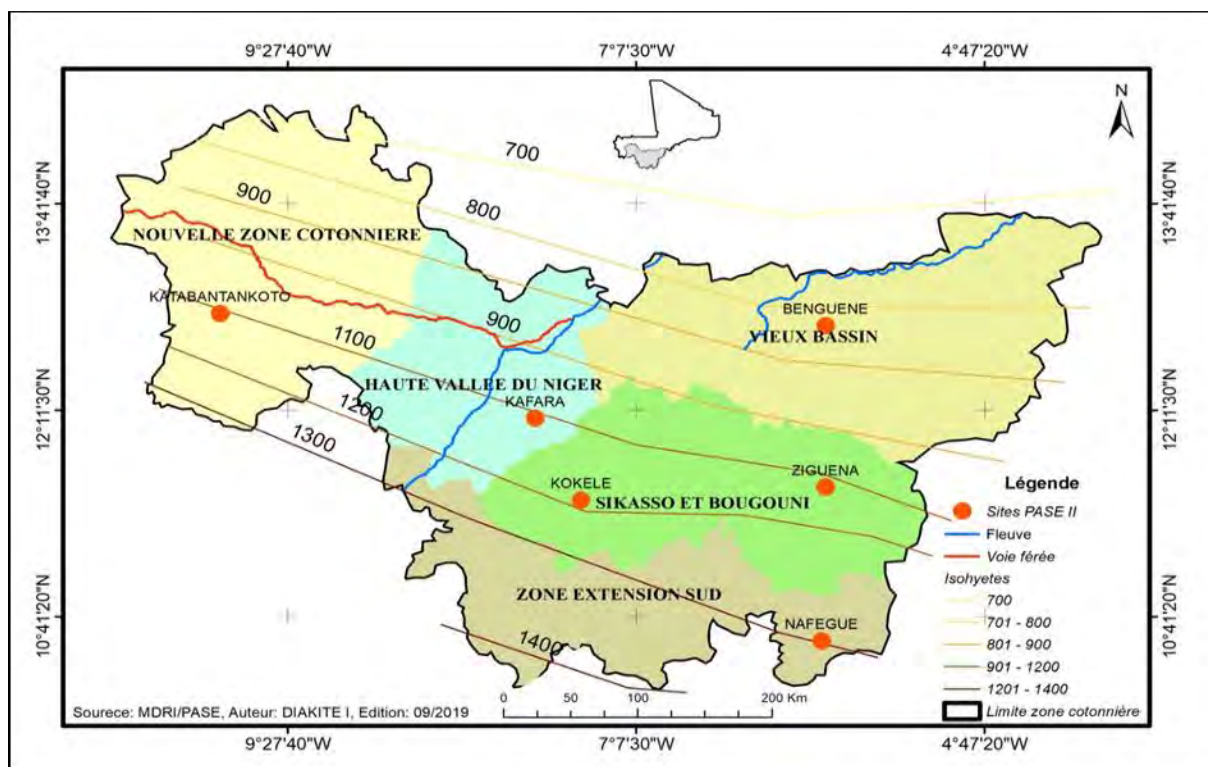


Figure 1. Localisation des sites d'étude dans la zone cotonnière du Mali



2.1.2 Matériel animal

Le matériel animal était constitué principalement de bovins de la race méré qui est le croisement entre la race N'Dama et la race Zébu.

2.2 Méthodes

2.2.1 Choix de l'échantillon

La méthode a consisté d'abord à faire une typologie des exploitations agricoles sur la base des critères suivants : la superficie cultivée, la taille de la famille et l'effectif du cheptel. Ainsi, 3 types d'exploitations agricoles (Grand, Moyen et petit) ont été dégagés. Le choix des 15 exploitations agricoles pour le suivi de leurs troupeaux a été fait proportionnellement aux différents types dans chaque village [16].

2.2.2 Suivi des troupeaux des exploitations agricoles

Dans chaque village, 15 troupeaux soit 90 troupeaux bovins ont été suivis mensuellement de 2014 à 2016. La méthode consistait à recenser tous les événements (inventaire effectif, entrées et sorties d'animaux) qui se sont passés et les pratiques d'élevage (conduite, alimentation, etc.) entre les deux visites à l'aide d'un questionnaire fermé [16].

2.2.3 Autres données utilisées

La base de données des enquêtes exhaustives réalisées en 2014 au début de l'étude dans les sites a été utilisée pour caractériser les exploitations agricoles.

La base de données sur l'inventaire du cheptel réalisé en 2016 a été utilisée pour calculer les UBT (Unité Bétail Tropical) par village [16].

2.2.4 Analyse et traitement des données

Les données de suivi des troupeaux ont été saisies dans une base de données sous format

Microsoft Access. Les analyses ont porté sur les statistiques descriptives et ont été faites à l'aide du logiciel *R-3.5.1*. Ces statistiques ont porté sur les moyennes, les écarts types, les médianes, les minimums et les maximums. L'analyse de variance (ANOVA) a été considérée significative au seuil de 5 % et 1 %.

III. RESULTAT & DISCUSSION

3.1. Caractéristiques des exploitations agricoles

Les Caractéristiques des exploitations agricoles sont présentées dans le Tableau 1. L'analyse de variance n'a pas montré des différences significatives entre les villages pour l'âge des chefs d'exploitation et les revenus non agricoles. Elle a montré des différences significatives entre les villages pour la taille de la famille, les superficies cultivées et les revenus tirés des activités agricoles (élevage, agriculture et ressources forestières). Dans les sites d'études, l'âge moyen des chefs d'exploitations varie entre 50 et 63 ans. Les plus âgés sont dans le village de Kafara dans la zone Office de la Haute Vallée du Niger (OHVN). Les chefs d'exploitation les moins âgés ainsi que les familles de petite taille se trouvent dans le village de Katabantankoto. C'est un village qui est localisé dans la nouvelle zone cotonnière où l'émigration est très pratiquée par les jeunes aptes à effectuer des activités agricole et d'élevage. Les familles de plus grande taille, les superficies cultivées et les revenus agricoles sont importants dans les villages de Ziguéna, Nafégué et Benguéné. Dans ces villages, les habitants s'adonnent beaucoup aux activités de cultures (coton, maïs, mil, riz, ...) et d'élevage (bovins, caprins, ovins, ...) dans l'optique de l'autosuffisance alimentaire [17].

Tableau 1 : Caractéristiques des exploitations agricoles des villages d'étude

Variable	Nafégué	Ziguéna	Benguéné	Kafara	Kokélé	Katabantankoto	Probabilité
Age chef EA	53 (13)	55 (14)	54 (15)	63 (14)	54 (16)	50 (15)	0,37 NS
Taille de la famille	18 (13)	22 (16)	22 (21)	20 (11)	17 (12)	15 (9)	0,014 **
Superficies cultivées	1,92 (2,15)	2,41 (3,65)	1,90 (2,30)	1,34 (1,70)	1,12 (1,03)	1,80 (1,50)	0,001 ***
Revenu non agricole	202514 (510210)	358902 (647710)	151841 (296642)	181372 (261703)	227223 (466643)	328288 (877242)	0,20 NS
Revenu	2831554	3111408	1885203	1450223	707604	752606	0,001 ***



agricole (2083611) (2955454) (1674516) (1739122) (611593) (945136)

Légende : () : écart type ; *** : significatif à 1 %, ** : significatif à 5% ; NS : Non Significatif

3.1 Ressources alimentaires utilisées par les troupeaux bovins

Le Tableau 2 présente la quantité moyenne d'aliments distribués par mois et par saison dans les sites d'étude. Les aliments les plus distribués aux animaux sont les pailles de maïs et de riz. Ces aliments sont distribués dans tous les villages sauf dans le village de Katabantankoto qui est une zone arachidière. Après les récoltes, les fanes sont stockées pour l'alimentation des animaux. Les tiges

de maïs et les pailles de riz sont distribuées en juin au début de la saison des pluies. La fane d'arachide est donnée aux animaux seulement dans le village de Katabantankoto dans la zone arachidière et le village de Kafara dans la zone Office de la Haute Vallée du Niger (OHVN). Le seul aliment concentré qui est donné aux animaux dans les sites d'étude est le tourteau de coton. Il est présent dans tous les sites sauf dans le site de Kafara.

Tableau 2. Quantité moyenne d'aliments distribués par mois et par saison dans les sites d'étude (kg MS / UBT)

Village	Saison	Paille maïs kg/UBT	Fane niébé kg/UBT	Paille brousse kg/UBT	Paille Riz kg/UBT	Paille-Sorgho kg/UBT	Fane Arachide kg/UBT	Tourteau Coton kg/UBT
Ziguéna	SP	-	-	19,37	8,24	-	-	3,25
	SSC	12,78	5,49	15,33	8,20	-	-	4,82
	SSF	15,69	-	14,12	8,86	-	-	3,92
Nafégué	SP	46,21	7,37	88,50	31,47	-	-	3,29
	SSC	147,49	-	-	11,80	-	-	2,46
	SSF	73,75	-	-	-	-	-	-
Benguéné	SP	46,22	4,16	6,93	4,16	41,58	-	97,78
	SSC	42,97	24,95	28,76	18,71	36,17	-	49,41
	SSF	40,19	8,32	33,26	15,80	70,34	-	13,86
Kokélé	SP	7,86	-	-	14,15	18,87	-	2,36
	SSC	15,02	4,72	-	7,23	16,51	-	6,29
	SSF	7,86	-	-	4,72	9,43	-	9,20
Kataban-tankoto	SP	-	-	7,79	-	-	12,57	5,66
	SSC	-	-	13,10	-	-	16,46	4,07
	SSF	-	-	21,24	-	-	23,36	17,70
Kafara	SP	6,20	-	3,72	-	-	-	-
	SSC	12,55	0,34	1,05	0,08	7,86	4,10	-
	SSF	9,61	1,16	0,39	0,15	1,24	1,78	-

Légende : SP : Saison Pluvieuse ; SSC : Saison Sèche Chaude ; SSF : Saison Sèche Froide ; - non distribué

3.2 Temps de pâture et lieu d'abreuvement des animaux

Le temps de pâture et le lieu d'abreuvement des animaux par saison sont présentés dans le Tableau 3. Le temps de pâture est plus long en saison sèche chaude par rapport aux autres saisons. Cela est l'une des stratégies développées par les agro éleveurs de la zone pour s'adapter à la réduction de l'offre fourragère [18]. Les temps de pâture supérieurs à 11 h correspondent à ceux enregistrés pour les troupeaux en divagation. Cette pratique observée après les récoltes est beaucoup plus développée dans les villages de Kafara dans la zone de l'Office de la Haute Vallée du Niger (OHVN) et le village de

Katabantankoto dans la nouvelle zone cotonnière. Les producteurs exploitent plusieurs sources d'eau pour abreuver les animaux pendant une saison donnée. L'abreuvement des animaux est plus fréquent autour des puits sauf dans le site de Nafégué où les puits sont rares et éloignés. Dans ce village, l'abreuvement du bétail se fait autour des pompes qui sont installés dans le village, du marigot et des mares temporaires. Une étude menée dans la zone Ouest Burkina Faso évoque qu'avec l'assèchement des points d'eau de surface, l'abreuvement des animaux s'effectue aux puisards creusés dans les bas-fonds et les champs [19].



Tableau 3. Temps de pâture et lieu d'abreuvement des animaux

Village	Saison	Temps de pâture (heure)	Lieu d'abreuvement des animaux			
			Mare	Marigot	Pompe	Puits
Ziguéna	SP	10,01±2,16	X	X	X	X
	SSC	11,33±1,09		X	X	X
	SSF	11,60±0,85		X	X	X
Benguéné	SP	10,66±4,23	X			X
	SSC	12,71±5,54	X			X
	SSF	9,73±2,53				X
Kafara	SP	9,14±2,90	X	X		X
	SSC	16,74±3,61		X		X
	SSF	13,81±5,16		X		X
Katabantankoto	SP	7,48±2,82	X	X	X	X
	SSC	12,57±4,04			X	X
	SSF	8,87±3,464	X	X	X	X
Kokélé	SP	9,89±2,34		X		X
	SSC	7,64±3,25		X		X
	SSF	10,35±1,75		X		X
Nafégué	SP	10,77±3,69	X	X	X	
	SSC	17,39±5,45		X	X	
	SSF	12,30±2,37	X	X	X	

Légende : SP = Saison Pluvieuse ; SSC = Saison Sèche Chaude ; SSF = Saison Sèche Froide

3.3. Gestion économique des troupeaux bovins

3.3.1. Gestion du lait à l'échelle des villages

Utilisation du lait

Le Tableau 4 présente l'utilisation du lait en fonction des saisons dans les sites d'étude. Le lait produit est surtout autoconsommé et ce pendant toutes les saisons et dans tous les sites sauf dans les sites de

Kafara et Kokélé. Dans ces deux sites, c'est la part vendue qui est plus importante pendant toutes les saisons. Cette pratique est due au fait que le village de Kafara est proche de la mini-laiterie de Ouélessebouyou et le village de Kokélé est proche de la ville Bougouni où la consommation du lait est très élevée.

Tableau 4. Utilisation du lait en fonction des saisons dans les sites d'étude

Village	Saison	Répartition du lait (en %)			
		Famille	Berger	Vendu	Autre
Benguéné	SP	49	21	30	0
	SSC	63	11	26	0
	SSF	56	18	26	0
Kafara	SP	29	25	44	2
	SSC	18	14	65	4
	SSF	28	24	46	2
Katabantankoto	SP	74	23	2	0
	SSC	96	4	0	0
	SSF	76	24	0	0
Kokélé	SP	16	26	57	1
	SSC	12	41	47	0
	SSF	21	37	42	0
Nafégué	SP	38	32	29	1
	SSC	57	18	24	0
	SSF	38	51	10	0
Ziguéna	SP	46	26	26	2



SSC	57	34	8	1
SSF	48	29	21	2

Légende : SP : Saison Pluvieuse ; SSC : Saison Sèche Chaude ; SSF : Saison Sèche Froide

Prix de vente du lait

Le Tableau 5 détaille le prix de vente du lait en fonction des saisons dans les villages d'étude. Le village de Kafara du fait de sa proximité à la mini-laiterie de Ouélésébougou, a le prix de lait le plus élevé par rapport aux autres sites. Le prix le plus élevé d'un litre de lait dans ce village est de 350 FCFA. Ce prix est similaire (350 FCFA) à celui trouvé dans la zone cotonnière du Burkina Faso [20].

Il est supérieur à celui (200 FCFA) obtenu dans la zone de Fana, région de Ségou [21]. Ce village est suivi du village de Kokélé, proche de la ville de Bougouni, ce qui influence le prix de vente du lait. Le prix le plus faible est constaté dans le village de Katabantankoto qui n'est proche à aucune mini-laiterie et de centres urbains. Dans les autres sites, le prix varie de 150 à 300 FCFA en fonction des saisons.

Tableau 5. Prix de vente d'un litre de lait dans les sites d'étude

Village	Saison	Prix de vente d'un litre de lait		
		Minimum	Moyenne	Maximum
Benguéné	SP	200	221	250
	SSC	200	238	250
	SSF	200	227	250
Kafara	SP	250	279	300
	SSC	300	306	350
	SSF	250	285	300
Katabantankoto	SP	125	125	125
	SSC	0	0	0
	SSF	125	125	125
Kokélé	SP	250	253	300
	SSC	250	283	300
	SSF	250	253	300
Nafégué	SP	200	201	250
	SSC	125	208	250
	SSF	200	208	250
Ziguéna	SP	150	203	300
	SSC	200	233	300
	SSF	200	200	200

Légende : SP : Saison Pluvieuse ; SSC : Saison Sèche Chaude ; SSF : Saison Sèche Froide

3.3.2. Pratiques de vente d'animaux

Catégories d'animaux vendus

La Figure 2 présente les catégories de bovins vendus par village. Les bœufs de labour, les vaches de réforme et les taurillons par ordre décroissant sont les catégories les plus vendues dans tous les sites d'études. Cette situation s'explique par l'orientation

de l'élevage de ces agro éleveurs vers l'augmentation de l'effectif des troupeaux [22]. La pratique de vente en groupe est très développée dans les sites d'étude notamment à Benguéné, Ziguéna et Katabantankoto. Cette pratique permet de négocier un meilleur prix pour un groupe d'animaux (Vache-veau, bœufs de labour-vache, etc.).



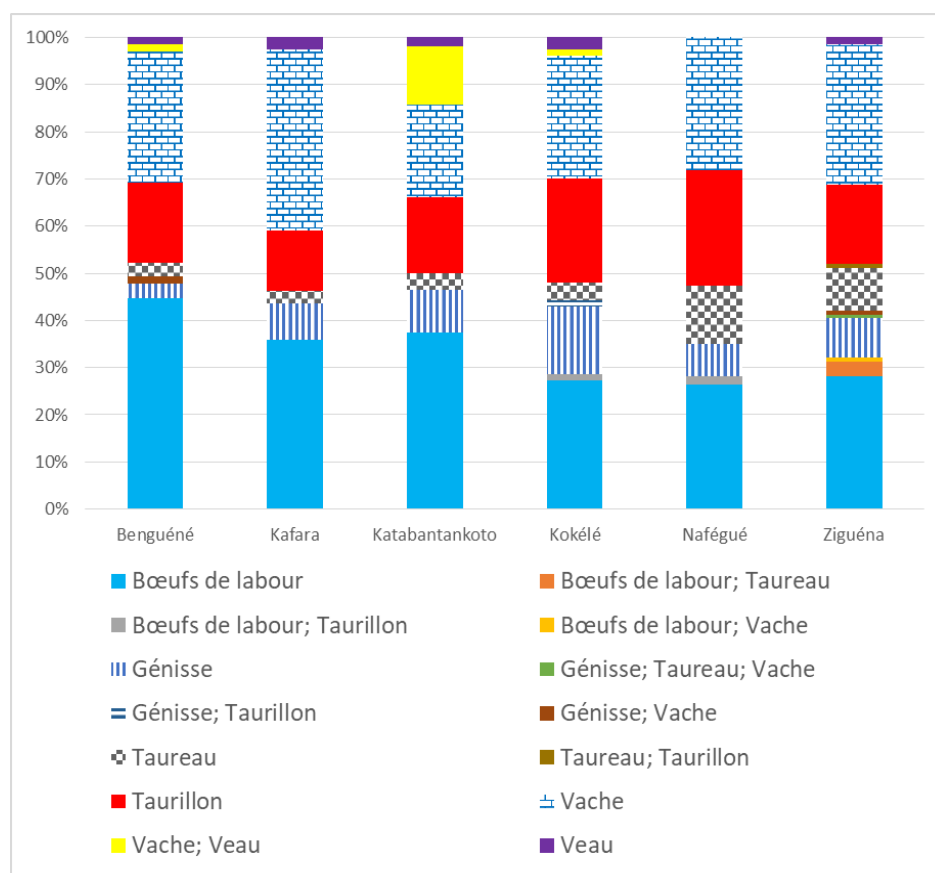


Figure 2. Catégories d'animaux vendus sur les marchés à bétail de la zone d'étude

IV. CONCLUSION

La présente étude menée dans la zone cotonnière du Mali de 2014 à 2016 a permis de caractériser les pratiques de gestion des troupeaux bovins des exploitations agricoles. Ces pratiques sont variées d'un village à un autre. Les quantités d'aliments distribuées aux animaux ainsi que le type d'aliments sont différents d'un village à un autre.

La part du lait vendu est plus élevée dans les villages de Kafara qui est proche de la mini-laiterie de Ouélessebougué et du district de Bamako et dans le village de Kokélé qui est proche de la ville de Bougouni. Par contre dans le village de Katabantankoto, qui n'est pas proche d'un centre urbain ou d'une mini-laiterie, la part du lait vendu est très faible (2% en saison des pluies) voire même inexistante.

Les prix d'achat et de vente des bovins est très variable d'un village à un autre. Par exemple, le prix moyen d'un bœuf de labour est de 182 604 FCFA à Ziguéna, 154 222 FCFA à Kokélé et 239 583 FCFA à Kafara. Les résultats montrent que les bœufs de labour, les vaches de réforme et les taurillons par ordre d'importance sont les catégories les plus vendues dans tous les sites d'études.

En termes de recommandations, l'étude recommande :

- Introduire de nouvelles cultures fourragères pour l'augmentation du disponible

fourrager et la réduction de la vulnérabilité des élevages ;

- Former les producteurs sur les techniques de stockage des résidus de culture et de distribution pour éviter le gaspillage de ces derniers ;
- Augmenter le nombre de centres de collecte du lait et de mini-laiterie pour faciliter l'accès au marché des producteurs de lait ;
- Organiser d'avantage les agro-éleveurs en plateforme d'Innovation pour qu'ils puissent mieux vendre leurs animaux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les agro-éleveurs, les bergers et les enquêteurs des différents villages pour leur disponibilité et leur franche collaboration durant la période de l'étude.

RÉFÉRENCES

- [1] FAO, "Shaping the future of livestock". The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA), Berlin, 18–20 January 2018, 20p.
- [2] ILRI, "Investing in the livestock sector. Why Good Numbers Matter" ? 2014, 144p.
- [3] R. Toko, A. Adégbidi, P. Lebailly, "Démographie et performances zootechniques des élevages bovins traditionnels au Nord Bénin" Rev.



D'élevage Médecine Vét. Pays Trop. 69, 2016, <https://doi.org/10.19182/remvt.31169>.

[4] B. Thebaud, "La microassurance bétail pour les éleveurs mobiles en Afrique de l'Ouest", Compte-rendu de l'atelier, les résidences Mamoune, Dakar, 2-3 novembre 2016, 2017, 111p.

[5] K. Mulumba, J. Somda, Y. Sanon et H. Kagoné, "Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest Potentialités et défis", 2008, 182p.

[6] LSMS-ISA, "Les principales caractéristiques de la pratique de l'élevage au Mali". Enquête Agricole de Conjoncture Intégrée 2017/2018, 2019, 2p.

[7] DNSV, "Rapport annuel 2012-2013 (Bamako : Direction Nationale des Services Vétérinaires)", 2013, 77p.

[8] DNPIA, "Rapport annuel 2014-2015 (Bamako: Direction Nationale des Productions et des Industries animales)", 2015, 114p.

[9] INSTAT, "Rapport Annuaire Statistique du Mali (Bamako: Institut National de la Statistique)", 2016, 76 p.

[10] A. Ba, "Exploitation du cheptel bovin dans la zone cotonnière au Mali-Sud" Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier (SupAgro), 2011, 170p.

[11] D. Coulibaly, "Socia-technical changes in the dairy production systems and milk marketing in Sikasso periurban zone (Mali)", Thèse de Doctorat, Agro Paris Tech, Paris France, 2008, 400p.

[12] K.B. Amoussou, "Stratégies des acteurs de la filière des aliments du bétail au Mali" (Rapport de stage), 2008, 64p.

[13] B. Ouologem, D. Coulibaly, R. Pocard-Chappuis, Y.S. Koné, C. Corniaux, I. Kassambara et M.D. Coulibaly, "Production, distribution et consommation de lait et produits laitiers en zones périurbaines du Mali", Rapport de recherche, 2007, 36p.

[14] A. Guillaumin, A.C. Dockes, et R. Palazon, "La contribution des exploitations d'élevage au développement durable : état des lieux des méthodes d'évaluation et résultats", 2009, 8p.

[15] M. Soumaré, "Dynamique et durabilité des systèmes agraires à base de coton au Mali", Thèse de Doctorat de l'Université Paris X Nanterre, 2008, 373p.

[16] A. Ba et M. Lesnoff, "Rapport final de l'activité démographie des bovins du Projet PASE II". Institut d'Economie Rurale, Sikasso, Mali, 2017, 41p.

[17] A. Keita, M. Le Bars, E. Penot, P. LE Grusse, M. Soumaré, B. Koné, and M. Havard, "Diversification des pratiques agricoles et des revenus en zone cotonnière au Mali. Le cas de Béguéné". Systèmes Aliment. Food Syst. 2018, 3, 115–137

[18] J. Djenontin, "Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin". Thèse de Doctorat. Science de la Terre, Université Abomey-Calavi, 2010, 275p.

[19] É. Vall and M.A. Diallo, "Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso)". Nat. Sci. Sociétés, 2009, 17, 122–135.

[20] O. Sib., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Gonzalez-Garcia E. and E. Vall, "Dairy production in Western Burkina Faso in a context of emergence of dairies: Diversity of breeding practices and proposals for improvement". Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 70 (3), 2017, 81-91

[21] B. Haidara et J.P. Derlon, "Amélioration de la gestion des troupeaux et production de fumier de ferme dans la zone Mali sud" 2008, 11p.

[22] J. Boutrais, "Du pasteur au boucher : le commerce du bétail en Afrique de l'Ouest et du Centre". Autrepart, 2001, n° 19, 49–70.



Lutte intégrée contre les pathologies des pintadeaux dans les communes rurales de Nossombougou et de Nonkon dans la région de Koulikoro au Mali

Moussa Tangara¹, Seydou Sidibé², Romain Kaboré¹, Seydou Sangaré¹ et Modibo Sylla²

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou

²Institut d'Economie Rural : Programme volaille du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba

Correspondance : E-mail : moussatangara2000@yahoo.fr

RESUME: Le développement de la méléagriculture constitue un moyen d'épargne et d'investissement pour les petits fermiers au Mali. Cependant, cette méléagriculture se heurte à de nombreuses contraintes notamment d'ordre sanitaire et zootechnique. Une étude a été conduite dans les communes de Nossombougou et de Nonkon dans le but d'améliorer la production et la productivité à travers la réduction du taux de mortalité des pintadeaux. L'échantillon était constitué de 100 pintadeaux d'un jour répartis en trois lots suivant un dispositif complètement randomisé dont un lot témoin (T0) et deux lots expérimentaux (T1 et T2). Le lot 1 représentait le lot témoin où aucun traitement (T0) n'a été admis ; le lot 2 reçoit le traitement (T1) où les pratiques paysannes (solution de cendre de mil) sont administrées et le lot 3 reçoit le traitement (T2) où les traitements conventionnels (antibiotiques, vaccins, déparasitant et vitamines) sont administrés. Tous les oiseaux ont bénéficié un suivi zootechnique et vétérinaire approprié conformément à l'éthique en matière d'expérimentation animale. Les taux de mortalité obtenus dans les différents lots ont été : de 96 % ; 64 % ; 25 % à Kena, de 87 % ; 85 % ; 17 % à Bilissabougou et de 93,5 % ; 90 % ; 78,5 % à Tenezana respectivement pour le lot 1, lot 2 et lot 3. Les gains moyens quotidiens observés au cours des deux premières semaines ont été élevés pour les sujets du lot 3 avec des GMQ allant de 2,38g/j à Kena, 4,1g/j à Bilissabougou et 4,38g/j à Tenezana. Le taux de mortalité a été réduit chez les pintadeaux des traitements traditionnels et conventionnels. La méthode conventionnelle a été la plus efficace avec une réduction du taux de mortalité accompagnée d'un gain moyen de poids appréciable chez les pintadeaux. Cette étude a montré la possibilité d'une réduction de la mortalité des pintadeaux due aux pathologies par l'application des traitements traditionnels et conventionnels.

Mots clés : Pintadeaux, pathologies, lutte intégrée, mortalité, communes rurales

I. INTRODUCTION

La pintade joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement en viande de volaille et en œufs des populations dans la plupart des régions du Mali. L'intérêt zootechnique de l'élevage de cette volaille est qu'elle peut être produite en milieu rural, périurbain et urbain. Cependant, cet élevage se heurte à de nombreuses difficultés multifactorielles dont les contraintes sanitaires qui entravent son développement. Dans l'élevage traditionnel, le faible taux d'éclosion, le taux élevé de mortalités des pintadeaux, et l'accès limité aux aliments de qualité et aux produits de traitement des pathologies constituent des contraintes zoovétérinaires.

Des études réalisées sur la pintade locale, ont estimé le taux de mortalité entre 57% et 95% chez les pintadeaux de 1 à 2 mois [16 et 15]. Les causes de cette perte élevée pourraient dépendre des facteurs pathologiques et environnementaux [5]. En élevage de mode extensif pratiqué autour des concessions rurales, les volailles reçoivent peu de soins, peu d'aliments, souvent sans abris spécifiques capables d'assurer le bien-être de la volaille. Dans ces conditions, les performances des oiseaux vont diminuer tant au niveau de la résistance aux maladies qu'au niveau des performances zootechniques.

La mortalité des pintadeaux est assez importante. Elle peut être due, entre autres, à l'excès de chaleur,

ou au contraire à un froid trop fort, aux abreuvoirs contaminés par des maladies ou à la présence de vers. Les pathologies parasitaires, infectieuses bactériennes et métaboliques mal maîtrisées du jeune âge à l'origine de très fortes mortalités des pintadeaux en milieu rural pourraient influencer très négativement sur la carrière zootechnique des pintades [2, 10 et 7]. Certains producteurs utilisent des méthodes traditionnelles de lutte, à base de produits locaux. Parmi ces pratiques, la solution de cendre de tiges de mil a permis de réduire la mortalité des pintadeaux et d'atteindre un taux de survie de 84% dans la commune de San, 85% dans la commune de Baraoli et 86% dans la commune de [1]. Par ailleurs, le paquet technique testé par la recherche a permis d'obtenir 88, 08% de taux de survie dans la région de Ségou [15].

En milieu traditionnel, les conditions d'élevage des pintades les exposent à de nombreuses pathologies favorisées par les conditions particulières d'alimentation et d'habitat. Les produits traditionnels, s'ils s'avèrent efficaces, permettraient d'augmenter l'accessibilité à un plus grand nombre d'éleveurs. Ceci montre que les pertes des pintadeaux peuvent être gérées à travers l'élevage amélioré, qui pourrait réduire les effets de certaines causes de mortalité chez les pintadeaux. Pour cela, la présente étude a été entreprise pour améliorer la



productivité à travers la réduction du taux de mortalité des pintadeaux en milieu de production.

II. MATERIEL ET METHODES

Le programme volaille a approuvé ce protocole de recherche conformément aux lignes directrices établies par le Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba.

2.1. Site et dispositif expérimental

L'étude a été conduite dans cinq villages du cercle de Kolokani, dont trois dans la commune de Nonsombougou (N'Golobougou, Tenezana et Zambougou) et deux dans celle de Nonkon (Billissabougou et Kena). Ces sites ont été choisis en fonction de l'existence des types d'élevage traditionnel et semi amélioré.

2.2. Matériel animal

Le matériel animal est constitué de pintadeaux de race locale. Les pintadeaux ont été obtenus par couvaison des œufs par des poules mères et par incubation artificielle. Tous les oiseaux ont bénéficié d'un suivi zootechnique et vétérinaire approprié.

2.3. Conduite des oiseaux expérimentaux

Les pintadeaux ont été élevés à l'ombre, à l'abri des autres volailles et des prédateurs dans des cages servant d'éleveuses, de dimensions de 1,20 m x 0,72 m x 0,50 m pour 30 pintadeaux. Ces cages tout en protégeant les pintadeaux contre les prédateurs et les intempéries, leur procurent en même temps de la chaleur nécessaire à leur bon démarrage et limitent le contact avec le sol. A l'intérieur des habitats, des lampes tempêtes, des chauffeuses en poterie, remplies de braises ont été utilisées pendant les heures fraîches de la nuit ou du matin comme source de chaleur pour les pintadeaux.

Des abreuvoirs en plastique d'une capacité de 2 litres et des plateaux servants de mangeoire ont été placés dans les cages. Les aliments distribués aux pintadeaux au démarrage étaient composés de l'aliment démarrage Bunafama pour le lot 3, de fonio et de son de blé respectivement pour le lot 2 et lot 1 pendant la première semaine de vie des oiseaux. En lien avec le processus de croissance, le fonio a été progressivement remplacé par le son de blé pour le lot 2. Les quantités distribuées étaient de 1 g à 30 g/sujet de 1-2 mois d'âge, 40 g à 50 g/ sujet de 2 à 6 mois et 50 g à 60 g au-delà de 6 mois.

L'apport de termites comme sources de protéines a été fait quotidiennement pour le lot 1 et le lot 2 de façon exclusive. Elles sont cueillies par les éleveurs en brousse. Ces observations indiquent la diversité des aliments sélectionnés par les pintades et qui leur permettent d'équilibrer leur ration. Les oiseaux disposaient d'une eau saine et propre. Tous les oiseaux ont été l'objet d'un suivi zootechnique et vétérinaire approprié.

2.4. Procédures d'expérimentation

Au niveau de chaque site d'expérimentation, 10 éleveurs ont été retenus et dotés de pintadeaux à l'âge d'un jour. Les pintadeaux ont été répartis entre trois lots de 10, suivant un dispositif complètement randomisé, dont un témoin (T0) et deux expérimentaux (T1 et T2). Chaque lot constitue un traitement (tableau 1).

Le premier lot a reçu le traitement T0 ou témoin absolu ; le deuxième lot a reçu le traitement T1 ou pratique paysanne ; le troisième lot a reçu le traitement T2 (traitement de référence de la recherche) ou applications des soins sanitaires. Les oiseaux ont reçu les soins sanitaires (tableau 2).

Les paquets techniques diffèrent les uns des autres par l'application des soins sanitaires.

Tableau 1: Dispositif expérimental des soins sanitaires

Traitements	Soins Sanitaires			
	Vaccination contre Newcastle	Antiparasitaire	Antibiotiques	Cendre tiges de mil
T0	0	0	0	0
T1	0	0	0	X
T2	X	X	X	X

X : Application de soins ;

0 : non application de soins sanitaires

Les pintadeaux du lot 1 (T0) : n'ont reçu aucun soin sanitaire (témoin absolu); ceux du lot 2 (T1) ont été traités avec une solution de cendre de tiges de mil, comme eau de boisson (pratique paysanne); ceux du lot 3 (T2), ont été traités aux antibiotiques, antiparasitaire et vaccinés contre la maladie de Newcastle (témoin de référence/recherche).

Tableau 2: Calendrier d'application des soins sanitaires

Age en semaines	Soins sanitaires	Lot 1	Lot 2	Lot 3
1	Antibiothérapie	0	0	X
	Solution de cendres	0	X	0
2	Antibiothérapie	0	0	X
	Solution de cendres	0	X	0
3	Vaccination	0	0	X
	Solution de cendres	0	X	0
4	Antiparasitaire	0	0	X
	Solution de cendres	0	X	0

Composition et dose des solutions

Antiparasitaire = Vermifuge Spécial Pintade (VSP):

- **Composition** : Diméridazole : 80 mg, Niclosamide : 40 mg, Levamisole (chlorhydrate) : 10 mg, vitamine A : 15 UI

- **Dose** : 1 comprimé/500g de poids vif.



- **Spectre d'activité** : Nématocide, cestocide et trichomonocide

Antibiotique vitaminé

- **Composition** : Oxytétracycline, néomycine, lysine, méthionine, vitamines ;

- **Préparation** : 1g/litre d'eau de boisson ;

Vaccin inactivé contre la maladie de Newcastle :

- **Dose** : 0,5 ml/sujet

Solution de cendres

- **Préparation** : 2,5 kg/15 litres d'eau

Pendant l'expérimentation, les observations ont porté sur : le poids des pintadeaux (âge-types), le taux de morbidité et de mortalité ainsi que leurs causes et les quantités d'aliment ingérées.

Le taux de mortalité, les différentes causes de ces mortalités et les gains moyens quotidiens (GMQ) ont été retenus comme paramètres d'étude.

Taux de mortalité (TM)

TM = Nombre de morts d'une période x 100 / Effectif total durant cette période

Gain moyen quotidien (GMQ)

GMQ = Gain de poids pendant une période / Durée de la période

2.5. Analyses statistiques

Le taux de mortalité, les différentes causes de ces mortalités et les gains moyens quotidiens (GMQ) ont été analysées par la procédure ANOVA (Analyse de Variance) avec le logiciel [14].

III. RESULTATS

3.1. Impact des traitements sur les taux de mortalité

La mortalité des pintadeaux a été plus remarquable au cours des deux premières semaines de vie. Les taux de mortalité les plus élevés ont été rencontrés dans les lots 1 et 2.

Le lot 3 présente un taux relativement bas à Kena et Bilissabougou sauf à Tenezana où le lot 3 présente un taux plus élevé. Les taux de mortalité des différents villages sont représentés par les figures (1, 2 et 3) respectivement pour le village de Kena, Bilissabougou et Tenezana

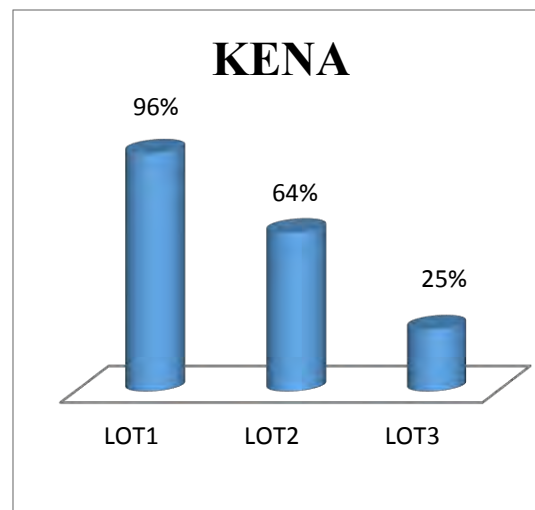


Figure 3 : Taux de mortalité par lot à Kena

A Kena, le taux de mortalité est de : 96 % pour le lot 1 (T0) ; de 64 % pour le lot 2 (T1) ; de 25 % pour le lot 3 (T2).

Il ressort que le lot1, lot témoin présente le plus fort taux de mortalité par rapport aux lots expérimentaux : lot 2 (pratique paysanne) et lot 3 (application des soins conventionnels)

Le taux du lot 3 est nettement plus faible en comparaison avec celui du lot 2.

A Bilissabougou, le taux de mortalité est de 87 % pour le lot 1 (T0) ; de 85 % pour le lot 2 (T1) et 17 % pour le lot 3 (T2).

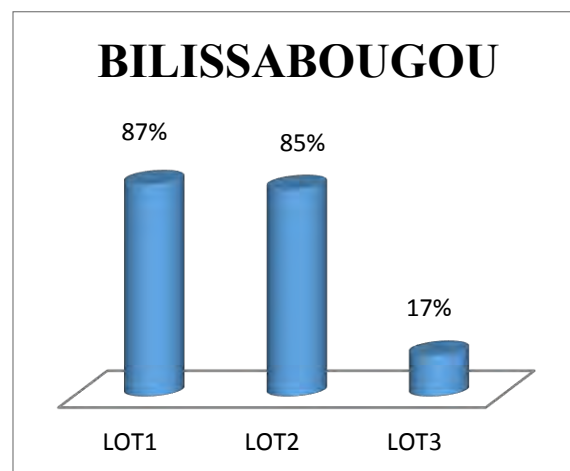


Figure 2: Taux de mortalité par lot à Bilissabougou

Il apparaît que le lot 3 présente un faible taux par rapport au lot 2 et lot 3. Celui du lot 2 est inférieur à celui du lot 1.

A Tenezana, le taux de mortalité est de 93,5 % pour le lot 1 (T0) ; 90 % pour le lot 2 (T1) et 78,5 % pour le lot 3 (T2)

Le taux du lot 3 est inférieur à celui du lot 2 et lot 1. Celui du lot 2 est inférieur au lot 1.



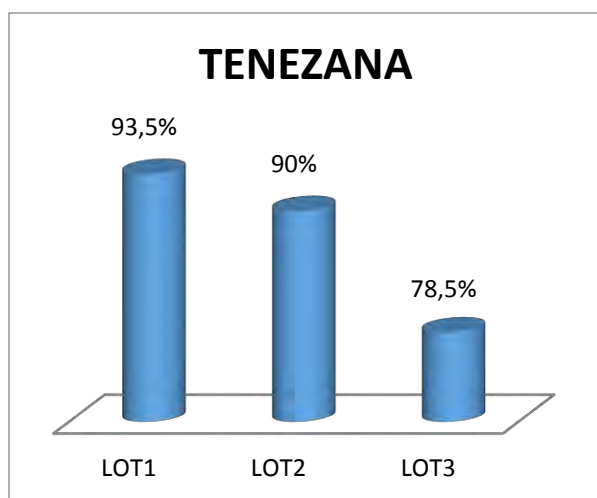


Figure 3: Taux de mortalité par lot à Ténézana

Le tableau 3 regroupe les moyennes et les écart-types des différents lots.

Tableau 3: Moyennes et écart-types.

Village		Effectif	Moyenne	Ecart type
Bilissabougou	lot1	10	6,50	2,27
	lot2	10	6,20	1,87
	lot3	10	1,30	1,34
Kena	lot1	9	7,33	1,00
	lot2	9	4,67	1,94
	lot3	9	1,89	1,69
Tenezana	lot1	6	9,33	1,63
	lot2	6	9,00	2,45
	lot3	6	7,83	1,94

3.2. Causes des mortalités

Dans la présente étude, les causes des mortalités des pintadeaux pourraient être dues aux facteurs environnementaux (fraîcheur, humidité, vent), pathologiques (fientes collantes), aux accidents (noyade) et aux prédateurs.

3.3. Gain moyen quotidien (GMQ)

Le tableau 4 présente les gains moyens quotidiens obtenus dans les villages de Kena, Bilissabougou et Ténézana pour les différents lots (1, 2 et 3) au cours des quatre premières semaines (J1-J14 et J14-J28).

Les résultats montrent que le GMQ du lot 3 est supérieur à ceux du lot 1 et lot 2 dans les deux tranches d'âge sauf à Tenezana où le GMQ du lot 3

est inférieur au lot 2 mais supérieur au lot 1 (tableau 4).

Tableau 4: Moyennes GMQ (g/j)

	J1-J14			J14-J28		
	LOT 1	LOT 2	LOT 3	LOT 1	LOT 2	LOT 3
Kena	1,17	1,72	2,49	3,89	4,36	4,47
Bilissa bougou	3,09	1,44	4,1	5,86	5,07	6,02
Tenezana	4,66	2,38	4,38	1,32	3,12	2,09

IV. DISCUSSION

Les taux de mortalité du lot 1 et du lot 2 ont été les plus élevés parmi les trois lots. Ces taux sont largement au dessus de 50% du cheptel de chaque lot. Ces taux élevés de mortalité sont similaires à ceux de Bako [3] qui a rapporté des taux allant de 73 à 100% ; de Hien et al [6] qui ont révélé un taux de 90% en milieu villageois.

Le lot 3 présente le plus faible taux de mortalité par rapport au lot 1 et lot 2. Ces taux sont comparables à ceux de Okaeme [10] qui a réussi à réduire le taux de mortalité de 6% en élevage semi amélioré mais supérieur à celui d'un élevage intensif : 8,63% Okaeme [10].

Une baisse du taux de mortalité a été constatée en fonction des traitements appliqués aux différents lots avec une nette réduction du taux de mortalité du lot 3 par rapport à ceux du lot 2 et lot 1. Les études menées par Sanfo et al [11], Sanfo et al [12], Moussa et al [9] et Sanfo et al [13] sur la survie et la croissance des pintadeaux dans la région ouest africaine, indiquent une réduction du taux de mortalité des pintadeaux par la pratique d'un élevage de type amélioré ou semi intensive. Il existe donc une corrélation entre la mortalité des pintadeaux et les différents traitements auxquels ils sont soumis. Les taux de mortalités enregistrées dans les différents lots (lot 1, 2 et 3) pourraient s'expliquer en partie par la fraîcheur et l'humidité pendant cette période (facteurs environnementaux) dû à l'insuffisance du chauffage ou l'inadaptation de l'habitat (trop grand ou mal aéré). Ces observations corroborent celle de Le Coz Douin [8] qui a révélé que la thermorégulation du très jeune pintadeau paraît inefficace pendant les premières semaines de sa vie. Il refroidit plus vite si la température ambiante est trop faible. Les courants d'air dont la vitesse excède 0,30 m/s sont perçus par l'animal comme un rafraîchissement. Les conséquences peuvent en être des diarrhées suivies des problèmes de boiteries par malabsorption des nutriments de la ration, une augmentation de l'indice de consommation.



Ces auteurs consolident la présente dans son hypothèse que la mortalité des pintadeaux peut être essentiellement due aux facteurs environnementaux qui ont entraîné la diarrhée et les malformations osseuses.

La pintade locale est connue pour sa faible vitesse de croissance pondérale (Hien et al. [6]). Le GMQ de 2,49g/j obtenu au lot 3 dans le village de Kena est similaire à ceux de 2,5g/j et 2,6g/j obtenus par Sanfo et al [11] et Bonkougou [4] en système amélioré avec des aliments industriels pendant la phase de démarrage en milieu villageois. Par contre ceux du lot 1 et lot 2 sont inférieurs aux GMQ trouvés par ces auteurs. Ce faible gain moyen quotidien pourrait s'expliquer par la qualité des aliments distribués au lot 1 et lot 2 qui se composaient de son de blé et de termites. Mais la quantité de termites distribuée était insuffisante ou inexistante chez certains producteurs qui n'arrivaient pas à récolter les termites. Ce qui entraînait un manque à gagner pour couvrir les besoins en protéines nécessaires pour la croissance des pintadeaux.

Les GMQ obtenus dans les villages de Bilissabougou et Tenezana pour le lot 1 et lot 3 sont supérieurs à ceux de ces auteurs. Par contre ceux du lot 2 avoisinent les GMQ de ces mêmes auteurs.

De même, Bonkougou [4] a noté un GMQ de 5,5g/j avec des pintadeaux nourris à l'aide d'aliments industriels pendant la phase de croissance au delà de deux semaines d'âge. Ce qui est identique à ceux obtenus à quatre semaines d'âge dans la présente étude pour les lots 1 et lot 2 à Bilissabougou (5,86 g/j et 5,07 g/j) mais inférieur à celui du lot 3 (6,02 g/j) où les oiseaux étaient nourris avec un aliment industriel Bunafama.

V. CONCLUSION

L'étude a montré la possibilité d'une réduction de la mortalité des pintadeaux due aux pathologies par l'application des traitements traditionnels et conventionnels. L'abreuvement à la solution de cendres de tige de mil a permis d'améliorer la viabilité des pintadeaux. Il ressort que la méthode conventionnelle a été la plus efficace avec une réduction du taux de mortalité accompagnée d'un gain moyen de poids appréciable. Cela suggère que les causes de mortalité des pintadeaux dans la zone d'étude impliquent probablement les conditions d'élevage, l'alimentation et les pathologies.

Ainsi, la lutte contre les facteurs de mortalité des pintadeaux peut être orientée vers la prophylaxie qui implique une amélioration qualitative de tous les paramètres d'élevage. Cette étude peut être une opportunité de proposition d'un plan adéquat de prophylaxie dans l'élevage des pintadeaux.

Il est souhaitable que ces éleveurs soient assistés par des services techniques par le suivi et le conseil pour booster la productivité et le statut sanitaire de la pintade en milieu traditionnel ou semi amélioré.

REFERENCES

- [1] Adaf Gallé, 2015. Promouvoir l'expérimentation et l'innovation paysanne au sahel. Rapport annuel 2015.29 pages.
- [2] Ayeni J .S.O. 1983.The biology and utilization of helmeted guinea fawl in Nigeria: food of helmeted guinea fowl in Kainji Lake Bassin.Afr. J. Ecol., 21, 1-10.
- [3] Bako A. 2004. Stratégies d'élevage de pintadeaux dans la zone de Bobo-Dioulasso: pertes économiques et moyens paysans de réduction de la mortalité. Rapport ATE. Ouagadougou. Burkina Faso, 42 pages.
- [4] Bonkougou GFX. 2005. Characteristics and performance of guinea fowl production under improved and scavenging condition in the Sahelian region of Burkina Faso. MSc, Thesis. The royal veterinary and agricultural university. Copenhagen. Denmark, 59 pages.
- [5] Dahouda, 2003 : Elevage de la pintade locale dans le Département du Borgou : comparaison des caractéristiques de production en station et en milieu rural (Mémoire de DEA). Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. 33 pages.
- [6] Hien OC et al. 2000. Influence du mode d'élevage sur la mortalité et la croissance des pintades en saison hivernale dans la zone sub-humide du Burkina Faso. Bull. Anim.Hlth.Prod.Afr.48 (3) : 236-245.
- [7] Laurenson, P. 2002 : Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou (mémoire d'ingénieur, Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, 81 pages.
- [8] Le Coz Douin J.1992 : L'élevage de la pintade. Edition Point Vétérinaire : Maison Alfort, 252 pages.
- [9] Moussa Amadou B., Idi A., Benabdeljelil K. 2010 Aviculture familiale rurale au Niger : alimentation et performances zootechniques. Bull. RIDAF, 2010, 19, 3-10.
- [10] Okaeme A.N., 1986, Diseases of economic importance in guinea fowl (N. meleagris).In: Proceedings of the 11th Annual Conference of the Nigerian. Society for Animal Production, Ahmadu Bello University, Zaria, March 23-27, pp. 64-68.
- [11] Sanfo R, et al, 2015 : Survie et performance de croissance des pintadeaux en milieu contrôlé au Nord du Burkina Faso.Int. J. Biol. Chem. Sci. 9 (2): 703-709.
- [12] Sanfo R., Boly H., Sawadogo L. Brian O. 2008. Performances pondérales de la pintade locale (Numida meleagris) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 61, 135-140.
- [13] Sanfo R., Boly H H., Sawadogo L., Ogle B. 2007. Caractéristique de l'élevage villageois de pintade locale (Numida meleagris) au centre du Burkina Faso. Tropicultura, 2007, 25, 31-36.



[14] SAS, User's Guide. (1996): Version 6, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

[15] Sylla et al. 2012 : Test de plan de lutte contre les pathologies des pintadeaux dans la région de Ségou. Rapport de campagne 2011/2012 de la commission scientifique du Comité Nationale de la Recherche Agronomique (CNRA). 19 pages.

[16] Traoré B. 1997. Caractérisation des élevages avicoles traditionnels en zone soudanienne et soudano guinéenne du Mali. In: Proceeding International Network for Family Poultry Development workshop, M'Bour, Senegal, 9-13 décembre, 1997, 133-139.



Détermination de la valeur alimentaire de fourrages ligneux à partir de leur composition chimique: *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et de *Ficus gnaphalocarpa*

Seydou Sidibé¹, Moussa Tangara³, Sékou M. Cissé¹, Bandiougou Dembélé², Sékou Traoré³, Rokhyatou Diankha¹, Arhamatou M. Maïga¹ et Hamidou Nantoumé¹

¹Institut d'Economie Rural : Laboratoire de Nutrition Animale du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba

²Institut d'Economie Rural : Délégation Bovins et Camélins du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso

³Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou
Correspondance: seydousidibe@hotmail.com

RESUME: L'objectif de cette étude est de déterminer la valeur alimentaire de *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa* à partir de leur composition chimique. C'est ainsi que, six échantillons de chacun de ces ligneux collectés dans différents sites de vente de Bamako ont été analysés au Laboratoire de Nutrition Animale du CRRA de Sotuba pour déterminer leur teneur en matière sèche, en cendres brutes, en matière azotée totale, en cellulose brute, en matière grasse, en énergie brute, en calcium et en phosphore. Les teneurs en unité fourragère lait (UFL), unité fourragère viande (UFV), matière azotée digestible (MAD) et la digestibilité de la matière organique (DMO) ont été 0,64 UFL/kg MS, 0,51UFV/kg MS, 111,60 g/kg MS et 89,90% pour *Pterocarpus erinaceus* ; 0,82UFL, 0,74UFV/kg , 128,02g/kg MS , 91,02% DMO pour *Pterocarpus lucens* et 0,80UFL/kg MS, 0,71UFV/kg MS , 92,63 g/kg MS et 90,85% DMO pour le *Ficus gnaphalocarpa*. Les résultats montrent que *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* pourraient contribuer à combler le déficit alimentaire auquel sont confrontés les animaux de production pendant la saison sèche.

Mots clés : Fourrages, valeur alimentaire, *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens*, *Ficus gnaphalocarpa*

I. INTRODUCTION

L'insuffisance cruciale des ressources alimentaires pendant la saison non pluvieuse demeure le principal facteur limitant pour la semi-intensification des productions animales dans la zone sahélienne. Or, l'intensification des productions animales pourrait améliorer le statut nutritionnel et économique des populations de ladite zone. En général, la base de l'alimentation des ruminants domestiques repose essentiellement sur l'exploitation des pâturages naturels dans cette zone. Toutefois, ces pâturages subissent de grandes variations quantitatives et qualitatives en fonction des saisons. La plupart des fourrages herbacés des pâturages tropicaux et les résidus de céréales sont relativement pauvres en matières azotées digestibles et en sucres solubles lorsque la saison sèche avance et que les disponibilités en herbe ne sont plus garanties. Une stratégie de semi-intensification des productions animales pourrait passer par la recherche d'autres types d'aliments susceptibles d'améliorer les conditions nutritionnelles des animaux.

Des études ont montré que certains ligneux fourragers conservent leur biomasse verte avec des teneurs en protéines et en fibres de qualité durant une partie de la saison sèche □3, 11 et 10□. Dans ce contexte, les ligneux fourragers pourront occuper une place non négligeable dans l'alimentation du bétail au moment où la valeur nutritive de l'herbe

chute. Cependant, il est important de connaître la valeur nutritive des ligneux fourragers susceptibles d'être utilisés dans l'alimentation du bétail. Le présent travail a pour objectif de déterminer la valeur alimentaire de *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa* à partir de leur composition chimique.

L'étude a été conduite au Laboratoire de Nutrition Animale du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba de l'Institut d'Economie Rurale (IER).

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal était de 18 échantillons au total, dont six échantillons de *Ficus gnaphalocarpa*, six échantillons de *Pterocarpus erinaceus* et six échantillons de *Pterocarpus lucens*. Ces échantillons ont été collectés dans les zones périurbaines de Bamako et de Koulikoro.

2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique était composé d'une balance électronique (pour la pesée des échantillons), d'une étuve (pour la détermination de la matière), d'un four à moufle (pour la détermination de la cendre), d'un bloc minéralisateur (pour la minéralisation), d'un distillateur d'azote (pour le dosage de l'azote), d'un



extracteur de matière grasse (pour la détermination de la matière grasse), d'une pompe à vide (pour la filtration de la cellulose), d'un photomètre à flamme (pour la détermination du calcium, du sodium et du potassium), d'un spectrophotomètre (pour le phosphore) et la bombe calorimétrique (pour déterminer l'énergie brute).

2.2. Méthodes d'analyses

2.2.1. Méthodes d'analyses des échantillons

2.2.1.1. Détermination de la matière sèche (MS)

La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée par séchage dans l'étuve à une température de 105°C sur une prise d'essai d'échantillon de 2 g (P_1) placé dans un creuset en porcelaine. Après 4 heures de temps, l'échantillon a été récupéré, refroidi et pesé de nouveau pour déterminer le poids P_2 . Le taux de matière sèche a été obtenu par différence de poids entre P_2 et P_1 .

2.2.1.2. Détermination des cendres

Après la détermination de la matière sèche, l'échantillon a été calciné dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures de temps. Ensuite, il a été retiré et refroidi dans un dessiccateur avant de déterminer le poids P_3 . La différence de poids entre P_3 et P_1 a permis de déterminer la teneur en cendres.

2.2.1.3. Détermination de la matière organique

La matière organique (MO) correspond à la masse qui a disparue lors de la calcination de l'échantillon et se calcule par la formule: $\% MO = \% MS - \% MM$.

2.2.1.4. Détermination de la cellulose brute (CB)

La cellulose a été déterminée par la méthode de Weende avec deux hydrolyses (acide puis basique). Cela permet la destruction plus ou moins des autres constituants de la paroi cellulosique que sont : les hémicelluloses, la lignine, les tanins, les matières pectiques etc.

Une prise d'essai de 1g est introduite dans des béchers de 600 ml. Ensuite 50 ml de solution d'acide sulfurique à 0,3 N est ajoutée. Les béchers sont ensuite portés à l'ébullition sur une plaque chauffante pendant 30 minutes. Après cette première hydrolyse, on les laisse refroidir pendant 5 minutes puis on y ajoute 25 ml d'une solution de KOH et on les dépose de nouveau sur la plaque chauffante pendant 30 minutes. Après les deux hydrolyses, les échantillons sont filtrés à l'aide d'un système de filtration sous vide et rincés successivement avec de l'eau chaude puis avec d'acide sulfurique à 0,1 N et en fin avec de l'eau chaude.

Le résidu obtenu est séché à l'étuve à 150°C pendant 2 heures puis refroidis dans un dessiccateur et pesé pour avoir le poids P_1 . Enfin les résidus sont incinérés dans le four à 700°C pendant 2 heures, refroidis dans le dessiccateur et pesé pour déterminer le poids P_2 . La perte de poids résultant de la calcination correspond à la teneur en cellulose brute.

2.2.1.5. Détermination des matières azotées totales (MAT)

La détermination des MAT a été faite en utilisant la méthode KJELDAHL. Une prise d'essai de 0,3 g a été introduite dans la colonne et minéralisée en ajoutant 12 ml d'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur approprié (K_2SO_4 , $CuSO_4 \times 5H_2SO_4$). La minéralisation a été effectuée à l'aide d'un bloc minéralisateur à 420°C pendant 1 heure. Au cours de la minéralisation, l'azote organique transformé en ammonium, après distillation a été recueilli dans une solution d'acide borique mélangée à un indicateur coloré (30 ml). La solution de couleur violette est passée à la coloration verte.

La solution verdâtre a été titrée avec une solution d'acide sulfurique diluée de normalité 0,1 jusqu'à l'obtention de la coloration initiale (violette), puis le volume V d'acide sulfurique qui a conduit au virage a été noté pour déterminer le taux d'azote. La teneur en protéines a été déterminée selon la formule $\% P (\text{protéines}) = \% N \times 6,25$.

2.2.1.6 Détermination de la matière grasse (MG)

Elle a été faite par la méthode de Soxhlet qui consiste à extraire la matière grasse contenue dans l'échantillon à l'aide d'un extracteur en utilisant un solvant. Le ballon vide est préalablement chauffé puis pesé (P_1). Ensuite deux grammes de l'échantillon sont pesés et introduits dans une cartouche bouchée avec du coton, laquelle sera placée dans un extracteur. Ce dernier est placé sur un ballon et relié à un réfrigérant. 200 ml de l'hexane a été versé dans l'extracteur. L'ensemble a été porté à l'ébullition par le système de chauffage. La matière grasse contenue dans l'échantillon a été extraite pendant six heures par le solvant. Après l'extraction, le solvant a été récupéré et la matière grasse restait au fond du ballon. Le ballon a été ensuite placé dans l'étuve à une température de 80°C pendant une heure pour évaporer le solvant restant. Après, il a été refroidi dans le dessiccateur et pesé pour déterminer le poids P_2 . La différence de poids entre P_2 et P_1 permet de déterminer la teneur en matière grasse.

2.2.1.7 Détermination du calcium et du phosphore

Le calcium a été déterminé par photométrie à l'aide d'un photomètre à flamme et le phosphore par spectrophotométrie en utilisant le SPECTRONIC 21.

Le principe consiste à minéraliser l'échantillon avec de l'acide sulfurique concentré et de l'eau oxygénée jusqu'à l'obtention d'une solution claire. Ensuite on procède à la lecture de l'échantillon minéralisé, après avoir calibré l'appareil des solutions filles de concentrations différentes (200 ppm ; 100 ppm ; 50 ppm ; 20 ppm ; 10 ppm), préparées à partir des solutions mères de Calcium et de phosphore.

2.2.1.8 Détermination de l'énergie brute



0,20 à 0,25 grammes de l'échantillon ont été pesés dans un creuset, qui ensuite, a été ensuite placé dans une bombe calorimétrique préalablement chargée d'oxygène médical et placée dans le calorimètre. Après explosion, la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion de l'échantillon est directement lisible sur un petit écran en j/g. Pour convertir le résultat en kcal/kg, il a été divisé par 4,18.

2.3. Méthodes de calcul de la digestibilité et de la valeur nutritive

La digestibilité et la valeur nutritive (valeur protéinique et valeur énergétique) des trois fourrages ligneux ont été calculées selon les équations de [5].

- **Digestibilité de la matière organique (dMO)**

$$dMO (\%) = 93,2 - 0,104 CB + 0,025MAT$$

- **Matière azotée digestible (MAD)**

$$MAD (g/kg MS) = 9,1 MAT - 0,38 MO \text{ (MO et MAT en \% MS)}$$

- **Energie digestive (ED)**

$$ED = EB * dE / 100, \text{ avec } dE = 1,055 DMO - 6,833$$

- **Energie métabolisable (EM)**

$$EM = 0,82 ED$$

- **Unité fourragère lait (UFL)**

$$UFL = 121,80 + 0,11 MAT - 1,81 CB + 1,26 MG$$

- **Unité fourragère viande (UFV)**

$$UFV = 124,15 + 0,06 MAT - 2,20 CB + 1,22 MG$$

2.4 Analyses statistiques

Les données ont été analysées selon la méthode d'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur au seuil de probabilité de 5% à l'aide du logiciel STATA 14.

III. RESULTATS

Les résultats des analyses bromatologiques et de la valeur alimentaire de *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa* sont présentés dans le tableau 1.



Tableau 1: Composition chimique et valeur alimentaire de *Pterocarpus erinaceus* *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa*

Espèces ligneuses	Constituants organiques MS%							Constituants minéraux %			Valeurs énergétiques/kg MS					Valeur azotée g/kg MS	DMO % de MS
	MSP	MS 105°C	MSR	MO	CB	MAT	MG	MM	Ca	P	EB kcal/kg	ED	EM	UFL	UFV	MAD	DMO
Moyenne <i>Pterocarpus erinaceus</i>	68,78 ± 6,85a	95,01 ± 0,68a	65,36 ± 6,65a	55,87 ± 7,02b	35,23 ± 4,63a	14,60 ± 1,20a	3,20 ± 0,41a	9,49 ± 0,60a	0,30 ± 0,09a	0,23 ± 0,07a	4008,71 ± 108,72a	3802,12 ± 109,69a	3117,74 ± 89,95a	0,64 ± 0,09b	0,51 ± 0,11b	111,60 ± 11,58a	89,90 ± 0,48a
Moyenne <i>Pterocarpus lucens</i>	71,96 ± 6,08a	94,92 ± 0,77a	68,31 ± 5,92a	62,11 ± 5,72a	25,01 ± 6,57b	16,66 ± 3,63a	3,11 ± 0,43a	6,20 ± 1,50b	0,16 ± 0,03b	0,30 ± 0,06a	4027,93 ± 125,45a	3867,12 ± 106,00a	3171,04 ± 86,92a	0,82 ± 0,12a	0,74 ± 0,15a	128,02 ± 33,92a	91,02 ± 0,77a
Moyenne <i>Ficus gnaphalocarpa</i>	57,67 ± 13,63b	91,69 ± 0,42b	52,92 ± 12,75b	41,46 ± 13,94c	25,44 ± 1,56b	11,91 ± 1,23b	2,03 ± 0,76c	11,46 ± 3,34a	0,40 ± 0,05a	0,31 ± 0,08a	3443,30 ± 87,35b	3300,26 ± 82,26b	2706,21 ± 67,45b	0,80 ± 0,03a	0,71 ± 0,04a	92,63 ± 13,04b	90,85 ± 0,17a

MSP : matière sèche pré sèche; MS à 105°C : matière sèche; MSR : matière sèche réel; MO : matière organique; CB : cellulose brute; MAT : matière azotée totale; MG: matière grasse; MM: matière minérale; Ca: calcium ; P : phosphore; EB : énergie brute ; EM: énergie métabolisable ; ED : énergie digestible; UFL : unité fourragers lait ; UFV : unité fourragers viande ; MAT: matière azotée digestible ; DMO: digestibilité de la matière organique.

Les valeurs moyennes suivies des mêmes lettres au sein d'une même colonne ne sont pas différentes au seuil de 5

3.1. Teneur en matière sèche (MS)

Les résultats obtenus par rapport à la matière sèche sont présentés dans la figure 1. *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens* avec respectivement $68,78 \pm 6,85$ et $71,96 \pm 6,85$ % ont été significativement supérieurs à *Ficus gnaphalocarpa* avec $57,67 \pm 13,63$ % ($p < 0,05$)

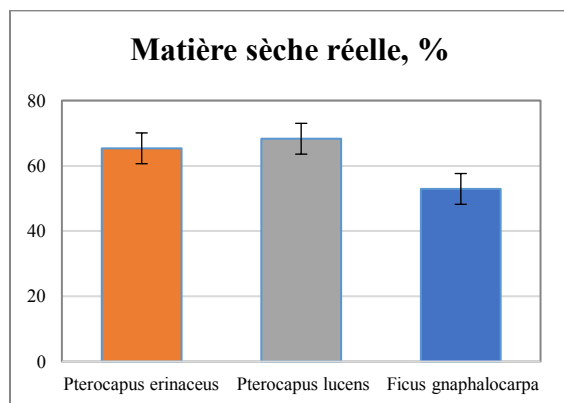


Figure 1: Teneur en matière sèche réelle

3.2. Teneur en matière organique (MO)

Les résultats de la matière organique sont regroupés dans la figure 2. Les moyennes des 3 ligneux ont été significativement différentes avec respectivement $62,11 \pm 5,72$ % pour *Pterocarpus lucens*, $55,87 \pm 7,02$ % pour *Pterocarpus erinaceus* et $41,46 \pm 13,94$ % pour *Ficus gnaphalocarpa*

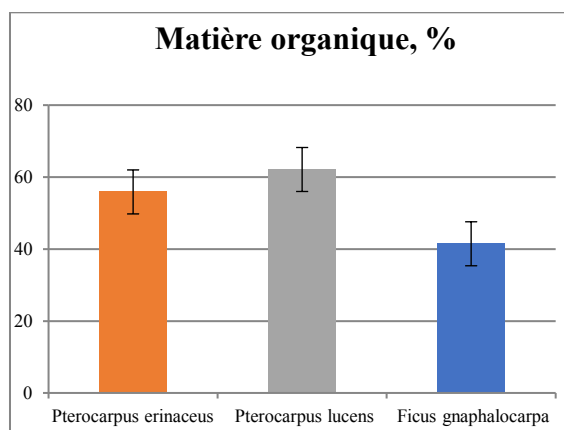


Figure 2: Teneur en matière organique.

3.3. La cellulose brute (CB)

Pterocarpus erinaceus avec $35,23 \pm 4,63$ %, a donné une teneur en cellulose brute significativement ($p < 0,05$) plus élevée que *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa* avec respectivement $25,01 \pm 6,57$ % et $25,44 \pm 1,56$ % (figure 3).

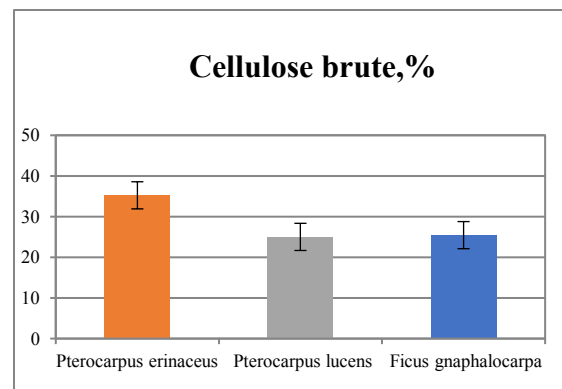


Figure 3: Teneur en cellulose brute

3.4. Teneur en matière azotée totale (MAT)

Par rapport à la teneur en protéines brutes (Figure 4), *Pterocarpus lucens* et *Pterocarpus erinaceus* ont enregistré des taux semblables ($16,66 \pm 3,63$ % et $14,60 \pm 1,20$ %) qui ont été significativement supérieurs à celui de *Ficus gnaphalocarpa* avec $11,91 \pm 1,23$ % ($p < 0,05$).

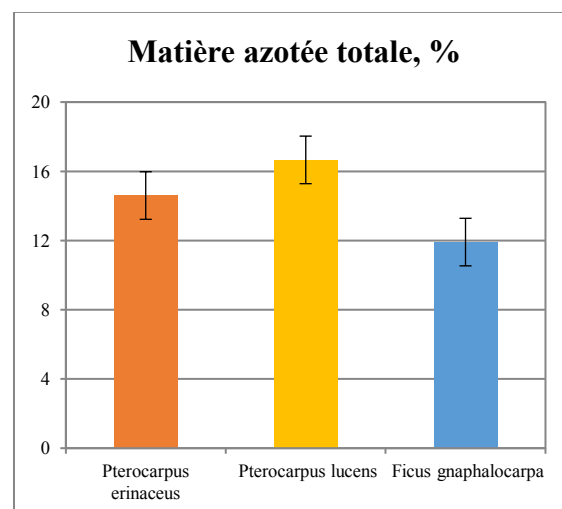


Figure 4: Teneur en MAT

3.5. Teneur en matière grasse (MG)

La teneur en matière grasse (figure 5) montre que *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens* avec respectivement $3,20 \pm 0,41$ % et $3,11 \pm 0,43$ % ont donné des moyennes comparables qui ont été significativement supérieures à celle de *Ficus gnaphalocarpa* avec $2,03 \pm 0,76$ % ($p < 0,05$).



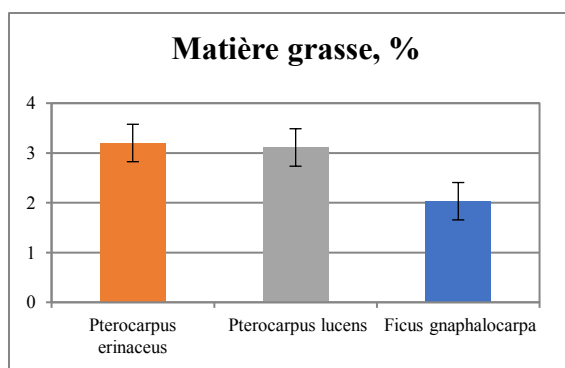


Figure 5: Teneur en matière grasse

3.6. Teneur en cendre

L'analyse statistique des résultats n'a donné aucune différence significative entre *Ficus gnaphalocarpa* avec $11,46 \pm 3,34$ % et *Pterocarpus erinaceus* avec $9,49 \pm 0,60$ % ($p < 0,05$).

Cependant leur teneur en cellulose brute a été significativement supérieure à celle de *Pterocarpus lucens* avec $6,20 \pm 6,85$ % (Figure 6).

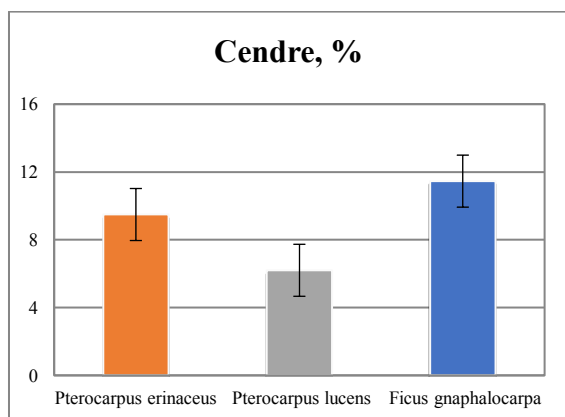


Figure 6: Teneur en cendre

3.7. Teneur en calcium (Ca)

Les concentrations en calcium des 3 ligneux sont présentées dans la figure 7. *Ficus gnaphalocarpa* avec $0,40 \pm 0,05$ % et *Pterocarpus erinaceus* avec $0,30 \pm 0,09$ % sont semblables et ont été significativement supérieurs à *Pterocarpus lucens* avec $0,16 \pm 0,03$ % ($p < 0,05$).

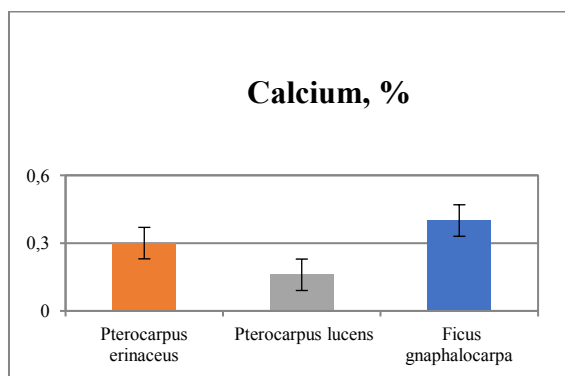


Figure 7: Teneur en calcium

3.8. Teneur en phosphore (P)

Comme l'indique la figure 8, contrairement au calcium, il n'y a pas eu de différences significatives entre les 3 ligneux par rapport à leur teneur en phosphore ($p < 0,05$).

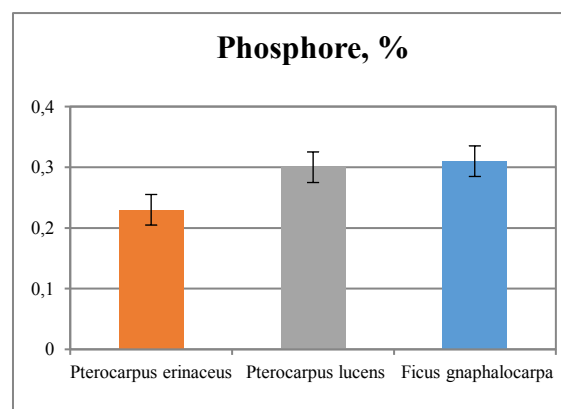


Figure 8: Teneur en phosphore.

3.9. Teneur en énergie brute (EB)

La teneur en énergie brute des 3 ligneux est présentée dans la figure 9. *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens* avec respectivement 4027,93 kcal/kg MS et 4027,93 kcal/kg de MS ont eu des teneurs en énergie comparables, qui ont été significativement supérieures à celle de *Ficus gnaphalocarpa* avec 3443,30 kcal/kg de MS ($p < 0,05$).

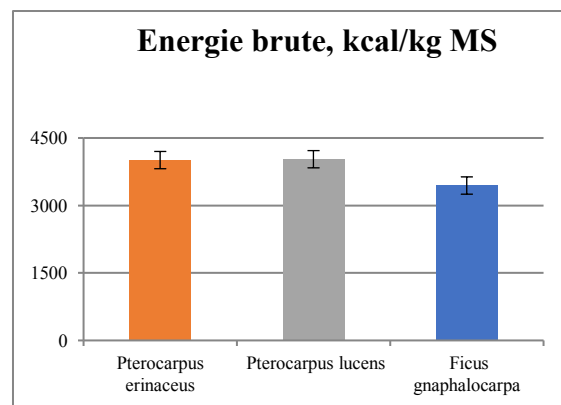


Figure 9: Teneur en énergie brute

3.10. Teneur en énergie digestible (ED)

Concernant l'énergie digestible, les résultats ont montré la même tendance que l'énergie brute (Figure 10). *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens* ont eu des teneurs semblables qui ont été supérieures à celle de *Ficus gnaphalocarpa* ($p < 0,05$).



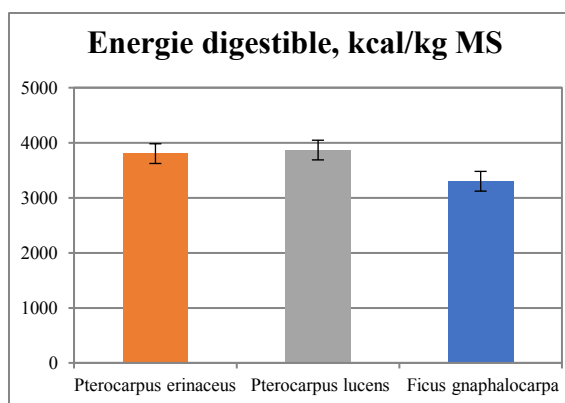


Figure 10: Teneur en énergie digestible.

3.11. Teneur en énergie métabolisable (EM)

De même que l'énergie brute et l'énergie digestible, *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens* ont donné des teneurs en énergie métabolisable semblables (respectivement 3117,66 kcal/kg MS et 3171,43 kcal/kg MS), qui ont été supérieures à celle de *Ficus gnaphalocarpa* (2706,24 kcal/kg MS) ($p < 0,05$) (Figure 11).

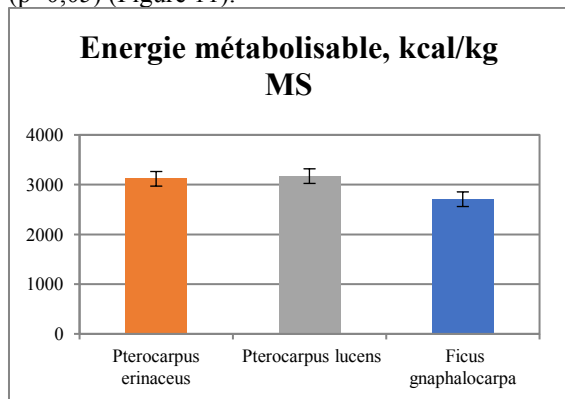


Figure 11: Teneur en énergie métabolisable

3.12. Teneur en unité fourragère lait (UFL)

Par rapport à la teneur en unité fourragère lait, *Pterocarpus lucens* avec 0,82 UFL et *Ficus gnaphalocarpa* avec 0,80 UFL ont été comparables (Figure 12). Les deux espèces ont été significativement supérieures à *Pterocarpus erinaceus* avec 0,64 UFL « $p < 0,05$ »).

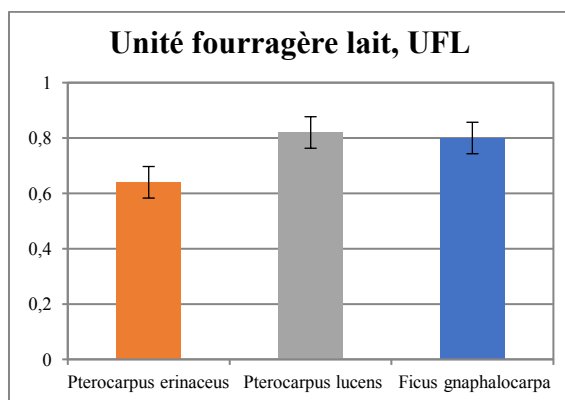


Figure 12 : Teneur en UFL.

3.13. Teneur en unité fourragère viande (UFV)

De même que la teneur en unité fourragère lait, les teneurs en unité fourragère viande de *Pterocarpus lucens* (0,74 UFV) et de *Ficus gnaphalocarpa* (0,71 UFV) ont été semblables (Figure 13) et significativement plus élevées que celle de *Pterocarpus erinaceus* avec 0,51 UFV ($p < 0,05$).

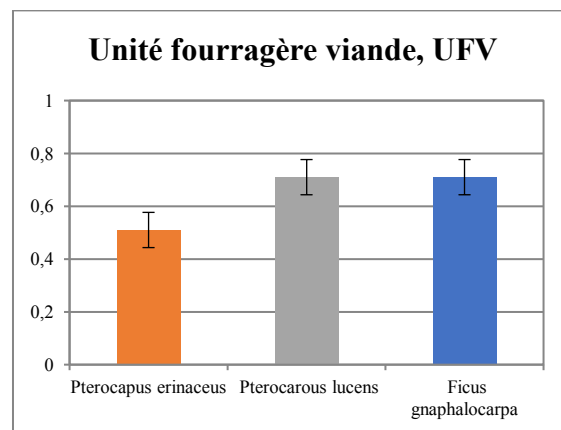


Figure 13: Teneur en UFV

3.14. Teneur en matière azotée digestible (MAD)

Par rapport à la teneur en matière azotée digestible, *Pterocarpus lucens* et *Pterocarpus erinaceus* ont enregistré des valeurs comparables avec respectivement 128,02 g/kg MS et 111,60 g/kg MS. Ces valeurs sont significativement supérieures ($p < 0,05$) à celle de *Ficus gnaphalocarpa* avec 92,63 (Figure 14).

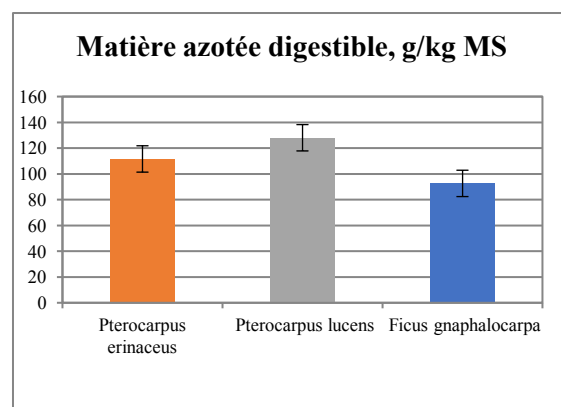


Figure 14: Teneur en matière azotée digestible

3.15. Digestibilité de la matière organique (DMO)

L'analyse statistique des résultats n'a donné aucune différence significative ($p < 0,05$) entre les trois espèces ligneuses avec respectivement 89,90% pour *Pterocarpus erinaceus*, 91,02% pour *Pterocarpus lucens* et 90,85 % pour *Ficus gnaphalocarpa* (Figure 15).



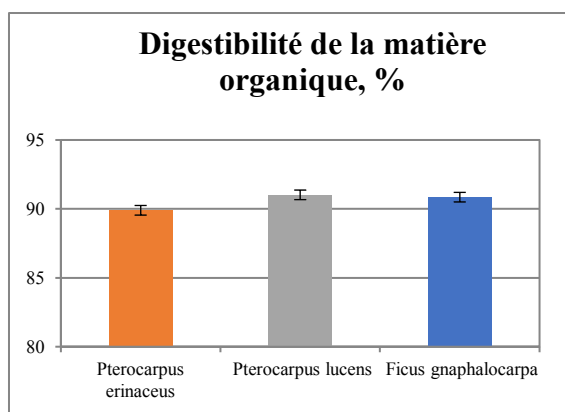


Figure 15: Teneur en Digestibilité de la matière organique

IV. DISCUSSION

Dans la présente étude, *Pterocarpus lucens* contenait plus de matière sèche en comparaison avec *Pterocarpus erinaceus* ainsi qu'avec *Ficus gnaphalocarpa*. Leur teneur en moyenne a été de 65,36 % pour *Pterocarpus erinaceus*, 68,31% pour *Pterocarpus lucens* et 52,92 pour *Ficus gnaphalocarpa*. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Nantoumé et al [8] avec respectivement 34,8 %, 41,8% et 29,6 % pour les mêmes ligneux. Elles sont nettement inférieures à celles trouvées par Egbunike [2] avec respectivement 93,25%, 90,17%, 90,05%. Toutefois, elles sont supérieures celles obtenues par Houérou [4] avec 28% pour *Pterocarpus erinaceus*) et par Nantoumé et al [9] avec 23,76 % pour *Pterocarpus lucens* et 73% pour *Ficus gnaphalocarpa*.

Dans la présente étude, les teneurs en matière organique indiquées pour les 3 ligneux sont en moyenne de 55,8 7% pour *Pterocarpus erinaceus*, 62,11% pour *Pterocarpus lucens* et 41,46 % pour *Ficus gnaphalocarpa*. Ces valeurs sont inférieures à des résultats antérieurs obtenus par Egbunike [2] et Nantoumé et al [7], qui étaient respectivement de 93,1% pour *Ficus gnaphalocarpa* et 70% pour *Pterocarpus lucens*.

Par rapport à la cellulose brute, les teneurs 35,29 % pour *Pterocarpus erinaceus*, 25,01% pour *Pterocarpus lucens* et 24,44% pour *Ficus gnaphalocarpa* convergent avec celles rapportées 36,25%, 24,91% et 18,43% respectivement par Egbunike [2] et Houérou [4]. La teneur en cellulose des fourrages étant un indicateur important de leur valeur nutritive, *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa* pourront satisfaire au taux minimal pour le fonctionnement de la microflore intestinale des ruminants pendant la période de soudure.

Les résultats obtenus dans cette étude (14,60 % pour *Pterocarpus erinaceus*, 16,66% pour *Pterocarpus lucens* et 11,91 % pour *Ficus gnaphalocarpa*) sont comparables à ceux rapportés par certains travaux

antérieurs qui étaient de 16 %, 15,4 et de 12,2% (Egbunike [2], Kiema [6]). Cependant, les teneurs en matières azotées obtenues sont supérieures à celles mentionnées 8,9% pour *Pterocarpus erinaceus* par Egbunike [2], 14,5% pour *Pterocarpus lucens* et 14,83% pour *Ficus gnaphalocarpa* par Hiermaux et al [3].

L'analyse de la composition chimique a montré une richesse relative en matière azotée totale, suggérant que l'utilisation des trois fourrages ligneux pourrait améliorer l'état nutritionnel des animaux de production pendant la saison de pénurie de fourrages herbacés.

Dans la présente étude, les teneurs en matière grasse obtenues sont en moyenne de 3,20 % pour le *Pterocarpus erinaceus*, 3,11% pour *Pterocarpus lucens* et 2,03 pour *Ficus gnaphalocarpa*. Elles sont supérieures à celles mentionnées par Nantoumé et al [9], qui étaient de 2,6 %, 2,4% et 2%. Elles sont toutefois comparables à celle rapportée 3,61% par Egbunike [2], mais supérieures à celles rapportées par Houérou [4] de 2,5%, 2,6% et 2% respectivement pour *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et *Ficus gnaphalocarpa*.

A la lumière de la concentration en matière organique, l'apport des ligneux fourragers analysés pourrait avoir un intérêt nutritionnel positif lorsque la disponibilité en herbe pour le bétail est faible.

Les teneurs en calcium de 0,30 % pour *Pterocarpus erinaceus*, 0,16% pour *Pterocarpus lucens* et 0,40 % pour *Ficus gnaphalocarpa* sont inférieures à celles rapportées par Nantoumé et al [8], qui étaient respectivement 1,9%, 0,89% et 1,46%. Elles sont supérieures à celles mentionnées par Egbunike [2] 0,20% et 0,19%, mais toutefois inférieures à celles enregistrées par Houérou [4] de 1,10%, 0,16% et 0,26% respectivement. Par rapport au phosphore, les résultats obtenus 0,23% pour *Pterocarpus erinaceus*, 0,30% pour *Pterocarpus lucens* et 0,31% pour *Ficus gnaphalocarpa* sont inférieurs à ceux trouvés 0,82%, 0,81%, 0,19% respectivement par certains travaux antérieurs (Nantoumé et al [8]). Par contre, ils sont supérieurs à ceux rapportés 0,14% pour *Pterocarpus erinaceus*, 0,16% pour *Pterocarpus lucens* et 0,14% pour *Ficus gnaphalocarpa* par Houérou [4].

D'un point de vue composition chimique et valeurs nutritionnelles, les fourrages ligneux étudiés apparaissent intéressants en ce sens qu'ils ont un rapport calcium/phosphore moyen variant de 1,33 à 1,52, favorable à une bonne utilisation des minéraux par les animaux.

Les teneurs en énergie brutes obtenues (4008,71 kcal/kg de MS pour *Pterocarpus erinaceus*, 4027,93 kcal/kg de MS *Pterocarpus lucens* et 3443,30 kcal/kg de MS pour *Ficus gnaphalocarpa*) sont inférieures à celles rapportées par Nantoumé et al [9], qui étaient 4160 kcal/kg de MS, 4544 kcal/kg de MS et de 3489 kcal/kg de MS respectivement pour les mêmes espèces ligneuses. Cela suggère que les



fourrages ligneux peuvent constituer un potentiel énergétique dans le processus nutritionnel des animaux de production.

Cisse [1] et Nantoumé et al [9] ont démontré qu'une substitution totale ou partielle de la fane d'arachide par ces 3 ligneux fourragers est possible dans les rations à base de tourteau de coton. Ainsi, leur incorporation jusqu'à 50% n'entraîne aucune diminution des performances zootechniques des ovins.

Du point de vue valeur fourragère, les ligneux étudiés semblent avoir une potentialité nutritionnelle, en ce sens qu'ils ont des rapports azote/énergie comparables aux normes alimentaires.

V. CONCLUSION

Concernant leurs teneurs en matière sèche, protéines brutes, matière grasse et énergie brute, *Pterocarpus lucens* a donné des valeurs moyennes légèrement supérieures à celles de *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa*. Il est important d'indiquer que *Ficus gnaphalocarpa* a des teneurs en cendres brutes, calcium et phosphore plus élevées que *Pterocarpus erinaceus* et *Pterocarpus lucens*.

D'une manière générale, de par leurs valeurs alimentaires, *Pterocarpus lucens* semble être le meilleur parmi ces trois ligneux. Il ressort de la présente étude que *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* pourraient pallier les déficiences nutritionnelles auxquelles est confronté le bétail pendant la saison sèche par leur production fourragère d'assez bonne qualité. Cependant, d'autres études complémentaires doivent être conduites sur des animaux pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus.

REFERENCES

- [1] Cisse, S.M. 2015. Étude de l'appétence des fourrages ligneux et de leur influence sur l'évolution pondérale des ovins au Mali. Mémoire de maîtrise en Sciences Animales, Université Laval, Québec, Canada.
- [2] Egbunike G.N. 1980. Potentiel des fourrages ligneux dans l'alimentation des petits ruminants en zone forestière humide et en savane secondaire de Nigeria. P 304.
- [3] Hiernaux P H Y., Cissé, M I., Diarra, L et Leeuw, P N. 1994 : Fluctuations saisonnières de la feuillaison des arbres et des buissons sahéliens. Conséquences pour la quantification des ressources fourragères. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 47: 117-125.
- [4] Houérou H.N. 1980 : Les fourrages ligneux 'en Afrique : état actuel des connaissances. Papiers présentés au Colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis-Abeba, Ethiopie, 8-10 avril 1980. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, p 7-27.
- [5] INRA (Institut National de Recherche Agricole) : 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins, Besoins des animaux, Valeur des aliments. Éditions Quae, p. 307.
- [6] Kiema S. 1991 : Ligneux fourragers de la zone soudanienne et Sous-produits agroindustriels du Burkina Faso. Composition chimique et digestibilité. Mémoire de fin d'étude R5J.
- [7] Nantoumé H, Traoré M S et Bonneville J. 2014 : Enquête sur l'alimentation d'ovins villageois au sud du Mali. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26.
- [8] Nantoumé H, Sidibé S, Cissé S, Cinq-Mars D, Kouriba A, Sanogo A, Olivier A et Bonneville J. 2014. Préférences alimentaire des ovins : appétence des principales espèces de ligneux fourragers au sud – est du Mali, 1, 2,3p.
- [9] Nantoumé, H., Cissé, S., Sow, P.S., Sidibé, S., Kouriba, A., Olivier, A., Bonneville, J., et Cinq-Mars, D. 2018. Impact de rations comportant de fourrages de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* sur l'embouche ovine au Mali. *Tropicultura*, 2018, 36, 673-683.
- [10] Ouédraogo S. 2006 : Potentialités fourragère et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragères ,4p.
- [10] Richard D., Guérin H et Fall S.T. 1988: Feeds of the dry tropics. In Jarrige R. Ed., Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables. Paris, France, Inra, p. 325-342.
- [11] Sangaré M 2005 : Synthèse des résultats acquis sur l'élevage des petits ruminants dans les systèmes de production animale d'Afrique de l'Ouest. Procordel URPAN, CIRDES, 176p.



Détermination de la valeur alimentaire de la paille de sorgho à double usage à partir de sa composition chimique

Seydou Sidibé¹, Moussa Tangara³, Sékou M. Cissé¹, Bandiougou Dembélé², Sékou Traoré³, Rokhyatou Diankha¹, Arhamatou M. Maïga¹ et Hamidou Nantoumé¹

¹Institut d'Economie Rural : Laboratoire de Nutrition Animale du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba

²Institut d'Economie Rural : Délégation Bovins et Camelins du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sikasso

³Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou
E-mail : seydousidibe@hotmail.com

RESUME: Le but de cette étude est de déterminer la valeur alimentaire des pailles de deux variétés de sorgho à double usages (Tiandougou-coura et Fadda) et d'une variété locale (CSM-388). Pour cela, Quinze échantillons, dont cinq pour chaque variété ont été analysés au Laboratoire de Nutrition Animale de la Station de Recherche Agronomique de Sotuba pour déterminer la matière sèche, la cendre brute, la matière azotée, la cellulose brute, la matière grasse, l'énergie, le calcium, le phosphore. Ensuite, des équations de l'INRA (2007) ont été utilisées pour calculer la valeur alimentaire de ces pailles (digestibilité de la matière organique, l'UFV et l'UFL). Les résultats ont montré que ces variétés de sorgho ont une digestibilité élevée de la matière organique avec respectivement 89,76 % pour Tiandougou- coura, 89,60 % pour Fadda et 89,44 % pour la CSM-388. Les teneurs en matière azotée digestible ont été faibles avec respectivement 12,42 ; 2,65 et 2,22 g /kg MS pour Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388. Les valeurs en UFL et en UFV des 3 variétés sont comparables et ont été de 0,62 ; 0,59 et 0,56 pour l'UFL ainsi que 0,50 ; 0,48 et 0,48 pour l'UFV respectivement pour Tiandougou- coura, Fadda et CSM-388. L'utilisation du fourrage de sorgho dans l'alimentation animale peut être une alternative zootechnique pour amoindrir le stress nutritionnel chez les animaux de production pendant la longue saison sèche.

Mots clés : Paille de sorgho, Tiandougou-coura, Fadda, variété locale, valeur alimentaire

I. INTRODUCTION

L'insuffisance de ressources fourragères durant la longue saison sèche est un problème récurrent qui handicape la productivité du cheptel et la disponibilité en quantité suffisante des produits d'origine animale au Mali. En général, l'essentiel de l'alimentation des animaux d'élevage provient des pâturages et parcours naturels dont la disponibilité et la qualité sont très variables en fonction des conditions climatiques. Pendant cette longue période, un déficit nutritionnel est constaté chez les animaux suite à la consommation de la paille fournie par le pâturage. Pour pallier les difficultés d'alimentation du bétail, des tentatives de développement de la culture fourragère ont été menées. La technique de la culture fourragère pour les animaux a été cependant confrontée à un certain nombre de difficultés dont l'insuffisance des terres agricoles. Face à cette problématique, l'exploitation de nouvelles ressources alimentaires devient une préoccupation agronomique et zootechnique. Il s'agit des graminées et légumineuses qui produisent les graines pour l'alimentation humaine et du fourrage pour les animaux. En lien avec la demande croissante en fourrage due à l'augmentation du bétail et la réduction des superficies de pâturage, des efforts ont été faits dans la recherche de variété à double usage comme l'arachide, le niébé fourrager et le sorgho qui combinent un rendement grain élevé et

une importante qualité de tiges. Le sorgho à double usage est un type de sorgho produisant de grains pour la consommation humaine et du fourrage de qualité pour l'alimentation animale. Avec sa faible teneur en lignine, le sorgho à double usage présente des atouts agronomiques et zootechniques pour l'alimentation du bétail (Châtaigner et al. [2] et Kaminski et al. [6]). Il est plus digeste par les animaux que les variétés locales de sorgho qui sont de grande taille et très lignifiées [10]. Certaines variétés de sorgho à double usage ont de nombreuses feuilles qui restent vertes jusqu'à la maturité physiologique. D'autres variétés ont des tiges moins lignifiées sucrées et juteuses. Il est donc indispensable de connaître la valeur alimentaire de ces pailles pour une meilleure utilisation dans l'alimentation des animaux. L'objectif de cette étude est de déterminer la valeur alimentaire de la paille de ces trois variétés de sorgho à partir de leur composition chimique.

L'étude a été conduite au Laboratoire de Nutrition Animale du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba de l'Institut d'Economie Rurale (IER).



II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de trois variétés de sorgho, dont une variété hybride (Fadda), une améliorée (Tiandougou-coura) et une locale (CSM-388) fournies par le Programme Sorgho de ladite Station. Pour chaque variété, cinq échantillons ont été collectés.

2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique était composé d'une balance électronique (pour la pesée des échantillons), d'une étuve (pour la détermination de la matière), d'un four à moufle (pour la détermination de la cendre), d'un bloc minéralisateur (pour la minéralisation), d'un distillateur d'azote (pour le dosage de l'azote), d'un extracteur de matière grasse (pour la détermination de la matière grasse), d'une pompe à vide (pour la filtration de la cellulose), d'un photomètre à flamme (pour la détermination du calcium, du sodium et du potassium), d'un spectrophotomètre (pour le phosphore) et la bombe calorimétrique (pour déterminer l'énergie brute).

2.2. Méthodes d'analyses

2.2.1. Méthodes d'analyses des échantillons

2.2.1.1. Détermination de la matière sèche (MS)

La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée par séchage dans l'étuve à une température de 105°C sur une prise d'essai d'échantillon de 2 g (P_1) placé dans un creuset en porcelaine. Après 4 heures de temps, l'échantillon a été récupéré, refroidi et pesé de nouveau pour déterminer le poids P_2 . Le taux de matière sèche a été obtenu par différence de poids entre P_2 et P_1 .

2.2.1.2 Détermination des cendres

Après la détermination de la matière sèche, l'échantillon a été calciné dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures de temps. Ensuite, il a été retiré et refroidi dans un dessiccateur avant de déterminer le poids P_3 . La différence de poids entre P_3 et P_1 a permis de déterminer la teneur en cendres.

2.2.1.3 Détermination de la matière organique

La matière organique (MO) correspond à la masse qui a disparue lors de la calcination de l'échantillon et se calcule par la formule: $\%MO = \%MS - \%MM$.

2.2.1.4 Détermination de la cellulose brute (CB)

La cellulose a été déterminée par la méthode de Weende avec deux hydrolyses (acide puis basique). Cela permet la destruction plus ou moins des autres constituants de la paroi cellulosique que sont : les hémicelluloses, la lignine, les tanins, les matières pectiques etc.

Une prise d'essai de 1g est introduite dans des béchers de 600 ml. Ensuite 50 ml de solution d'acide sulfurique à 0,3 N est ajoutée. Les béchers sont ensuite portés à l'ébullition sur une plaque

chauffante pendant 30 minutes. Après cette première hydrolyse, on les laisse refroidir pendant 5 minutes puis on y ajoute 25 ml d'une solution de KOH et on les dépose de nouveau sur la plaque chauffante pendant 30 minutes. Après les deux hydrolyses, les échantillons sont filtrés à l'aide d'un système de filtration sous vide et rincés successivement avec de l'eau chaude puis avec d'acide sulfurique à 0,1 N et en fin avec de l'eau chaude.

Le résidu obtenu est séché à l'étuve à 150°C pendant 2 heures puis refroidis dans un dessiccateur et pesé pour avoir le poids P_1 . Enfin les résidus sont incinérés dans le four à 700°C pendant 2 heures, refroidis dans le dessiccateur et pesé pour déterminer le poids P_2 .

2.2.1.5. Détermination des matières azotées totales (MAT)

La détermination des MAT a été faite en utilisant la méthode KJELDAHL. Une prise d'essai de 0,3 g a été introduite dans la colonne et minéralisée en ajoutant 12 ml d'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur approprié (K_2SO_4 , $CuSO_4 \times 5H_2SO_4$). La minéralisation a été effectuée à l'aide d'un bloc minéralisateur à 420°C pendant 1 heure. Au cours de la minéralisation, l'azote organique transformé en ammonium, après distillation a été recueilli dans une solution d'acide borique mélangée à un indicateur coloré (30 ml). La solution de couleur violette est passée à la coloration verte.

La solution verdâtre a été titrée avec une solution d'acide sulfurique diluée de normalité 0,1 jusqu'à l'obtention de la coloration initiale (violette), puis le volume V d'acide sulfurique qui a conduit au virage a été noté pour déterminer le taux d'azote. La teneur en protéines a été déterminée selon la formule $\%P (\text{protéines}) = \%N \times 6,25$.

2.2.1.6. Détermination de la matière grasse (MG)

Elle a été faite par la méthode de Soxhlet qui consiste à extraire la matière grasse contenue dans l'échantillon à l'aide d'un extracteur en utilisant un solvant. Le ballon vide est préalablement chauffé puis pesé. Ensuite deux grammes de l'échantillon sont pesés et introduits dans une cartouche bouchée avec du coton, laquelle sera placée dans un extracteur. Ce dernier est placé sur un ballon et relié à un réfrigérant. 200 ml de l'hexane a été versé dans l'extracteur. L'ensemble a été porté à l'ébullition par le système de chauffage. La matière grasse contenue dans l'échantillon a été extraite pendant six heures par le solvant. Après l'extraction, le solvant a été récupéré et la matière grasse restait au fond du ballon. Le ballon a été ensuite placé dans l'étuve à une température de 80°C pendant une heure pour évaporer le solvant restant. Il a été par la suite refroidi dans le dessiccateur et pesé pour déterminer le poids.

2.2.1.7. Détermination du calcium et du phosphore



Le calcium a été déterminé par photométrie à l'aide d'un photomètre à flamme et le phosphore par spectrophotométrie en utilisant le SPECTRONIC 21.

Le principe consiste à minéraliser l'échantillon avec de l'acide sulfurique concentré et de l'eau oxygénée jusqu'à l'obtention d'une solution claire. Ensuite on procède à la lecture de l'échantillon minéralisé, après avoir calibré l'appareil des solutions filles de concentrations différentes (200 ppm ; 100 ppm ; 50 ppm ; 20 ppm ; 10 ppm), préparées à partir des solutions mères de Calcium et de phosphore.

2.2.1.8. Détermination de l'énergie brute

0,20 à 0,25 grammes de l'échantillon ont été pesés dans un creuset, qui a été ensuite placé dans une bombe calorimétrique préalablement chargée avec l'oxygène médical et placée dans le calorimètre. Après explosion, la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion de l'échantillon est directement lisible sur un petit écran en j/g. Pour obtenir le résultat en kcal/kg, il a été divisé par 4,18.

2.3 Méthodes de calcul de la digestibilité et de la valeur nutritive

La digestibilité et la valeur nutritive (valeur protéinique et valeur énergétique) des trois fourrages ligneux ont été calculées selon les équations de l'INRA [5].

- Digestibilité de la matière organique (dMO)

$$\text{dMO (\%)} = 93,2 - 0,104 \text{ CB} + 0,025 \text{ MAT}$$

- Matière azotée digestible (MAD)

$$\text{MAD (g/kg MS)} = 9,1 \text{ MAT} - 0,38 \text{ MO (MO et MAT en \% MS)}$$

- Energie digestive (ED)

$$\text{ED} = \text{EB} * \text{dE} / 100, \text{ avec dE} = 1,055 \text{ DMO} - 6,833$$

- Energie métabolisable (EM)

$$\text{EM} = 0,82 \text{ ED}$$

- Unité fourragère lait (UFL)

$$\text{UFL} = 121,80 + 0,11 \text{ MAT} - 1,81 \text{ CB} + 1,26 \text{ MG}$$

- Unité fourragère viande (UFV)

$$\text{UFV} = 124,15 + 0,06 \text{ MAT} - 2,20 \text{ CB} + 1,22 \text{ MG}$$

2.4. Analyses statistiques

Les données ont été analysées selon la méthode d'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur au seuil de probabilité de 5% à l'aide du logiciel STATA 14.

III. RESULTATS

Les résultats des analyses bromatologiques et de la valeur alimentaire de la paille de Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388 sont regroupés dans le tableau 1.



Tableau 1: Composition chimique et valeur alimentaire des pailles de Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388

Variété de sorgho	Constituants organiques, % MS					Constituants minéraux, % MS			Valeur énergétique /kg MS					Valeur azotée g/kg MS	DMO, % MS
	MS	MO	CB	MAT	MG	Cendre	Ca	P	EB	ED	EM	UFL	UFV	MAD	DMO
Moyenne Tiandougou-coura	94,99 ± 0,36a	89,49 ± 1,08a	34,34 ± 7,86a	5,10 ± 0,89a	1,49 ± 0,59a	5,49 ± 0,84a	0,38 ± 0,25a	0,20 ± 0,11a	4 187,05 ± 243,65a	3 678,72 ± 213,19a	3 433,38 ± 199,80a	0,62 ± 0,13a	0,50 ± 0,16a	12,42 ± 8,15a	89,76 ± 0,84a
Moyenne Fadda	95,73 ± 0,34a	90,33 ± 0,01a	35,61 ± 7,18a	4,06 ± 0,46 a	1,66 ± 0,73a	5,40 ± 0,34a	0,44 ± 0,17a	0,25 ± 0,02a	4 235,81 ± 43,80a	3 714,52 ± 20,63a	3 473,36 ± 35,92a	0,59 ± 0,12a	0,48 ± 0,14a	2,65 ± 4,16b	89,60 ± 0,76a
Moyenne CSM-388	95,33 ± 0,55a	89,72 ± 1,42a	37,11 ± 10,50a	3,99 ± 0,52a	1,35 ± 0,55a	5,60 ± 0,91a	0,43 ± 0,20a	0,17 ± 0,06a	4 136,55 ± 46,59a	3 667,99 ± 147,37a	3 463,97 ± 164,81	0,56 ± 0,18a	0,44 ± 0,22a	2,22 ± 4,50b	89,44± 1,11a

MS à 105°C : matière sèche; MO : matière organique; CB : cellulose brute; MAT : matière azotée totale; MG: matière grasse; MM: matière minérale; Ca: calcium ; P : phosphore; EB : énergie brute ; ED : énergie digestible; EM: énergie métabolisable ; UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; MAT: matière azotée digestible ; DMO: digestibilité de la matière organique.

Les valeurs moyennes suivies des mêmes lettres au sein d'une même colonne ne sont pas différentes au seuil de 5%

3.1. Teneur en matière sèche

La figure 1 représente la teneur en matière sèche. L'analyse statistique n'a donné aucune différence significative entre les trois variétés seuil de 5%.

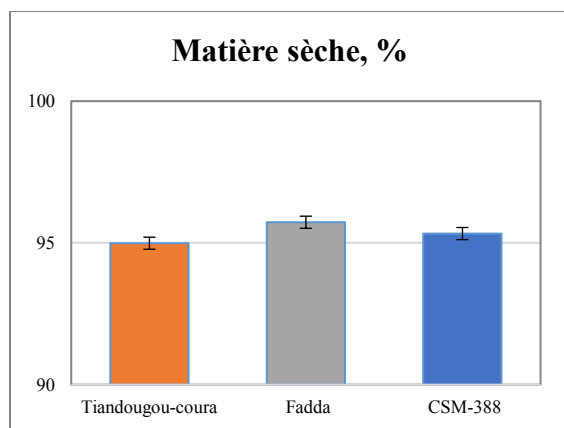


Figure 1 : Teneur en matière sèche

3.2 Teneur en matière organique

La teneur en matière organique des différentes variétés est consignée dans le tableau 1. Les 3 variétés n'ont pas été significativement différentes ($p < 0,05$) avec respectivement $89,49 \pm 1,08$; $90,33 \pm 0,01$ et $89,72 \pm 1,42$ % pour Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388.

3.3 Teneur en cellulose brute

Les résultats montrent une grande variation au sein de la même variété avec des valeurs comprises entre 20,31 et 45,24% (tableau 1). Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les 3 variétés ($p < 0,05$) avec $37,11 \pm 10,50$ % pour la CSM-388 ; $35,61 \pm 7,18$ pour Fadda et $34,34 \pm 7,86$ % pour Tiandougou-coura.

3.4 Teneur en matière azotée totale

La figure 3 montre une légère variation entre les teneurs des différentes variétés. Par contre, l'analyse statistique n'a donné aucune différence significative entre les différentes variétés ($p < 0,05$).

3.5 Teneur en matière grasse

Les résultats montrent une grande variation au sein des variétés (tableau 1). Toutefois, les moyennes enregistrées n'ont pas été significativement différentes au seuil de 5 %.

3.6 Teneur en cendre

Les teneurs en cendres des différentes variétés sont présentées dans le tableau 1. Aucune différence significative n'a été observée entre Tiandougou-coura ($5,49 \pm 0,84$ %), Fadda ($5,40 \pm$ %) et CSM-388 ($5,60 \pm 0,91$ %) ($p < 0,05$).

3.7. Teneur en calcium

Concernant la teneur en calcium (figure 2), les moyennes n'ont pas été significativement différentes avec $0,38 \pm 0,25$ % pour Tiandougou-coura, $0,44 \pm 0,17$ % pour Fadda et $0,43 \pm 0,20$ % pour CSM-388 ($p < 0,05$).

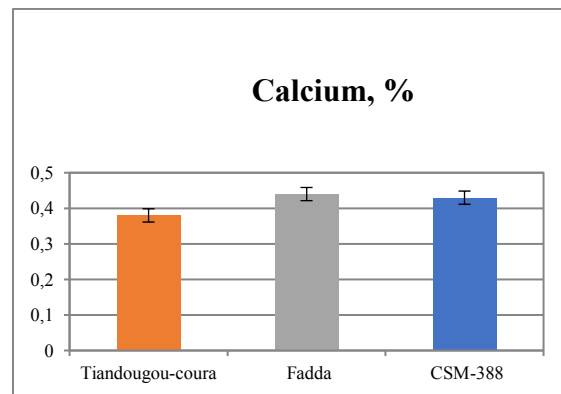


Figure 2 : Teneur en calcium

3.8 Teneur en phosphore

Les résultats de la teneur en phosphore sont présentés dans (figure 3). L'analyse statistique n'a donné aucune différence significative entre les moyennes des 3 variétés avec respectivement $0,25 \pm 0,11$ % pour Fadda, $0,20 \pm 0,02$ % pour Tiandougou-coura et $0,17 \pm 0,06$ % pour CSM-388) ($p < 0,05$).

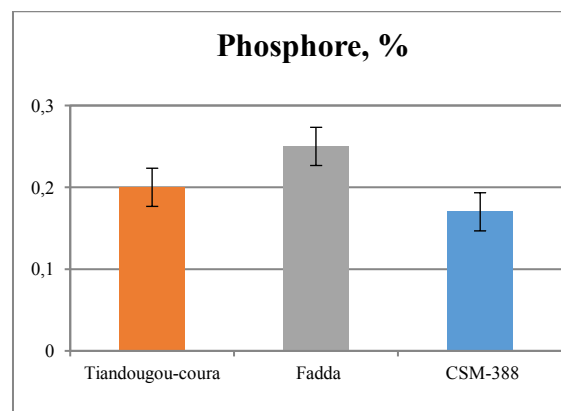


Figure 3 : Teneur en phosphore

3.9 Teneur en énergie brute

La teneur en énergie brute des 3 variétés de sorgho est consignée dans le tableau 1. Aucune différence significative n'a été observée entre Fadda, Tiandougou-coura et CSM-388 avec respectivement $4235,81 \pm 43,80$, $4187,05 \pm 243,65$ et $4132,61 \pm 46,59$ kcal/kg MS ($p < 0,05$).

3.10 Teneur en énergie digestible

Les résultats montrent la même tendance que celle observée par rapport à l'énergie brute (tableau 1). Les 3 variétés ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

3.11 Teneur en énergie métabolisable



Les teneurs en énergie métabolisable des 3 variétés sont présentées dans le tableau 1. L'analyse statistique n'a donné aucune différence significative entre Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388 ($p < 0,05$).

3.12 Teneur en UFL

Les teneurs en UFL des 3 variétés de sorgho n'ont pas été significativement différentes ($p < 0,05$) avec respectivement $0,62 \pm 0,13$ UFL pour Tiandougou-coura, $0,59 \pm 0,12$ pour Fadda, et $0,56 \pm 0,18$ pour CSM-388 (figure 4).

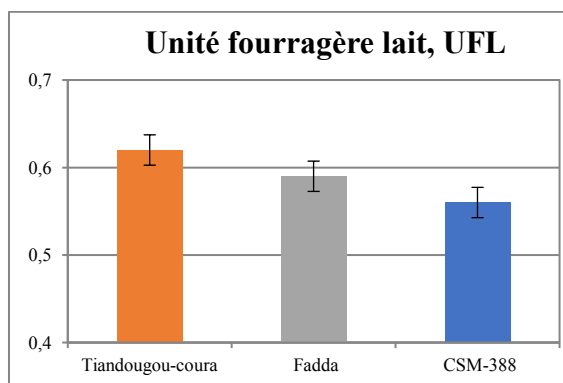


Figure 4 : Teneur en UFL

3.13 Teneur en UFV

De même que les teneurs en UFL, les teneurs en UFV des 3 variétés de sorgho n'ont pas également été significativement différentes ($p < 0,05$) (figure 5).

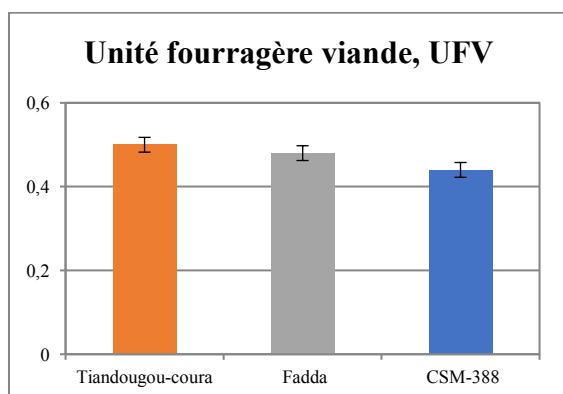


Figure 5 : Teneur en UFV

3.14 Teneur en matière azotée digestible

Tiandougou-coura avec $12,42 \pm 8,15$ g/kg MS a été significativement supérieure ($p < 0,05$) aux deux autres variétés avec respectivement $2,65 \pm 4,16$ g/kg MS pour la variété Fadda et $2,22 \pm 4,50$ g/kg MS pour la CSM-388 (figure 6).

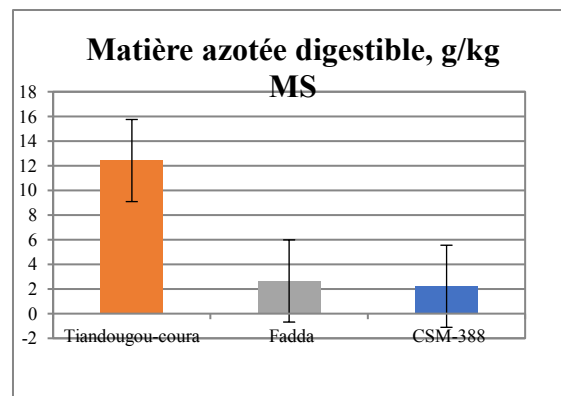


Figure 6 : Teneur en MAD

3.15. Digestibilité de la matière organique

Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388 avec respectivement $89,76 \pm 0,84$, $89,60 \pm 0,76$ et $89,44 \pm 1,11$ % n'ont pas été significativement différentes ($p < 0,05$) (figure 7).

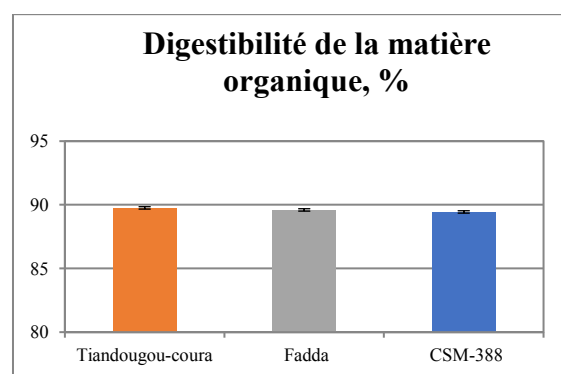


Figure 7 : Digestibilité de la matière organique

IV. DISCUSSION

L'analyse bromatologique montre que les teneurs en matière sèche obtenues sont supérieures à celles rapportées par Rivière [9] et Nantoumé et al. [7] qui sont respectivement 77 et 91%. Toutefois, elles paraissent corroborer le résultat 95,99 % obtenu par Cesar et al. [1]. Les teneurs en matière organique concordent avec celles obtenues 90% par Rivière [9] et 89,7% par Nantoumé et al. [7]. Des estimations similaires avaient été aussi relevées par Housse [4]. Il semble que les variétés améliorées Tiandougou-coura et Fadda ont un potentiel fourrager non négligeable avec une valeur nutritive moyenne à bonne.

Quant à la teneur en cellulose brute, elle est inférieure à celles rapportées par Rivière [9] et par Nantoumé et al. [7] qui ont été respectivement 40,3% et 45,5%. Elle a été également inférieure à celle rapportée par Cesar et al. [1] qui était de 39,9 %. Les teneurs en matière azotée totale obtenues sont comparables aux résultats obtenus par Rivière [9] et par Thiam [10]. Toutefois, elles sont supérieures aux résultats enregistrés par Nantoumé et al. [7] et par



Cesar et al. [1] qui étaient respectivement 3,3 et 2,55%.

Les teneurs en cendre obtenues sont inférieures à celles enregistrées par Rivière [9] et par [3] avec respectivement 9 et 10,3%. Toutefois elles se rapprochent de celle obtenue par Cesar et al.[1] (3,3%).

Les teneurs en matière grasse obtenues convergent avec celles rapportées par [8] par Rivière [9] avec respectivement 1,4 et 1,7 % %.

Les teneurs en calcium enregistrées sont comparables à celle obtenue par Rivière (1978) qui était de 0,48%. Toutefois, elles sont inférieures à celle rapportée par Fall [3] (0,27%).

Les teneurs en phosphore obtenues dans cette étude sont légèrement supérieures à celles enregistrées par Rivière [9] et Nantoumé et al. [7] avec respectivement 0,1 et 0,4%.

Sur le plan énergétique, la concentration en UFL obtenue au cours de ces travaux est comparable à celle rapportée par Nantoumé et al. [7] (0,60). Toutefois, elle est supérieure à celle mentionnée par Richard et al. [8], qui était de 0,48. UFL. Quant à la teneur en matières azotées digestibles, elle est supérieure à celle de Richard et al. [8] (1g/kg MS). Thiam [10] a testé l'effet de 3 rations à base de paille sorgho (Tiandougou-coura, Fadda et CSM-388) en association avec la fane de niébé et le tourteau de coton sur les performances zootechniques des bœufs djallonké en milieu paysan dans la commune rurale de Koutiala. Le gain moyen quotidien, l'indice de conversion et le rendement carcasse des animaux n'ont pas été significativement influencés par la variété de la paille.

L'utilisation des variétés de sorgho Fadda et Tiandougou-coura aurait des avantages alimentaires en ce sens que leurs fractions de matière sèche ont des rapports matières azotées digestibles /énergie et calcium/phosphore favorables à une bonne utilisation de ces nutriments pour les besoins nutritionnels saisonniers du bétail.

A la lumière de cette étude analytique, les variétés Fadda et Tiandougou-coura pourraient constituer une alternative de choix dans l'alimentation du bétail pendant la longue période sèche. Ces résultats conduisent à suggérer que la valorisation optimale de la biomasse du sorgho à double usage pourrait présenter un grand intérêt pour l'élevage des ruminants.

V. CONCLUSION

Il ressort de la présente étude des teneurs différentes en cellulose brute, protéine brute, matière grasse, énergie, phosphore et matière azotée digestible d'une part et des teneurs semblables en matière

sèche, cendre, calcium et digestibilité de la matière organique d'autre part entre les variétés à double usage (Fadda, Tiandougou-coura) et la variété locale. Même si, la variété Tiandougou-coura a donné le meilleur résultat en termes de matière azotée digestible, les teneurs en énergie nette ainsi que la digestibilité de la matière organique des trois variétés de sorgho étudiées sont comparables. L'utilisation du fourrage de sorgho à double usage peut être une alternative zootechnique importante des systèmes d'alimentation pour amoindrir le stress nutritionnel chez les animaux de production en période de déficit fourrager herbacé.

REFERENCES

- [1] Cesar J, Kanwe A., Zongom. 2009. Expérimentations en cultures fourragères dans la région de Bobo-Dioulasso.p10
- [2] Châtaigner F., Emile J.C., Al Rifai M., Barré, P. 2011. Prédiction de la composition chimique de variétés de sorgho vert par spectrométrie proche infrarouge, fourrages, 206,129-132.
- [3] Fall S T., Guerin.h, Sall C et Ndiaga M., 1989. Les pailles de céréales dans le système d'alimentation des ruminants au Sénégal, p11-13
- [4] Housse L. R., 1989. Manuel pour la sélection du sorgho, deuxième édition. Patancheru, Inde.
- [5] INRA (Institut National de Recherche Agricole) : 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins, Besoins des animaux, Valeur des aliments. Tables INRA 2007 Éditions Quae. Versailles, 307p.
- [6] Kaminski J, Elbehri A et Samaké. M., 2013. Une évaluation des filières du sorgho et du mil au Mali et les implications pour une politique cohérente de développement.419p.
- [7] Nantoumé, H., Kouriba, A., Togola, D et Ouologuem., B. 2000. Mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés dans l'alimentation des petits ruminants. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux, 53:279-284.
- [8] Richard D., Guerin H et Fall S.T. 1988. Feeds of the dry tropics. In Jarrige R. Ed., Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables. Paris, France, Inra, p. 325-342.
- [9] Rivière, R. 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la coopération. Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays tropicaux. 2^e édition. Imprimerie JOUVE, 17, rue de Louvre, 75001, Paris. 527 p.
- [10] Thiam, E. 2019. Incorporation de trois variétés de paille de sorgho dans des rations d'embouche ovine en milieu paysan. Mémoire de licence, IPR/IFRA de Katibougou Bamako, Rép. Mali.



Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires associés au sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) dans les sols de la région de Sikasso (Mali)

Souleymane Koné¹, Souleymane Bathié Koné¹, Fallaye Kanté¹

¹Laboratoire de Microbiologie des Sols, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies, Bamako, Mali

Auteur correspondant : souleymanekone65@yahoo.fr

RESUME: Au Mali, les études sur la diversité et la caractérisation des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) restent encore timides, malgré le rôle important que jouent ces microorganismes symbiotiques dans la croissance des plantes et dans la restauration des sols dégradés. Cette étude vise à déterminer la diversité des souches de champignons mycorhiziens arbusculaires associées au sorgho dans les sols de la région de Sikasso au Mali. Pour cela, des sols ont été échantillonnés sous des plants de sorgho dans différents champs de la région et ont servi de substrats pour le piégeage des champignons mycorhiziens arbusculaires. Les résultats obtenus ont révélé 21 morphotypes de champignons mycorhiziens arbusculaires. Ces morphotypes sont répartis dans six (6) genres (*Glomus*, *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Sclerocystis*) de trois familles (*Glomeraceae*, *Gigasporaceae* et *Scutellosporaceae*). Quatre (4) de ces morphotypes ont été identifiés jusqu'au niveau espèce.

Mots clés : Diversité, champignons mycorhiziens arbusculaires, Sikasso, Mali.

I. INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne, les modifications climatiques associées à la pression anthropique, ont entraîné la disparition du couvert végétal ligneux. Cette dégradation nuit gravement à la diversité et à l'abondance de la microflore symbiotique du sol, (Diouf *et al.*, 2002). Or, ces microorganismes symbiotiques jouent un rôle fondamental dans la restauration et le maintien de la fertilité des sols, dans la protection contre certains pathogènes telluriques et dans la nutrition minérale des plantes. Dans ce domaine, les champignons mycorhiziens, notamment ceux à arbuscules (CMA) se sont révélés efficaces. Les CMA sont naturellement présents dans les sols des écosystèmes naturels ou agro écosystèmes (Oehl *et al.*, 2004) et établissent une symbiose obligatoire avec plus de 200.000 plantes cultivées (Smith et Read, 2008). Ils ont été beaucoup décrits en zone tropicale (Lambers *et al.*, 2006) et améliorent la croissance de la plante par un meilleur prélèvement et transfert d'éléments nutritifs en particulier le phosphore (Finlay, 2008). Le phosphore est l'un des éléments les plus importants qui affectent significativement la croissance et le fonctionnement des plantes et peut représenter jusqu'à 0,2% du poids sec de celle-ci (Smith *et al.*, 2011).

Au Mali, l'étude portant sur la caractérisation et la diversité des CMA reste peu exploiter pour l'écologie microbienne. Cependant, il faut reconnaître que la biologie de ces champignons est complexe et leur identification représente un défi pour les symbioses végétales. En dépit de cela, les connaissances accumulées sur le plan de la

morphologie et de l'anatomie permettraient de dégager une diversité de CMA.

L'objectif de cette étude est de déterminer la diversité des souches de champignons mycorhiziens arbusculaires associées au sorgho dans les sols de la région de Sikasso au Mali.

II. MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

1.1. Zone et sites de l'étude

1.1.1. Zone de l'étude

L'étude a été menée dans la région de Sikasso, située dans l'extrême sud du Mali entre le 12°30' latitude nord et le 8°45' longitude ouest. Elle couvre une superficie de 71790 km² soit 5,8% du territoire national. Elle compte 07 cercles (Sikasso, Bougouni, Kadiolo, Kolondieba, Koutiala, Yanfolila et Yorosso), 03 communes urbaines (Sikasso, Bougouni, Koutiala), 144 communes rurales, dont Kolondieba et 1831 villages. La clémence du climat (type soudanien) et la fertilité des sols font de la région « le grenier » du pays. Les productions agricoles sont importantes et comprennent les cultures céréalières et commerciales et les fruits (notamment les mangues) (Institut national de la statistique, 2010).

1.1.2. Sites de l'étude

L'étude a concerné 12 sites : Keleya, Solo, Koumantou, Chobougou dans le cercle de Bougouni, Sinsimba, Boye, Kébila, Samba dans le cercle de Kolondieba et Guélébougoula, Dougoukolobougou, Titiéna, Niéna dans le cercle de Sikasso (Figure 1).



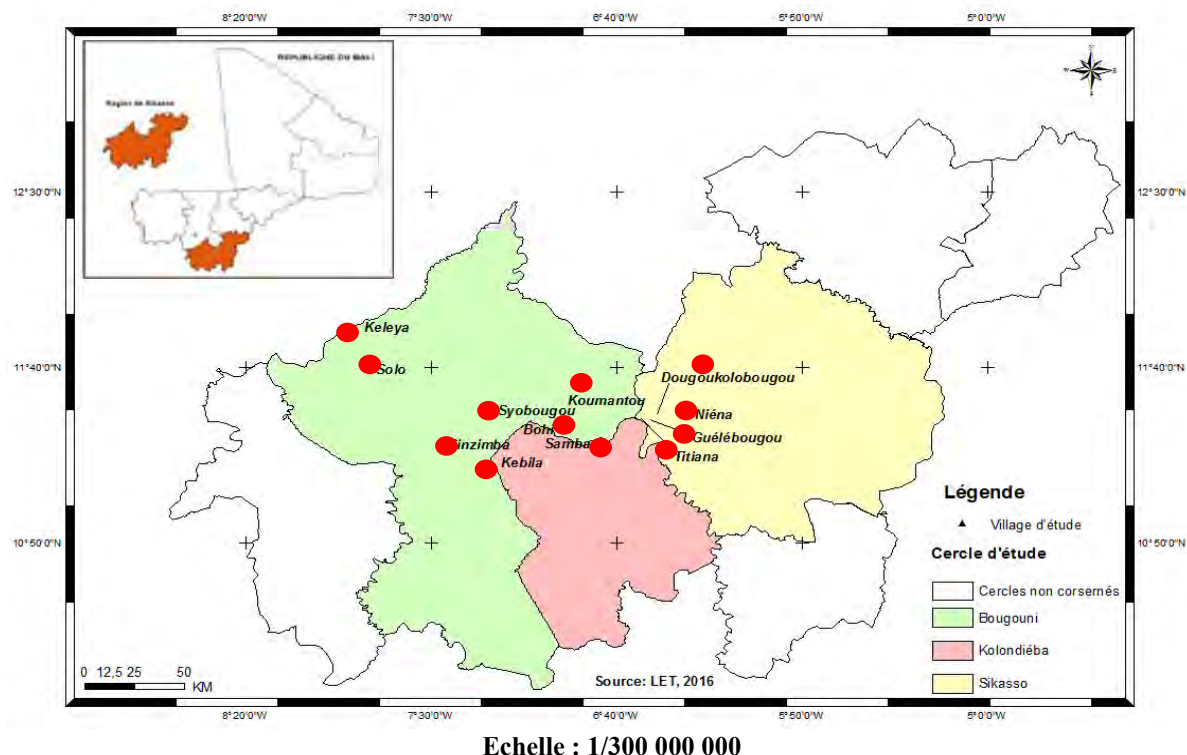


Figure 1 : Localisation des sites de l'étude dans la région de Sikasso

1.2. Echantillonnage des sols

Dans chaque site, 1 kg de sol a été échantillonné à huit points différents dans les horizons superficiels (0 à 30 cm) avec une tarière de 5 cm de diamètre dans un champ de sorgho. Au total 8 kg ont été prélevés par champ. Ces échantillons ont été mélangés pour constituer un échantillon composite, qui a été utilisé pour déterminer la diversité des espèces de champignons mycorhiziens arbusculaires associées au sorgho.

2. Méthodes

2.1. Piégeage de CMA sous les plants de sorgho

Pour étudier la diversité des CMA dans les sites prospectés, la méthode de piégeage de Walker (1992) a été utilisée. Elle a consisté à cultiver le sorgho dans des pots en polyéthylène de 2,23 cm³, préalablement lavés et désinfectés à l'eau de javel et contenant 2,1 kg de substrat de culture. Trois graines ont été semées dans chaque pot et trois répétitions ont été mises en place par origine de sol. Trente-six pots ont été obtenus et arrosés avec de l'eau déminéralisée à la capacité au champ (14%, vol/poids) tous les deux jours. Après 4 mois de culture en serre, les substrats de culture ont été enlevés et conservés au froid à 4°C pour la détermination de la diversité des CMA.

2.2. Extraction des spores

Elle a été effectuée selon la méthode du tamisage humide décrite par Gerdemann & Nicholson (1963). Elle a porté sur un échantillon de 100 grammes de sol sec par site, répété 4 fois.

2.3. Caractérisation morpho-anatomique des spores de CMA

La taille, la forme et la couleur des spores, leur caractère solitaire ou groupé, la nature dissociable ou non de leurs grappes, la présence ou l'absence de cellule sporogène sur les spores ont été notés en discriminant les spores extraites de chaque échantillon de sol sous le microscopique. Les données obtenues ont été comparées à la description originale de Schenck & Pérez (1990) et à celle de la base de données des cultures de référence publiées sur le site internet <http://invam.caf.wvu.edu> (août 2016).

- Préparation des lames

Les spores morphologiquement identiques ont été prélevées à l'aide d'une pipette puis déposées sur une lame porte-objet contenant à chacune de ces extrémités une goutte d'eau distillée. Deux gouttes du solvant PVLG (Koske & Testier, 1983) ont été déposées à l'extrémité droite de la lame afin de permettre l'observation de la morphologie externe des spores. Deux gouttes de PVLG + le réactif de Melzer v/v (Morton, 1988) ont été déposées à l'extrémité gauche afin d'étudier les couches membranaires. Au niveau de chaque extrémité de la lame contenant des gouttes de solvant, une à plusieurs spores semblables ont été déposées puis délicatement couvertes par une lamelle.

- Observation microscopique des spores

Les spores ont été observées au microscope optique. Après observation de la morphologie externe, à



l'aide des pinces, une pression a été délicatement appliquée au-dessus de la lamelle couvrant le solvant PVLG (Alcool polyvinylique, acide lactique, glycérol) additionné de réactif de Melzer jusqu'à éclatement des spores. Grâce aux solvants les membranes internes des spores émergent après rupture.

III. RESULTATS

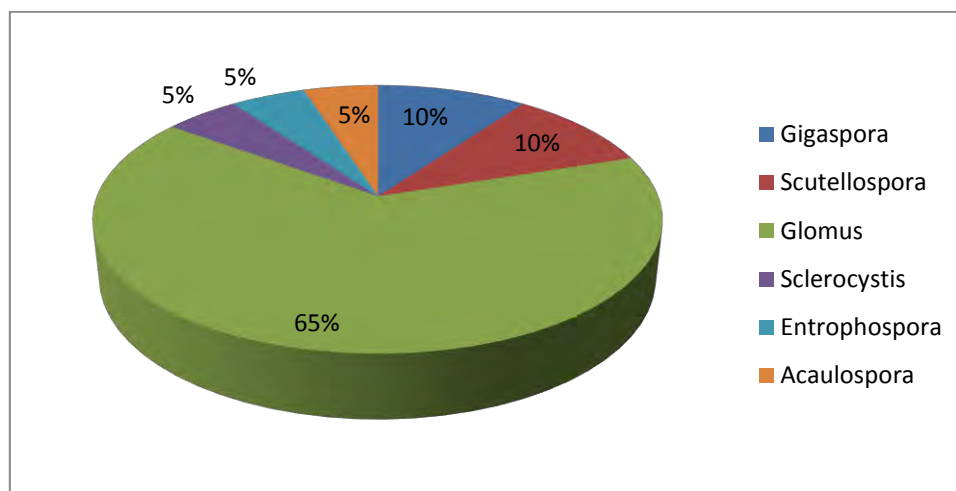


Figure 2 : Abondance relative des spores des différents genres de CMA isolés après piégeage en serre sur des sols de culture du sorgho.

La comparaison avec la composition en genres et les abondances relatives de ces genres dans les sols étudiés, montre les mêmes genres rencontrés avant

et après piégeage. La structure des différentes communautés reste aussi assez similaire (Figure 3).

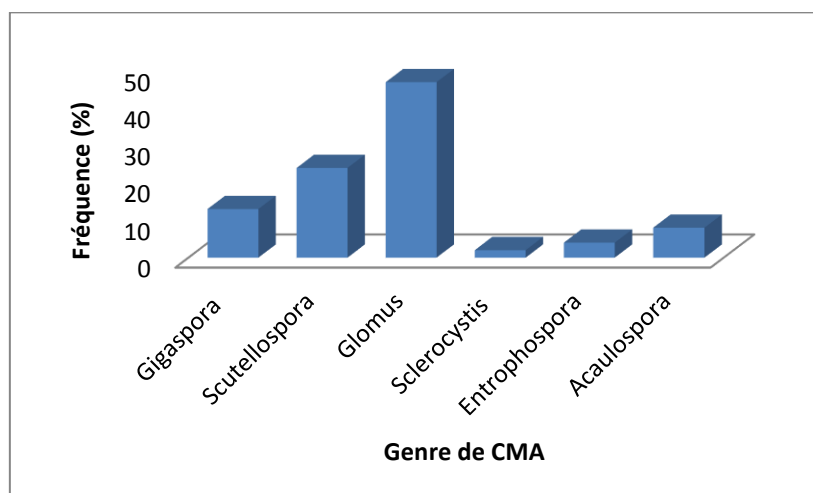


Figure 3 : Abondance relative des spores des différents genres de CMA associés au sorgho dans les sites de l'étude.

2. Abondance relative des différents morphotypes provenant du sol de piégeage

Le genre *Glomus* est le plus représenté et le plus diversifié avec quinze (15) morphotypes soit 65% des espèces observées. L'un des morphotypes du genre *Glomus* a été identifié grâce à ces caractères morpho-anatomiques comme *Glomus coronatum*

(figure 4 a et b) et les quatorze autres non identifiées ont été nommées *Glomus* sp (1à14). Les genres *Scutellospora* et *Gigaspora* sont représentés chacun par deux morphotypes soit 10% des espèces obtenues. Les deux espèces du genre *Scutellospora* ont été identifiées grâce à leurs caractères morpho-anatomiques comme *Scutellospora gregaria* et



Scutellospora heterogama (figures 5 et 6 a et b). Les caractères morpho-anatomiques du genre Gigaspora ont permis d'identifier l'un des deux morphotypes comme *Gigaspora rosea* (figure 7 a et b). L'autre morphotype non encore identifié a été nommé *Gigaspora* sp. Les genres *Acaulospora*,

Entrophospora et *Sclerocystis* sont représentés chacun par un seul morphotype, soit 5% des espèces. Le morphotype du genre *Acaulospora* a été nommé *Acaulospora* sp., celui du genre *Entrophospora* non identifiée, *Entrophospora* sp. et en fin celui du genre *Sclerocystis* a été également nommé *Sclerocystis* sp.

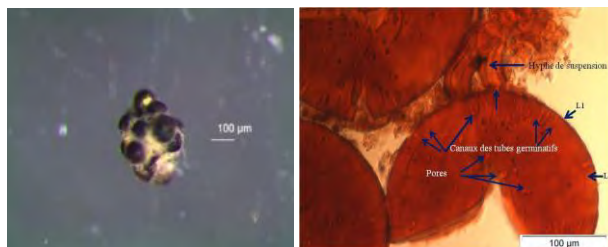


Figure 4. Morphologie (a) et structure membranaire (b) de spores de *Glomus coronatum*

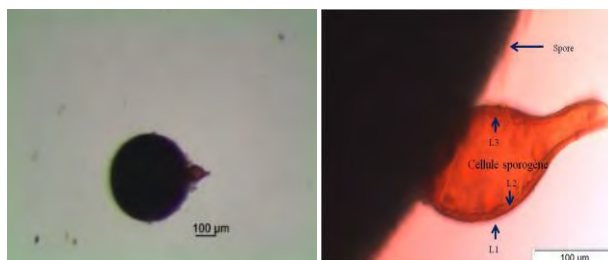


Figure 5. Morphologie (a) et structure membranaire (b) de spores de *Scutellospora gregaria*

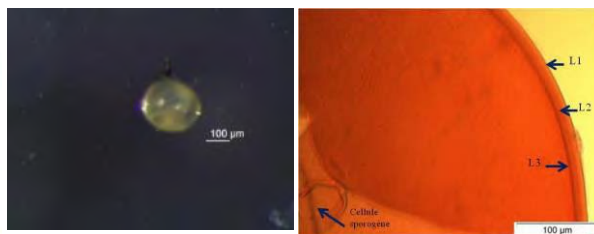


Figure 7. Morphologie (a) et structure membranaire (b) de spores de *Gigaspora rosea*

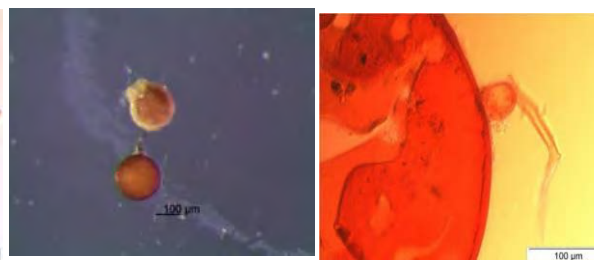


Figure 6. Morphologie (a) et structure membranaire (b) de spores de *Scutellospora heterogama*

IV. DISCUSSION

Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA)

Notre étude a montré une diversité de CMA associés au sorgho dans les sols de Sikasso. Le genre *Glomus* est le plus représenté dans nos sites avec 15 morphotypes soit 65%. Un tel résultat a été noté dans différents environnements naturels et agro-écologiques du Sénégal par Ngonkeu et al. (2003), Manga et al., (2007), NDoye et al., (2012), Diop et al., (2013). Il n'est pas alors surprenant de retrouver ce genre dans les sols du Mali dont les caractéristiques sont proches de celles des sols du Sénégal (Sacko, 2006). En effet, il a été rapporté que le genre *Glomus* prédomine en termes de présence dans les écosystèmes des zones arides et semi-arides à cause de sa capacité d'adaptation aux conditions les plus difficiles telles que la sécheresse, la salinité et autres stress environnementaux (Mohammad et al., 2003 ; Manga et al., 2007 ; Abbas et al., 2006 ; Bouamri et al., 2006 ; Opik et al., 2006 ; Hijri et al., 2006 ; Zhao & He, 2007).

Par ailleurs, la diversité observée dans notre étude, composée de 21 morphotypes répartis en 6 genres est largement supérieure à celle obtenue dans une forêt d'*Isobertia doka* au Bénin par Houngnandan et al., (2009). Celui-ci rapporte que seulement, six espèces réparties dans deux genres ont été trouvées dont

Glomus et *Scutellospora*. Cette diversité reste également supérieure à celle décrite (dix espèces) dans une réserve de Bandia au Sénégal par Sène et al., (2012). Nos résultats sont conformes à ceux de ces auteurs quant à l'existence d'une diversité dans les sols des agrosystèmes en Afrique de l'Ouest.

V. CONCLUSION

Le sorgho est naturellement associé à une forte diversité de champignons mycorhiziens arbusculaires

REFERENCES

- Abbas Y., Ducousso M., Abourouh M., Azcón R., Duponnois R., 2006- Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters Woodlands in Morocco. *Ann.For.Sci* 63: 285-291.
- Bouamri R., Dalpé Y., Serrhini M.N., Bennani A., 2006- Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. *African Journal of Biotechnology* 5: 510-516.
- Diop I., Kane A., Krasova-Wade T., Sanon B.K., Houngnandan P., Neyra M., Noba K., 2013- Impacts des conditions pédoclimatiques et du mode cultural sur la réponse du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) à l'inoculation endomycorhizienne avec



Rhizophagus irregularis. Journal of Applied Biosciences 69:5465 – 5474. ISSN 1997–5902.

Diouf D., Sougoufara B. 2002- “Le reboisement au Sénégal : bilan des réalisations de 1993 à 1998.” Rev. For. Fr. LIV: 227-238.

Finlay R.D., 2008- Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. Journal of Experimental Botany 59: 1115–1126.

Gerdemann J.W., Nicholson T.H., 1963- Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans.Br.Mycol.Soc 46: 235-244.

Hijri I., Sykorová Z., Oehl F., Ineichen K., Mäder P., Wiemken A., & Redecker D., 2006- Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. Molecular Ecology 15: 2277–2289.

Houngnandan P., Yemadje R.G.H., Kane A., Boeckx P., Van Cleemput O., 2009- Les glomales indigènes de la forêt claire à Isoberlinia doka (Craibet Stapf) à Wari-Marou au centre du Bénin. . Tropicultura 27(2): 83-87.

<http://invam.caf.wvu.edu/>- août 2016.

Institut National de la Statistique (2010)- Résultats provisoires du Recensement général de la population et de l'habitat.

Koske R.E. & Testier B., 1983- A convenient, permanent slide mounting medium. Mycological Society of America Newsletter 34 (2): 59 p.

Lambers H, Shane MW, Cramer MD, Pearse SJ, Veneklaas J. 2006- Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. Ann Bot 98: 693–713.

Manga A., Diop T.A., Van Tuinen D., Neyra M., 2007- Variabilité génétique des champignons mycorrhiziens associés à Acacia seyal en zone semi-aride du Sénégal. Sécheresse 18(2): 129-133.

Mohammad M.J., Hamad S.R., Malkawi H.I., 2003- Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic factors. Journal of Arid Environments 53: 409-417.

Morton J.B., 1988- Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature and identification. Mycotaxon 32: 267–324.

Ndoye F., Kane A., Mangaptché E.L.N., Bakhoum N., Sanon A., Diouf D., Sy MO., Baudoin E., Noba K., Prin Y., 2012- Changes in land use system and environmental factors affect arbuscular mycorrhizal fungal density and diversity, and enzyme activities in rhizospheric soils of Acacia senegal (L.)Willd. ISRN Ecology: 13.

Ngonkeu M.E.L., Nwaga D., Adamou S., Fokom R., Tchameni N. S., Onguene N. A., Nana W.L., Chaintreuil C., Amougou A., Moulin L., Prin Y., Lebrun M., Dreyfus B., 2003- Diversité des Champignons Mycorrhiziens Arbusculaires du Cameroun.1 Université de Yaoundé I. B.P 812. Yaoundé. Cameroun. 2 Institut de recherche agricole pour le développement. B.P 2067. Yaoundé. Cameroun. 3 IRD. UMR 113 CIRAD/INRA/IRD/AGRO-M/UM2, Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM), Campus international de Baillarguet. Montpellier, France, p : 143-147.

Oehl F., Sieverding E., Mäder P., Dubois D., Ineichen K., Boller T., Wiemken A., 2004- Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia, 138: 574-583.

Öpik M., Moora M., Liira J., Zobel M., 2006- Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. Journal of Ecology 94: 778–790.

Sacko O., 2006- Utilisation d'arbres à usage multiple pour la valorisation des phosphates naturels africains par les champignons endomycorrhiziens. Thèse de Doctorat, ISFRA, Bamako (Mali). P: 104.

Schenck N.C., Pérez Y., 1990- Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. Synergistic-Publications, Gainesville, Florida.

Sène G., Thiao M., Manga A., Kane A., Samba-Mbaye R., Mbaye M.S., Khasa D., Sylla S.N., 2012- Arbuscular mycorrhizal soil infectivity and spores distribution across plantations of tropical, subtropical and exotic tree species: a case study from the forest reserve of Bandia, Senegal. African Journal of Ecology 50: 218-232.

Smith S.E., Jakobsen I., Grønlund M., Smith F.A., 2011- Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. Plant Physiology 156: 1050–1057.

Smith S.E., Read D.J., 2008- Mycorrhizal symbiosis, 3rd edn. Academic Press Inc., London, 3rd eds.

Walker C., 1992- Systematics and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales) ± a possible way forward. Agronomy 12: 887±897.

Zhao J.L., He X.L., 2007- Effects of AM fungus on the growth and drought - resistance of Artemisia ordosica. Acta Agricu (in Chinese). Boreali Sinica 22 (5): 184–188.



La régénération du parc à *Vitellaria paradoxa* Gaertn dans le Moyen-Bani-Niger au Mali : savoirs et savoir-faire des paysans

Kantougoudiou Coulibaly^{1*}, Marius Pineau², Moussa Keïta¹, Djibril Berthe¹ et Siaka Diarra¹

¹ Institut Économie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique, Mopti, Mali

² Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada

*Adresse email de la personne de contact : coulibalykantougoudiou@yahoo.fr

RÉSUMÉ : Des entretiens semi-structurés ont été réalisés auprès de 86 chefs d'Unités de Production Agricole (UPA) de deux villages (Tyen-Markala, agriculteurs de tradition et Koungobougouwèrè, éleveurs de tradition) de la zone du Moyen-Bani-Niger au Mali. Ils visaient à capitaliser les savoirs et savoir-faire des paysans concernant la régénération du parc agroforestier à *Vitellaria paradoxa* ou karité. Ces entretiens au niveau de chaque UPA ont été combinés à un inventaire des individus dans les champs de case et dans les champs de brousse. Les enquêtes ont permis de comprendre qu'il existe des connaissances et pratiques traditionnelles de régénération du parc à *V. paradoxa*. Aux nombre des savoirs et savoir-faire figurent la dissémination des semences par les animaux, le repérage et la préservation des jeunes pousses, le semis de noix. Le semis est pratiqué par 12,28 % des UPA de Tyen-Markala contre 3,24% de celles de Koungobougouwèrè. Il est réalisé sous les touffes de *Piliostigma reticulatum* et de *Ziziphus mauritiana* et même à découvert. La densité de la régénération a varié en fonction des champs. Elle a atteint 1,4 individu/ha dans les champs de case et 3,0 individus/ha dans ceux de brousse. Au regard de l'importance du karité dans le système agroforestier traditionnel, des mesures doivent être prises pour mieux conduire sa régénération.

Mots clés : *Vitellaria paradoxa*, régénération, enquêtes, pratiques traditionnelles, inventaire.

I. INTRODUCTION

Le karité, *Vitellaria paradoxa* Gaertner F. connu aussi sous le nom de *Butyrospermum paradoxum* subsp. parkii (G.Don) Hepper est l'une des espèces les plus préférées des paysans des villages de Tyen-Markala et de Koungobougouwèrè situés dans la zone agroécologique semi-aride du Moyen-Bani-Niger au Mali [1]. L'espèce est là, à côté de *Faidherbia albida*, associée aux cultures depuis des générations, formant ainsi ce qu'il est convenu d'appeler le parc à *Vitellaria paradoxa* [2, 3, 4]. Au Mali, les parcs à karité couvrent une aire de distribution estimée à 22,9 millions d'hectares [5]. Le karité demeure le principal fournisseur de graisse utilisée dans la cuisine au Mali. Il procure par le beurre extrait des amandes de son fruit un apport appréciable au revenu monétaire des femmes. Si le besoin alimentaire et monétaire justifie essentiellement la préférence de l'espèce, son maintien dans les espaces cultivés repose sur les pratiques des agriculteurs [4]. Les pratiques résultent des savoirs et savoir-faire des paysans accumulés de génération en génération et constituent un ensemble de connaissances opérationnelles [6, 7]. Les communautés rurales des pays en voie de développement sont riches de connaissances et d'expériences pertinentes liées à la gestion du milieu et aux modes de production ancestraux [8, 9]. Mais l'érosion des pratiques et savoirs des agriculteurs peut entraîner l'amoindrissement voire la disparition de certaines de leurs ressources. Cette menace est la plus manifeste dans les écosystèmes fragiles comme ceux du Sahel [10]. Les savoirs et savoir-faire liés à

la gestion du parc agroforestier détenus par les paysans sont souvent ignorés [11].

Afin de contribuer à la régénération du parc à karité dont l'avenir paraît compromis, il nous a paru opportun d'en savoir davantage sur les connaissances détenues par les paysans par rapport à la régénération de cette espèce ; de même que sa densité dans les champs. Le présent article envisage de mieux connaître les savoirs et savoir-faire de paysans de la zone du Moyen-Bani-Niger au Mali au sujet de la régénération du parc à *Vitellaria paradoxa* et de la présence de l'espèce dans les champs cultivés.

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Les sites de l'étude

Deux terroirs agricoles ont été choisis pour cette recherche. Il s'agit du terroir du village de Tyen-Markala noté T (6°02'O ; 13°69'N), d'ethnie bambara traditionnellement agriculteur et de celui du village de Koungobougouwèrè noté K (6°04'O ; 13°66'N), d'ethnie peul, traditionnellement éleveur. Les deux villages, distants de 3,5 km, se trouvent sur la rive droite du fleuve Niger dans la commune de Markala au Mali. Ils sont situés dans le système à parc (Figure 1) dans la zone agroécologique du Moyen-Bani-Niger [12]. Cette zone jouit d'un climat de type soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle comprise entre 400 et 800 mm.



leurs propres observations, ont expliqué ce fait comme étant la conséquence des lésions causées aux racines par les instruments aratoires lors des travaux culturaux.

3.1.5 Les rejets de souche

Les répondants de Tyen-Markala ont été significativement plus nombreux que ceux de Koungobougouwèrè à reconnaître que les rejets constituent le point de départ de jeunes pousses de *V. paradoxa*. L'abattage du tronc de l'espèce, selon les répondants, entraîne l'émission des rejets sur la souche restante.

3.1.6 La régénération naturelle dans la jachère

Les deux villages, par des proportions faibles et similaires de répondants, ont cité la jachère comme étant de tout temps le lieu de naissance des jeunes sujets de karité. Les répondants disent avoir constaté que l'absence de labour dans les jachères favorise de façon naturelle la régénération du karité.

3.1.7 Le repérage des jeunes pousses

Les proportions de répondants des deux villages diffèrent significativement par rapport au repérage des plantules de karité. C'est le premier village, qui s'est illustré par une plus faible proportion de répondants, comparé au second (10 % de personnes contre 48). Selon ces personnes, le repérage des jeunes plants de karité favorise leur maintien dans les parcelles cultivées. Pour ce faire, les répondants disent effectuer manuellement, avant le labour, un sarclobinage du voisinage immédiat des plantules. Ils émiettent ainsi la croûte de sol pour marquer l'emplacement du jeune plant, ce qui permet d'éviter la mutilation voire la coupe des jeunes sujets de karité lors du labour.

3.1.8 La préservation des jeunes pousses

Les chefs d'UPA, interrogés dans les deux villages, ont affirmé dans de fortes proportions (plus de 75%) épargner les jeunes pousses de karité lors du labour. Pour y parvenir, les répondants ont déclaré prodiguer à l'accoutumée des conseils aux enfants qui, ainsi sensibilisés, usent de vigilance pour ne pas mutiler ou couper les jeunes plants se trouvant dans la trajectoire de la charrue au moment du labour. L'usage de la charrue a été mentionné par certains pratiquants comme une des causes importantes de destruction des jeunes pousses. La raison de la préservation des jeunes plants, selon les répondants, est d'enrichir le parc à karité.

3.2 La régénération artificielle

Le tableau 2 montre que le semis de noix et la plantation de boutures sont les seuls faits cités par les répondants des villages de Tyen-Markala et de Koungobougouwèrè au sujet de la régénération de *Vitellaria paradoxa* par action directe du paysan.

Tableau 2 : Facteurs contribuant à la régénération artificielle de *Vitellaria paradoxa* selon les chefs d'UPA de Tyen-Markala et Koungobougouwèrè, au Mali, et proportion des répondants les ayant mentionnés.

Facteur	Tyen-Markala	Koungobougouwèrè	Chi-carré
Semis de noix	12,28	3,45	0,182
Plantation de boutures	1,75	0	0,473

3.2.1 Le semis de noix

Le semis direct de noix de *Vitellaria paradoxa* est entrepris par des pourcentages très faibles de répondants dans les deux villages. Ceux qui disent le pratiquer sèment les noix sitôt après avoir consommé le péricarpe charnu. Le semis est fait par les uns sous les touffes de *Piliostigma reticulatum* ou de *Ziziphus mauritiana*, et par les autres à terrain découvert. Selon les premiers, les bonnes conditions de fertilité, d'humidité et de protection fournies par la présence des touffes de *Piliostigma reticulatum* ou de *Ziziphus mauritiana* favorisent la germination des noix ; tandis qu'à découvert, selon les seconds, rien ne se passe. Un interlocuteur du groupe de Tyen-Markala nous a confié ceci : "Tous les pieds adultes de *Shi* (*Vitellaria paradoxa* en langue locale Bambara) présents dans mes champs sont issus de semis réalisés par ma première femme et moi-même. Nous avons d'ailleurs donné un nom de baptême à chaque pied de karité. À l'époque, nous avons semé les noix directement après avoir mangé le fruit".

3.2.2 La plantation de boutures

La personne qui a cité le bouturage du karité avoue n'avoir jamais vu ni entrepris cette activité. Néanmoins, elle a maintenu son propos en ajoutant que le bouturage de l'espèce fut réalisé avec succès par quelqu'un de son village ; mais qu'il y a bien longtemps de cela.

3.3 L'état du parc à *V. paradoxa*

Le tableau 3 montre la répartition du nombre de tiges de karité à l'hectare suivant les catégories de diamètre dans les champs de case et les champs de brousse des terroirs de Tyen-Markala et de Koungobougouwèrè. A la lecture du tableau, il apparaît une absence de tiges dans la plus petite catégorie et la présence de moins d'un individu à l'hectare dans les catégories de 15 et 25 cm. De façon générale, on constate une chute brutale du nombre d'individus à l'hectare tant dans les champs de case que dans ceux de brousse de chacun des villages quand on passe de la catégorie des plus forts diamètres à celle des plus faibles diamètres.



Tableau 3 : Nombre de plants de *V. paradoxa* à l'hectare, en fonction de leur diamètre, dans les champs de case et les champs de brousse des terroirs de Tyen-Markala et Koungobougouwèrè, au Mali.

Catégories de diamètre	Tyen-Markala		Koungobougouwèrè	
	Champs de case	Champs de brousse	Champs de case	Champs de brousse
0-10 cm	0	0	0	0
10-20 cm	0,06	0	0	0,27
20-30 cm	0,12	0,59	0	0,27
Plus de 30 cm	4,18	9,62	7,13	12,88

IV. DISCUSSION

4.1 La régénération naturelle

Les résultats de l'enquête témoignent de la détention par des agriculteurs de Tyen-Markala (T) et de Koungobougouwèrè (K) d'un savoir qui contribue à la régénération naturelle de *Vitellaria paradoxa* dans leurs champs cultivés.

Il est apparu un faible taux de répondants dans les deux villages par rapport à la désignation de l'être humain comme agent de dissémination des semences de karité. En fait, Il arrive que des noix de karité soient abandonnées dans les champs par l'homme après que celui-ci ait consommé la pulpe charnue. Ces noix germeront par la suite, une fois les conditions réunies, pour donner des plantules. Il s'agit bien de régénération naturelle puisque l'obtention de plantules, ici, n'est pas opérée volontairement par le paysan. Au nombre des animaux participant à la dissémination des noix de karité, les oiseaux et les chauves-souris sont cités [2].

Le nombre de répondants, de surcroît limité au seul groupe de Tyen-Markala, paraît bien faible quant à la déclaration du vent comme agent de dissémination des graines de karité. En effet, on peut bien penser que l'état lourd d'une noix de karité encore relativement frais la prédisposerait peu à un déplacement causé par le vent.

Il est apparu une importante signification de répondants du groupe de Tyen-Markala par rapport à leurs homologues de Koungobougouwèrè quant à la contribution des drageons de racines à la régénération naturelle du parc à *Vitellaria paradoxa*. Si les raisons avancées par rapport à ce fait sont les blessures causées aux racines par les instruments aratoires, la prédominance des gens de T s'explique par leur expérience plus poussée avec l'agriculture que les gens de K. Il est sans doute vrai que beaucoup de blessures aux racines dans le sol sont dues à la culture attelée [14].

Les rejets de souche, comme les drageons de racines, ont une relation significative avec le statut groupe de répondants. Il est probable que le groupe d'agriculteurs de Tyen-Markala, qui domine en proportion dans les deux cas, s'adonne beaucoup

plus à l'abattage de l'espèce pour diverses raisons : entre autres, le dégagement de l'espace au profit des cultures par l'élimination en particulier des sujets trop vieux et devenus improductifs. Certains des rejets pourraient cependant être gardés ; car des karités recépés sinon abattus reprennent beaucoup plus vigoureusement et sont plus précoces que ceux issus de semis [15]. Aussi, la protection intégrale de *Vitellaria paradoxa* par le code forestier constitue une explication plausible du silence des répondants, notamment, de Koungobougouwèrè sur l'abattage des tiges.

Pour ce qui est de la reconnaissance de la jachère comme lieu de naissance des jeunes plants de karité, c'est bien l'absence de labour par charrue notamment en cet endroit qui est perçue par les répondants comme la principale cause. Au Burkina Faso, à Watinoma et Sobaka, les jeunes karités sont abondants dans les jachères [16] et [17]. Il a été constaté aussi d'une manière générale une forte régénération du karité dans les jachères de Koutiala au sud-Mali [18] et [19]. Il y'a également abondance de la régénération de *V. paradoxa* dans les jachères dans la région des savanes de Côte d'Ivoire [20]. Comme la dissémination des semences par l'homme, d'autres actions de celui-ci concourent aussi involontairement à faciliter la régénération naturelle. C'est le cas du repérage suivi de marquage, de la préservation après sensibilisation des enfants affectés au labour. Si le repérage est mentionné par de faibles pourcentages dans les deux villages, la préservation, supposée être sa suite logique, l'est par de forts taux. Cela signifie que la seconde a souvent lieu sans la réalisation préalable de la première. Par exemple, des chefs d'UPA de Tyen-Markala ont d'ailleurs prétendu qu'ils pouvaient déceler les jeunes pousses de *Faidherbia albida* au moment du labour sans marquage préalable [21]. C'est certainement le cas avec *V. paradoxa*. Par ailleurs, la régénération naturelle assistée connue aussi sous l'appellation "RNA" se résume en un repérage, en un marquage et en une préservation des jeunes pousses [22, 23].

4.2 La régénération artificielle

Le nombre d'actions volontairement réalisé pour régénérer le parc à *V. paradoxa* est bien faible. Toutefois, la réussite déclarée du semis renseigne que ce dernier est une voie privilégiée pour régénérer l'espèce. Car un des acteurs qui est de Tyen-Markala a affirmé que les sujets qui en sont issus dans ses champs sont devenus adultes et portent depuis des noms de baptême. Il est admissible que l'acte de semer des noix de karité pour régénérer l'espèce relève de la logique d'un producteur de Tyen-Markala ayant pour tradition l'agriculture que de celle de son voisin de Koungobougouwèrè, éleveur de tradition. Il a été démontré que la germination des graines fraîches du karité se fait facilement avec une levée de près de 90 % débutant une quarantaine de jours



après le semis [24] et [15]. Toutefois, les mêmes auteurs rapportent que le pouvoir germinatif baisse très vite un mois après la récolte.

Le semis de noix, unique activité de régénération artificielle du karité de surcroît par une seule personne, est préoccupant. La plantation de l'espèce n'est guère évoquée. Le karité n'en est pas moins menacé de disparition à cause de sérieuses difficultés liées, entre autres, à sa plantation [25]. Le semis de noix réalisé doit certainement sa réussite aux bonnes conditions de fertilité, d'humidité et de protection fournies par la présence des touffes de *Piliostigma reticulatum* ou de *Ziziphus mauritiana*. Il est intéressant de porter une attention particulière à ce genre de technique qui mérite d'être testée car plus facile à adopter. Ainsi, en plus de *Z. mauritiana* et de *P. reticulatum*, le *Guiera senegalensis* et le *Boscia senegalensis* apparaissent souvent en touffe dans les champs, pourraient faire partie des espèces à tester. Contre le bétail en divagation, le semis sous arbustes touffus contribue sans doute à la protection des plantules. Un constat analogue a été relevé dans le terroir de Watinoma, au Burkina Faso, par rapport à *Faidherbia albida* dont les gousses coincées dans des rameaux épineux étaient les seules à échapper à la dent du bétail [26].

Le bouturage de *V. paradoxa* signalé par une seule personne de Tyen-Markala n'est ni connu ni signalé à Koungobougouwèrè. Il n'est cependant pas à rejeter. Une multiplication par bouturage du karité mérite d'être examinée [27] et [28]. Toutefois, sur 10 000 boutures de karité réalisées suivant diverses techniques, aucune n'a fourni un plant survivant [15].

4.3. L'état du parc à *V. paradoxa*

La chute brutale du nombre d'individus à l'hectare (tableau 3), tant dans les champs de case que dans ceux de brousse quand on passe de la catégorie des plus forts diamètres à celle des plus faibles diamètres, est le signe d'un faible taux de régénération. Cette situation est alarmante à cause surtout d'une absence totale de plants dans la catégorie 0-10 cm dans les deux types de champs. De façon générale, les champs de brousse renferment dans la catégorie supérieure deux fois plus de tiges, comparés aux champs de case. Cela s'explique par l'activité agricole plus intense tel le labour à la charrue dans les champs de case que dans ceux de brousse dont quelques-uns sont parfois mis en jachère chez nos deux communautés [4]. Il a été constaté une forte régénération du karité dans les jachères de Koutiala au Mali sud [18]. Il est également fait cas de l'abondance de la régénération de *V. paradoxa* dans les jachères [16, 17, 19, 20].

V. CONCLUSION

Les activités de régénération naturelle et de régénération artificielle de *Vitellaria paradoxa* révélées au cours des enquêtes constituent une

source de savoirs et de savoir-faire accumulés par les agriculteurs des villages de Tyen-Markala et de Koungobougouwèrè dans la régénération de leurs parcs à karité. Elles permettent de convaincre de l'importance que ces villages accordent traditionnellement au maintien de cette espèce dans leurs terroirs. Les différences relatives à la proportion de répondants entre les deux villages laissent comprendre que l'agriculture et l'élevage en tant qu'activités traditionnelles sont des éléments de distinction. L'absence de tiges dans la plus petite catégorie de diamètre laisse perplexe quant à l'effet positif des pratiques de régénération mentionnées par les répondants et, à l'avenir même du parc à karité. Quoi qu'il en soit, il semble que les savoirs et les savoir-faire des paysans, malgré le fait qu'ils soient bien réels, ne suffisent plus à assurer la régénération du parc à karité. Les paysans paraissent subir de nombreuses contraintes qui limitent l'application de leurs savoirs et savoir-faire. Un immense travail afin de lever ces contraintes, qui sont aussi bien d'ordre socio-économique et politique que climatique et environnemental, est donc nécessaire.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les habitants des villages de Tyen-Markala et de Koungobougouwèrè, et notamment leurs chefs d'UPA. Merci à Elias Ayuk, de l'ICRAF, à Habirama Kanouté et Seydou Dao, enquêteurs sur le terrain, et à Modibo Sidibé, de la recherche forestière à Sotuba. Le premier auteur a bénéficié du soutien financier de l'Agence canadienne de développement international (ACDI) par le biais d'une collaboration entre l'International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) et l'Université Laval.

REFERENCES

- [1] Coulibaly K., Olivier A., Doucet L. et Pineau M. "L'utilisation des ligneux dans le Moyen-Bani-Niger : inventaire et préférences des paysans". Revue malienne de science et de technologie Volume 6. 2004. 6 – 20.
- [2] Raison, J-P. Les parcs en Afrique. Centre d'études africaines, Institut Royal des Tropiques, Amsterdam, Pays-Bas, 117 p. 1988.
- [3] Boffa J.-M. Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO Conservation 34. FAO, Rome, Italie, 258 p. 2000.
- [4] Coulibaly K. Les agriculteurs et le parc arboré dans le Moyen-Bani-Niger au Mali : contribution à l'analyse des pratiques et des techniques de gestion du parc arboré. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada, 206 p. 1999.



- [5] Maïga A. Y. Etude de la mortalité du karité. Rapport final de prolongation. Sotuba, Mali, DRFH-INRZFH, 83 pages. 1990.
- [6] Sardan J-P. Olivier de. et Paquot, E. D'un savoir à l'autre. Groupe de Recherches et d'Échanges Technologiques (GRET), Paris, France, 204 p. 1991.
- [7] Blanc-Pamard C. et Lericollais C. À travers champs, Agronomes et géographes, Dynamique des systèmes agraires. Éditions de l'ORSTOM, Paris, France, 297 p. 1991.
- [8] Berkes F. Traditional ecological knowledge in perspective. pp. 1-17. In : Traditional ecological knowledge, concepts and cases. Edited by J. T. Inglis. Canadian Museum of Nature and International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 1993.
- [9] Lalonde, A. 1993. African indigenous knowledge and its relevance to sustainable development. In: Traditional ecological knowledge, concepts and cases. pp. 55-61. Edited by J. T. Inglis, Canadian Museum of Nature and International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- [10] Dupré, G. Savoirs paysans et développement. KARTALA et ORSTOM, Paris, France, 524 p. 1991.
- [11] Bonkougou E. G., Ayuk E. T. et Zoungrana I. (eds). Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Centre International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF), Nairobi, Kenya, 226 p. 1997.
- [12] Coulibaly, K., Camara, M., Diakité, T., Sidibé, Y., Djimé, M. et Baumer, M. Potentialités agroforestières dans les systèmes d'utilisation des terres de la zone semi-aride du Mali. Rapport AFRENA No.22, Agroforesterie Research Network for Africa, Centre International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF), Nairobi, Kenya, 123 p. 1990.
- [13] D'Atous, A. L'introduction à l'analyse des données issues d'une enquête. Guérin, éditeur lée, Montréal, Québec, 182 p. 1993.
- [14] Péliissier P. Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Imprimerie Fabrègue, Saint-Yrieix (Haute-Vienne), 939 p. 1966.
- [15] Bonkougou, E. G. Monographie du karité *Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. f.) Hepper, espèce agroforestière à usages multiples. IRBET/CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso, 69 p. 1987.
- [16] Ouédraogo S. J. dynamique et fonctionnement des parcs agroforestiers traditionnels du plateau central burkinabé, influence des facteurs biophysiques et anthropiques sur la composante arborée. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, France, 222 p. 1994.
- [17] Kaboré S. A. Etude de la dynamique de régénération du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) dans le terroir de Sobaka (zone sud soudanienne du Burkina Faso) en champs et en jachères. Maître ès Sciences Biologiques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 96 p. 2010.
- [18] Yossi, H. et Kouyaté, A-M. Les arbres hors forêt : le cas du Mali. PP. 171-177. In : Les arbres hors forêt. Vers une meilleure prise en compte. Cahier FAO Conservation 35. Rome, Italie, 214p. 2001.
- [19] Kelly B. A., Poudyal M., Bouvet J. M. 2019. "Impact of land use and land use history on fruits production of *Vitellaria paradoxa* (Shea tree) according to agroclimatic zones in Mali (West Africa)", *Current Botany* 2019, 10: 1-7.
- [20] Diarrassouba N., Fofana J. I., Bakayoko A., Nguessan A. K. et Sangare A.. "Influence des systèmes agraires sur la dynamique de régénération naturelle du karité : *Vitellaria paradoxa* CF GAERNT (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire". *Agronomie africaine* 21. Volume 1 : 2009. pp 49 – 58.
- [21] Coulibaly K., Pineau M., Olivier A. La régénération du parc à *Faidherbia albida* dans le Moyen-Bani-Niger : savoirs et savoir-faire des paysans. Volume 8, *Revue malienne de science et de technologie*. 2006, pp. 18 – 33.
- [22] Zarafi A. M., Abasse T. A. Bokar M, Niang A., Traore C.O. "Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. pp.1-7. In 2ème atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'Agroforesterie au Sahel, Bamako-Mali. 2002.
- [23] ONG Harmonie pour le Développement au Sahel-Bandiagara. La régénération naturelle assistée (RNA), une voie sûre, efficace et efficace pour restaurer la flore au Plateau Dogon. 2017. <https://www.Hdsmali.org> (Accès en février 2017).
- [24] F A O. Méthodes de plantations forestières dans les savanes africaines. Collection FAO,



- Mise en valeur des forêts 19, Rome, 194 p. 1975.
- [25] Yameogo, G. Taonda, J-B. Nikiema, P. Au Sahel, l'avenir du karité peut-il être compromis? pp. 4-5. In : Sahel Agroforesterie n°1. ICRAF-Bamako, Mali, 8p. 2001.
- [26] Depommier, D. Production fruitière et devenir des semences de *Faidherbia albida*. La part des insectes spermatophages et du bétail dans la régénération de l'espèce dans le parc de Watinoma, Burkina Faso. In : Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Édité par Bonkougou, E.G., Ayuk, E.T. et Zoungrana, I. Centre International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF), Nairobi, Kenya. 1997. pp 129-147.
- [27] Dupriez H. et Leener P. Jardins et vergers d'Afrique. Terre et vie, Bruxelles, Belgique, 380 p. 1987.
- [28] Maydell H-J. von. "Arbres et arbustes du Sahel". Verlag Josef Margraf, GTZ, Eschborn, RFA, p 531. 1983.



Effets de la substitution du poisson par la farine de sang sur les performances de croissance des poulettes Wassachè au secteur d'élevage de l'IPR/IFRA de Katibougou, Mali

Drissa Coulibaly¹, Moussa Tangara¹, Pornon Bayoko¹, Naba Konate¹, Mamadou Sanogo¹, Bankoro Bagayoko¹,
Datié Coulibaly¹, Siaka Doubia¹ et Alima Djire¹

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée, Koulikoro, Mali
Courriel de correspondance : drissaycoulibaly@yahoo.fr

RESUME : A travers cet essai d'alimentation, comportant trois régimes alimentaires iso protéiques, ont été évalués les effets des substitutions partielle et totale du poisson par la farine de sang sur la consommation alimentaire et les performances de croissance des poulettes Wassachè au secteur d'élevage de l'IPR/IFRA de Katibougou. L'essai a porté sur 450 poulettes Wassachè âgées de 6 semaines. Le modèle expérimental est un dispositif en randomisation totale avec trois lots de 50 sujets chacun, en trois répétitions. Les trois régimes alimentaires (R_0 , R_1 et R_2) ont été attribués aux différents lots par tirage aléatoire. L'essai a duré 14 semaines. Les paramètres zootechniques mesurés ont été la consommation alimentaire, le poids vif, le gain pondéral, la mortalité des poulettes et la rentabilité économique. La consommation moyenne journalière alimentaire par poule pendant la période de croissance a été de 54,46^a g (R_0), 56,06^a g (R_1) et 53,71^a g (R_2) ($p = 0,281$). Ce qui a permis des gains de poids de 947,13g^a (R_0), 935,15^a g(R_1) et 889,07g^b (R_2) avec $p = 0,026$. Les indices de conversion alimentaire ont été de 5,63 ; 5,87 et 5,92 respectivement pour les régimes R_0 , R_1 et R_2 . Les taux de mortalité ont varié entre 1,26% et 3,87% ($p > 0,05$). L'utilisation de la farine de sang dans les régimes alimentaires des poulettes n'a pas eu d'effet dépressif sur la consommation alimentaire mais les sujets soumis régime témoin (R_0) ont affiché un poids vif moyen supérieur à la 20^{ème} semaine d'âge. Toutefois, l'évaluation de la rentabilité économique des trois régimes a montré que le régime R_2 avec substitution totale du poisson était le plus intéressant.

Mots clés : Wassachè, farine de sang, croissance pondérale, IPR/IFRA, Mali

I. INTRODUCTION

Parmi les productions animales, l'aviculture tient une place prépondérante dans les plans de développement du Mali. Les effectifs de volailles élevés seraient de 2 757 313 têtes en élevage moderne contre 34 934 600 en élevage traditionnel [1].

En zones rurales, comme en zones urbaines, l'aviculture constitue une source importante de revenu, permet de lutter contre le déficit nutritionnel des régimes alimentaires en protéines animales et peut contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire. En dépit de cette importance, l'aviculture est confrontée à d'énormes difficultés d'ordre technique, alimentaire et sanitaire.

Sur le plan alimentaire, les aliments des volailles disponibles sont souvent rares, et leur qualité comme leur quantité varient, de nombreuses matières premières entrant dans la formulation des provendes connaissent des déséquilibres en nutriments, et les concentrés alimentaires commerciaux, qui pourraient être des sources supplémentaires de protéines, sont chers et de disponibilité souvent limitée. De nos jours, l'essentiel des concentrés azotés disponibles (Hendrix, CMAV, Koudij, Super DIAK) est importé [2]. Si ces concentrés sont disponibles à Bamako, la situation est beaucoup plus difficile pour les régions de Sikasso, Ségou et Mopti où on observe des ruptures d'après la même source.

Les aviculteurs de ces régions utilisent beaucoup le poisson qui est cher [2]. L'irrégularité, ainsi que les délais d'approvisionnement en ces produits constituent donc des handicaps sérieux.

La présente étude a eu pour objectif de contribuer à l'amélioration de la productivité avicole à travers une valorisation des sous-produits de l'abattage, en occurrence la farine de sang.

Différentes analyses ont démontré que la farine de sang est riche en protéines, 83,7% et 84% [3] ; [4] respectivement. Elle a une bonne digestibilité, 78,6% [3] chez la volaille. Son coefficient de digestibilité tryptophane est élevé, ce qui est précieux car le tryptophane est le troisième acide aminé limitant chez les poulets de chair [5]. Elle est très riche en lysine, en valine et en histidine (9,47 ; 8,45 ; 6,90 g pour 16 grammes d'azote respectivement) [6]. La farine de sang contient plus d'acides aminés essentiels que le tourteau de soja [7] ; [8], mais elle est déficiente en acides aminés soufrés [7] et isoleucine [9]. Le profil déséquilibré en acides aminés justifie les faibles pourcentages (5-6 p.100) d'incorporation de la farine de sang dans les régimes des volailles [10].

Dans la présente étude, la farine de sang a été utilisée en substitution à celle du poisson dans les régimes alimentaires des poulettes de race "Wassachè". Wassachè est une race élevée avec un double objectif



comme poules pondeuses et source de viande. Le concept de double usage présente un intérêt éthique et de réduction d'une forme de gaspillage. « Il règle notamment le problème éthique et de stratégie commerciale posé par le devenir des milliards de poussins mâles pour lesquels il n'y a pas de demande de la part du marché (car ils ne pondront pas et grandissent moins vite que les variétés hybrides sélectionnées pour la production de « poulets de chair » tout en ayant des besoins nutritionnels élevés, c'est pourquoi actuellement ces poussins sont presque tous tués dans les heures suivant l'éclosion ».

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site et poulailler

L'essai a été conduit au secteur d'élevage de l'IPR/IFRA de Katibougou. La température moyenne de ce site est de 31,5°C avec des variations oscillant entre 21 et 42°C.

Le poulailler était un bâtiment de 85 m² de surface utile, à ventilation naturelle et transversale et muni d'ouvertures latérales grillagées orientées perpendiculairement aux vents dominants (Est-Ouest). La toiture en tôle galvanisée est en pente simple avec des débordements latéraux de 1,5 m environ. Le sol du poulailler en béton, a été couvert de copeaux de bois et les murs badigeonnés de chaux vive. Le bâtiment a été cloisonné en 9 compartiments de 9 m² chacun. Un passage central d'une largeur de 1,3 m sépare les deux rangées de compartiments. Une désinfection du bâtiment suivie d'un vide sanitaire de 15 jours a été réalisée avant l'installation des poussins.

2.2 Animaux

Neuf cents (900) poussins non sexés de race Wassachè (génotype $\frac{3}{4}$ de sang Rhode Island Red et $\frac{1}{4}$ de sang Kokochè, stabilisé), âgés d'un jour, ont été achetés à l'Institut d'Economie Rural (IER). Après un démarrage de 6 semaines, ils ont été sexés et quatre cent-cinquante (450) poulettes ont été retenues pour l'essai. Les poulettes ont été vaccinées contre la maladie de Newcastle, de Gumboro, la bronchite infectieuse, la variole et déparasitées régulièrement.

2.3 Farines de sang et de poisson

L'approvisionnement en sang a été fait à partir de l'air d'abattage de la ville de Koulikoro. Le sang frais avec ajout de sel (50 g/60 litres) a été recueilli dans un cuiseur et bouilli lentement entre 60 et 70°C tout en remuant constamment. Lorsque l'humidité est suffisamment réduite (10-12%), la farine de sang a été étalée sur des plastiques puis séchée à l'intérieur du bâtiment de production. Le sang séché a été pesé, émietté en farine puis conditionné dans des sacs en polyéthylène de 50 kg et stocké à l'abri des nuisibles jusqu'à l'utilisation.

Le poisson a été acheté régulièrement chez le même fournisseur sur le marché de Bamako. Il subissait une trie avant d'être utilisé.

Les farines de sang et de poisson ont été soumises à des analyses bromatologiques au Laboratoire de Nutrition de la Faculté d'Agronomie et de Santé Animale (FASA) de l'Université Laval de Québec, Canada. Leur composition chimique et valeur énergétique sont données dans le tableau 1.

Tableau 1. Composition et valeur énergétique des farines de sang et de poisson

Composition (p.100 du produit)	Poisson	Farine de sang
Matière sèche	95,29	91,29
Protéines brutes, %	57,9	78,6
Matières grasses, %	37,77	0,28
Cendres, %	21,60	10,00
NDF, %	5,67	2,26
ADF, %	6,48	16,49
Ca, %	0,21	0,59
P, %	0,12	0,57
Acides aminés (g/Kg MS)		
Lysine	9,01	15,98
Leucine	27,18	68,97
Isoleucine	19,35	7,08
Valine	22,15	55,70
Thréonine	11,10	22,38
Phénylalanine + Tyrosine	23,6	52,56
Energie brute (Kcal/Kg MS)	4710,27	4843,16
Energie métabolisable (Kcal/Kg MS) *	3376,59	3272,70

*La teneur en énergie métabolisable a été estimée par l'équation de prédiction [11].

2.4 Régimes expérimentaux

Trois régimes alimentaires ont été utilisés : le régime R₀ (témoin) contient 11% de poisson qui fournissent 5,5g de protéines brutes. Dans le régime R₁, l'apport des 5,5 g de protéines a été fourni par moitié par 4,5% de farine de poisson à 57,9% de matières azotées et 4% de farine de sang à 78,6% de matières azotées. Dans le régime R₂, la totalité (100%) de la farine de poisson a été remplacée par la farine de sang (soit 6,5%). Par ailleurs, tous les trois régimes contiennent la même quantité de tourteau de coton mais, ce dernier n'a pas fait l'objet de facteur étudié. Durant toute la période de croissance, la même formule alimentaire a été utilisée (tableau 2).



Tableau 2. Composition centésimale (%) et valeur nutritionnelle des régimes expérimentaux

Ingrédients	Régimes alimentaires		
	R ₀	R ₁	R ₂
Maïs	57	60	60
Son de blé	12	12	12,5
Tourteau de coton	11	10,5	11,5
Farine de poisson	11	4,5	0
Farine de sang	0	4,0	6,5
Coquillage	7	6,5	6,5
Phosphate bi calcique	1	1,5	2
Sel	0,5	0,5	0,5
CMV	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100
Composition et valeur nutritionnelle calculées, %			
EM (Kcal/Kg d'aliment)	2736,3	2742,4	2710,75
Protéines brutes	17,2	17,05	17,16
Lysine	0,78	0,82	0,85
Méthionine	0,33	0,32	0,31
Cystine	0,09	0,09	0,09
Calcium	3,99	3,32	3,04
Phosphore	0,99	0,81	0,72
Valeur nutritionnelle analysée, %			
Matières sèches	91,40	91,18	91,57
Energie brute (Kcal/Kg d'aliment,	3863,49	3767,30	3691,81
EM (Kcal/kg MS)*	3072,98	3017,55	2989,42
Protéines brutes	15,7	16,1	17,0
Matières grasses	4,32	3,71	3,21
Cendres brutes	9,29	9,75	10,92
NDF	13,96	14,01	12,72
ADF	8,01	7,72	9,72
Ca	2,22	2,14	1,21
P	0,61	0,68	0,67
Ca/p	3,64	3,14	1,80
Acides aminés, g/Kg d'aliment			
Lysine	6,43	6,10	8,78
Leucine	9,04	10,64	11,67
Isoleucine	4,95	4,17	4,04
Valine	9,14	7,04	9,15
Thréonine	3,29	3,46	3,61
Phénylalanine + Tyrosine	7,93	8,1	8,76

*La teneur en énergie métabolisable a été estimée par l'équation de prédiction [11].

2.5 Matériel de contrôle des performances et de l'ambiance

Ce matériel était composé d'une balance électronique technique d'une capacité de 5 kg $\pm$ 0,1g, de thermomètres avec hygromètre incorporé. Des fiches de pesée ont été utilisées pour suivre l'évolution pondérale et la consommation alimentaire des poulettes.

2.6 Méthodes

2.6.1 Dispositif expérimental

Le modèle expérimental est un dispositif en randomisation totale. Toutes les quatre cent cinquante (450) poulettes ont été élevées ensemble jusqu'à 6 semaines d'âge avant d'être allotées. Elles ont été réparties en 3 lots (T₀, T₁ et T₂) de 50 sujets en trois répétitions. Chaque lot a reçu l'un des trois régimes alimentaires par tirage aléatoire. La densité d'installation a été de 6 sujets par m². L'essai a duré 14 semaines, de la 7^{ème} jusqu'à la 20^{ème} semaine.

2.6.2 Distribution de l'aliment et de l'eau

Tous les trois lots ont été soumis à l'un des trois régimes alimentaires du début de la croissance à l'apparition des premiers œufs. Les aliments ont été pesés quotidiennement avant d'être distribués. La distribution de l'aliment a été réalisée le matin et le soir suivant un plan qui respecte une consommation à volonté. Les refus ont été collectés et pesés en fin de semaine. L'eau a été servi à volonté.

2.6.3 Mesure des paramètres de production

Les consommations journalières d'aliments (CA) par sujet, les indices de conversion (IC), et le taux de mortalité (TM) ont été évalués à partir des moyennes par lot, selon les formules suivantes : CA (g) = (quantité servie – quantité refusée) / nombre de sujets, IC = consommation alimentaire (g) / gain de poids réalisé (g) pendant la même période et TM (%) = 100 x (effectif initial – effectif final) / effectif initial.

L'évolution pondérale a été suivie une fois tous les quinze jours par pesée individuelle. Les gains moyens quotidiens (GMQ) par sujet et par régime ont été calculés à partir des poids individuels des sujets, suivant la formule : GMQ (g/jour) = gain de poids réalisé pendant la période (g) / durée (jours).

L'analyse économique a été faite sur la base du poids vif, du prix de l'alimentation et de l'indice de consommation. Le calcul du prix unitaire des régimes alimentaires (PR) a été réalisé sur la base des prix des matières premières sur le marché local. Le prix de production (PP) de la poulette pour la période de croissance à partir de la formule : PP = indice de conversion x poids vif (kg) x prix du kg d'aliment en considérant toutes les autres charges identiques. Le prix de vente de la poulette est le prix suivant lequel



les coquelets ont été vendus après le sexage qui a lieu à la fin de la 6^{ème} semaine.

2.6.4 Analyse de la composition chimique des régimes, des farines de sang et du poisson

Les analyses bromatologiques des régimes alimentaires, des farines de sang et de poisson ont porté sur les matières sèches, l'énergie brute, les protéines brutes, les matières grasses, les NDF et ADF, les cendres totales, le calcium et le phosphore et 13 acides aminés dont 6 indispensables (laboratoires Université Laval de Québec au Canada).

L'énergie brute (Kcal/kg MS) a été obtenue en plaçant l'échantillon sec, broyé puis pastillé dans la bombe du calorimètre Parr 6300 pour être brûlé. L'appareil mesure le dégagement de chaleur produit et on obtient une valeur en calories/gramme d'échantillon. Le taux de protéines brutes a été calculé par la formule ($N \times 6,25$) après titrage de l'azote (N) de l'échantillon d'aliment par la méthode de Kjeldahl. Le taux de matières grasses a été mesuré par la méthode d'extraction sous reflux par l'éther de pétrole. Les fibres au détergent neutre (NDF) et au détergent acide (ADF) ont été obtenues respectivement après digestion de l'échantillon par une solution détergente neutre et une solution d' H_2SO_4 + Cetyltriméthylammonium bromide dans un appareil ANKOM A200. La masse de cendres totales a été obtenue par incinération de l'échantillon à 600 °C jusqu'au lendemain. Les taux de Calcium ont été déterminés par calcination de l'échantillon puis digestion des cendres en les chauffant avec de l'acide nitrique et chlorhydrique. La solution a ensuite été diluée dans une fiole jaugée de 100 ml. La dilution ensuite, a été passée sur un appareil à absorption atomique Perkin Elmer AA400 pour obtenir la concentration en calcium. Le phosphore a été analysé par colorimétrie sur un appareil spectrophotomètre UV/VIS. Les acides aminés ont été déterminés à l'aide du chromatographe « Beckman amino-acid analyser ».

L'énergie métabolisable (EM) a été calculée selon l'équation proposée : $EMA = 3985 + 47,2 \times L_A - 53,07 \times Ce - 44,62 \times PAR$ avec $ETR = 62$ et $n = 48$ (où L_A = Extraits étherés sans extraction d'acide, Ce = Cendre et PAR = Parois végétales insolubles dans l'eau [11]).

2.7 Traitement statistique des données

Les paramètres de consommation alimentaire, les poids vifs et les GMQ ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel XLSTAT, version 7.5.2 à un critère de classification afin de tester l'efficacité des régimes alimentaires. La méthode de Duncan a été ensuite utilisée pour classer les différences des poids et GMQ enregistrés.

Les taux de mortalité ont été analysés à l'aide du test de comparaison de k proportions au seuil de signification de 0,05. Les pourcentages de mortalité

différant au seuil de 0,05 ($P < 0,05$.) ont été considérés significatifs.

III. RESULTATS

3.1 Consommation alimentaire

Les consommations alimentaires (CA) moyennes par poulette sont consignées dans le tableau 3. La consommation journalière moyenne par tête a varié entre 53,71g (R_2) et 56,06g (R_1) d'aliment pendant la période de croissance.

Tableau 3. Paramètres de consommation en fonction de la période et des régimes alimentaires

Régime	7 ^{ème} - 12 ^{ème} semaine		13 ^{ème} - 16 ^{ème} semaine		17 ^{ème} - 20 ^{ème} semaine		Moy.	
	C A (g /j)	IC	CA (g/j)	IC	CA (g/j)	IC	C A (g /j)	I C
R_0	54,08 ^a	5,07	53,97 ^a	3,67	55,33 ^b	17,50	54,46 ^a	5,63
R_1	56,39 ^a	5,43	54,11 ^a	4,57	57,68 ^a	9,59	56,06 ^a	5,87
R_2	52,24 ^a	5,73	52,69 ^a	3,52	56,22 ^a	17,90	53,71 ^a	5,92
P - v a l u e	0,458		0,865		0,015		0,281	
Ecart-type	5,560	-	3,760	-	1,31	-	1,795	-

R_0 = régime avec addition de poisson

R_1 = régime avec addition de poisson + farine de sang

R_2 = régime avec addition de farine de sang

^{a, b} Les exposants différents pour une même colonne indiquent une différence significative entre les moyennes des consommations alimentaires ($p < 0,05$)

Ces consommations alimentaires moyennes n'ont pas été influencées significativement par la source de protéine dans les régimes alimentaires ($p = 0,281$). Toutefois, le régime combinant du poisson et de farine de sang a été légèrement consommé par rapport aux deux autres.



Les indices de conversion (IC) moyens de la période de croissance ont été de 5,63 ; 5,87 et 5,92 respectivement pour les régimes R₀, R₁ et R₂. Les IC les plus bas, ont été enregistrés entre la 13^{ème} et la 16^{ème} semaine. Un doublement et même triplement des IC de départ a été observé entre la 17^{ème} et la 20^{ème} semaine (tableau3).

3.2 Performances de croissance des poulettes

L'évolution du poids vif moyen des poulettes en fonction des régimes alimentaires proposés est donnée au tableau 4.

Tableau 4. Evolution du poids vif (g) des poulettes en fonction de l'âge et de la source de protéines dans régimes alimentaires.

Régime	7 semaines	12 semaines	16 semaines	20 semaines	Pf-P0
R ₀	594,66 ^a	1042,23 ^a	1453,27 ^a	1541,79 ^a	947,13 ^a
R ₁	605,4 ^a	1040,86 ^a	1372,05 ^b	1540,55 ^a	935,15 ^a
R ₂	606,26 ^a	988,99 ^b	1407,15 ^b	1495,33 ^b	889,07 ^b
p-value	0,098	0,001	0,001	0,026	0,026
Ecart-type	120,918	108,811	162,844	169,894	-

R₀ = régime avec addition de poisson ; R₁ = régime avec addition de poisson + farine de sang

R₂ = régime avec addition de farine de sang

Pf et P0 correspondent aux poids finaux et initiaux.

^{a, b} Les exposants différents pour une même colonne indiquent une différence significative entre les moyennes des poids vifs ($p < 0,05$)

L'analyse des données du tableau 4 montre que la substitution totale du poisson par la farine de sang a eu un effet dépressif sur les gains de poids des poulettes durant la période de croissance. Les différences de poids observées aux différents âges à partir de la 12^{ème} semaine ont été hautement significatives ($p < 0,05$). Les gains de poids réalisés pour l'ensemble de la période de croissance ont été 947,13 ; 935,15 et 889,07g respectivement pour les régimes R₀, R₁ et R₂.

3.3 Les gains moyens quotidiens (GMQ)

Les GMQ enregistrés ont évolué différemment durant la croissance. En moyenne, ils ont varié entre 7,86 g et 8,31g par jour mais, cette différence n'est pas significative (tableau 5).

Tableau 5. Gains Moyens Quotidiens (GMQ) en grammes (g) en fonction de l'âge et des sources de protéines dans les régimes alimentaires.

Régime	7 ^{ème} - 12 ^{ème} semaine	12 ^{ème} - 16 ^{ème} semaine	16 ^{ème} - 20 ^{ème} semaine	Moyenne
R ₀	10,65	11,74	2,52	8,31 ^a
R ₁	10,36	9,46	4,81	8,22 ^a
R ₂	9,11	11,94	2,51	7,86 ^a
p-value				0,924
Ecart-type				3,801

R₀ = régime avec addition de poisson

R₁ = régime avec addition de poisson + farine de sang

R₂ = régime avec addition de farine de sang

^{a, b} Les exposants différents pour une même colonne indiquent une différence significative entre les moyennes des poids vifs ($p < 0,05$)

Le rythme de croissance a été ralenti entre la 16^{ème} et la 20^{ème} semaine d'âge. Les GMQ, les plus faibles, ont été enregistrés pendant cette période, soit 2,52 ; 4,81 et 2,51g respectivement pour les régimes R₀, R₁ et R₂.

3.4 Taux de mortalité des poulettes

Les taux de mortalité des poulettes soumises aux différents régimes sont indiqués dans le tableau 6.

Tableau 6. Taux de mortalité des poulettes en fonction des régimes alimentaires

Libellés	R ₀	R ₁	R ₂	p-value
Effectif de sujets mis en place	155	155	155	-
Nombre de sujets morts	2	6	3	-
Taux de mortalité/traitement, %	1,29 ^a	3,87 ^a	1,93 ^a	0,251
Taux global de mortalité, %	2,36			-

^a les différences entre les taux de mortalité marqués par la même lettre sur la même ligne ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

Les poulettes soumises au régime R₁ ont affiché un taux de mortalité apparemment élevé (3,8 p. 100) mais non significatif. La mortalité globale a concerné 11 sujets, soit 2,3 p. 100.



3.5 Age d'entrée en ponte

Les premiers œufs ont apparu à la 16^{ème} semaine chez les poulettes soumises aux régimes R₀ et R₂. A partir de la 17^{ème} semaine d'âge, la ponte a été effective au niveau de tous les trois régimes.

3.6 Analyse économique des régimes alimentaires

Les données des différents paramètres utilisés dans l'analyse économique sont consignées dans le tableau 7. Les prix du kilogramme de provende ont varié de 181,35 FCFA à 206,4 FCFA, ceux de la production d'une poulette de 1605 frs à 1790 frs.

Tableau 7. Évaluation de la rentabilité économique des poulettes en fonction de la production de viande

Libellés	R ₀	R ₁	R ₂
Prix unitaire des régimes (FCFA/kg)	206,4	193,7	181,35
Indice de conversion alimentaire	5,63	5,87	5,92
Poids vifs en fin de période (kg)	1,541	1,540	1,495
Prix de production de la poulette (FCFA)	1790	1750	1605
Prix de vente de la poulette (FCFA)	3000	3000	3000
Bénéfice brute par poulette	1210	1250	1395

R₀ = régime avec addition de poisson

R₁ = régime avec addition de poisson + farine de sang

R₂ = régime avec addition de farine de sang

Les bénéfices bruts réalisables sans tenir compte des autres charges, selon nos investigations, ont été estimés à 1210, 1250 et 1395 frs CFA respectivement pour les régimes R₀, R₁ et R₂.

IV. DISCUSSION

L'incorporation de la farine de sang dans les régimes alimentaires des poulettes Wassaché n'a pas produit d'effet dépressif sur leur consommation alimentaire, à l'exception d'une légère diminution chez les sujets nourris avec un régime incorporant uniquement de la farine de sang (R₂). Le régime R₁ a été le plus consommé durant la phase de croissance. La bonne appétence serait liée au niveau énergétique plus bas de ce régime qu'à l'adjonction du poisson à la farine de sang. En augmentant la concentration en énergie du régime, on obtient dès lors une diminution de la consommation et vice versa [12]. Les consommations moyennes pendant la période croissance de 54,46 g (R₀) et 56,06 g (R₁) ont été inférieures aux 58,9 g à 63 g enregistrées au Burkina Faso [13] à celles de 64,8 à 70,6 g observées au Kenya [14] pour des régimes de 14 à 18 p. 100 de protéines. Elles ont été supérieures aux 44,51 à 49,93 g par jour et 25,66 à 39,75 g entre 6 et 18 semaines

d'âge rapportées par d'autres auteurs [15] ; [16]. Des consommations de 5 à 90g d'aliment/ poule chez la poule locale du bassin arachidier du Sénégal ont été observés [17].

Les indices de conversion alimentaire (IC) ont été légèrement meilleurs chez les individus du régime R₀, moyens chez R₁ et légèrement supérieurs chez R₂. La prépondérance de l'IC du régime R₀ s'explique par la différence du profil énergétique (tableau 2) : l'accroissement du niveau énergétique conduit toujours à une amélioration de l'indice de consommation et de la vitesse de croissance [18]. Les IC à la 12^{ème} semaine d'âge ont été largement inférieurs aux 11,63 [19] enregistrés chez l'ardennaise, poule à double usage. Les IC de 5,63 à 5,92 observés pendant la période de croissance ont été supérieurs aux 4,4 à 4,9 obtenus au Burkina [13], ils sont comparables aux 4,79 à 8,87 [16] [15] mais ont été inférieurs aux 7,2-8,01 [17] obtenus au Sénégal en station entre la 4^{ème} et la 25^{ème} semaine chez la poule locale.

Les poids vifs moyens ont évolué positivement dans les trois lots pendant la période de croissance. Ils semblent avoir été influencés par l'incorporation de la farine de sang dans les régimes alimentaires. Ainsi, les individus du régime R₀ ont affiché une supériorité de poids (P< 0,05) par rapport à leurs congénères nourris avec le régime R₂ (à base de sang) de la 12^{ème} à 20^{ème} semaine. A la 20^{ème} semaine, les poids moyens par poule ont été identiques pour les régimes R₀ et R₁. Cette similitude de poids s'expliquerait par la prise alimentaire et surtout le niveau énergétique de ces régimes pendant la période considérée et non le niveau protéique des régimes. Les poids vifs de 594,66 à 606,06 enregistrés au 28^{ème} jour d'âge ont été supérieurs aux 498 à 601 g obtenus par [19] à l'âge de 68 jours ; aux 631± 211 g chez le poulet local en milieu naturel [17] et aux 449 g à 633 g obtenus au Sénégal [15] chez le même type de poulet local à 10 semaines d'âge. Les poids moyens de 1042,23 g du régime avec poisson (R₀), à la 12^{ème} semaine ont été similaires aux 1042 g [19] mais restent supérieurs aux 988,99 g affichés par les poules ayant reçu la farine de sang. Les poids moyens de 1495,33 à 1541,79 g ont été supérieurs aux 1233 g à 1447 g [13] et à ceux de 1 022 et 1 132 g observés au Malawi à 20 semaines, respectivement chez les femelles et les mâles élevés dans des conditions intensives [20]. Ces différences de performances s'expliqueraient par la différence génétique et les conditions de conduite de l'élevage. Les GMQ ont évolué différemment selon le régime au cours des différentes périodes considérées. Les plus faibles GMQ enregistrés entre la 16^{ème} et la 20^{ème} semaine indiquent un ralentissement de la croissance et le début de la ponte. Pendant cette période les poules ont dû faire face à un conflit de fonctions physiologiques : le gain de poids et la ponte. Pour l'ensemble de la période de croissance, les GMQ ont varié entre 7,86 et 8,32g. Ces GMQ ont



été inférieurs aux 9,5 à 11,0 g [13], en accord avec les 7,8 g [15] et à ceux d'autres auteurs (7,77 à 12,2 g) pour les mêmes âges [14].

Le taux de mortalité le plus élevé (3,87%), a été enregistré chez les sujets ayant reçu le régime R₁ sans que l'on ait pu identifier l'origine. Toutefois, une suspicion de coccidiose avait été faite sur la base des symptômes présentés. La mortalité globale de 2,36% est en accord avec celle (2,5%) recommandée [17] pour le poulet Label Rouge. Elle a été inférieure à celle recommandée (5,1%) par le même auteur pour le poulet standard, aux 4,38% [19] chez la poule ardennaise et très inférieure à celles de 9,1 à 40,9% annoncées [15].

L'analyse économique des prix de l'aliment montre que le régime alimentaire a été de plus en plus cher à mesure que le taux de poisson augmente dans sa composition (tableau 7). Dans la même logique, le prix de production de la poulette a été fonction de la quantité de poisson utilisée puisque ce dernier a été la matière première, la plus chère, utilisée à hauteur de 11%. Ni l'efficacité alimentaire (donc l'IC), ni le meilleur poids vif moyen des sujets ayant reçu le régime R₀ n'ont pu compenser la valeur monétaire du kg de poisson, ce qui s'est soldé par le plus bas bénéfice réalisé.

V. CONCLUSION

Les données bibliographiques sont très limitées sur la poule Wassachè, notamment ses aptitudes de poule à double fin de production. Les paramètres zootechniques enregistrés au cours de l'essai ont été satisfaisants et montrent la faisabilité technique de l'incorporation de la farine de sang dans les régimes alimentaires des poules Wassachè. Les performances zootechniques (poids vif, GMQ) et techniques (IC, consommation alimentaire) enregistrées chez les sujets nourris à base de régime incorporant le poisson ont été légèrement supérieures comparativement à celles issues des deux autres lots.

Par ailleurs, l'analyse économique a montré que dans les conditions de l'étude, le régime incorporant la farine de sang était le plus intéressant pour la production de chair en complément d'autres sources de protéines.

En comparaison aux souches commerciales, la productivité moindre de la poule Wassachè a été, par ailleurs, compensée par d'autres qualités, notamment le goût plus agréable qui a été bien apprécié par les consommateurs.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le projet FASAM (Formation Agricole pour la Sécurité Alimentaire au Mali) qui a financé cette étude.

REFERENCES

[1] DNPIA, «Rapport annuel 2015,» Bamako, 2016.

- [2] PACEPEP, «Etude de marché de la filière volaille,» Bamako, 2016.
- [3] J. a. L. M. a. H. J. Maliboungou, «Composition chimique et teneur en énergie métabolisable des matières premières produites en République centrafricaine et utilisables chez les volailles,» *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 51, n° 11, pp. 55-61, 1998.
- [4] Médale F, Kaushik, S. « Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage,» *Cahiers Agricultures*, vol. 18, n° 12-3, pp. 103-111, 2009.
- [5] Ravindran, G.; Ravindran, V.; Bryden, W. L., «Total and ileal digestible tryptophan contents of feedstuffs for broiler chickens, » *Journal of Science of Food and Agriculture*, vol. 86, n° 17, pp. 1132-1137, 2006.
- [6] Rerat, A., Henry, Y., & Bourdon, D. « Valeur nutritive de la farine de sang en remplacement du tourteau de soja dans les régimes du porc en croissance-finition,» *Journ. Rech.Porcine*, France, vol. 12, n° 12, pp. 45-52, 1975.
- [7] Klemesrud, M. J., Klopfenstein, T. J., & Lewis, A. J. «Metabolizable methionine and lysine requirement of growing cattle, » *Journal of animal Science*, vol. 78, n° 11, pp. 199-206, 2000.
- [8] Piepenbrink, M. S; Schingoethe, D. J. ; Brouk, M. J. ; Stegeman, G. A «Systems to evaluate the protein quality of diets fed to lactating cows, » vol. 81, n° 14, pp. 1046-1061, 1998.
- [9] Maiga, H. A.; Schingoethe, D. J.; Ellison-Henson, J, Maïga, «Ruminal degradation , amino acid composition, and intestinal digestibility of the residual components of five protein supplements,» *Journal of Dairy Science*, vol. 79, n° 19, pp. 1647-1653, 1996.
- [10] Hassan, O. E. M., Mukhtar, A. M. S., & Nasir, M. E. A, «The use of blood meal in tropical broiler diets, » vol. 6, n°13, pp. 179-182, 1974.
- [11] Carré, B., & Roze, E, « La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviculture,» 1990.
- [12] A. Smith, « l'élevage de la volaille,» *Collection ""Le Technicien d'Agriculture Tropical""*. ACCT/CTA/, p. 151, 1992.



Effet de l'association chou - niébé dans la gestion des arthropodes dans les conditions agro bio-écologiques de Katibougou au Mali

Samba dit Mamoudou Sissoko¹, Seydou Diallo¹, Laya Kansaye^{1*}, Amadou Badié Alzouma¹ et Amadou Konotié. Coulibaly¹

¹ Laboratoire de Biologie des Arthropodes et de Lutte Intégrée de l'IPR/IFRA de Katibougou

* Adresse de correspondance : kansayel@gmail.com

RESUME : Au Mali, la culture maraichère et en particulier le chou appartenant à la famille des Brassicacées joue un rôle prépondérant dans l'équilibre de la sécurité alimentaire, dans l'économie familiale et demeure une culture d'une importance économique notable. Cependant la production du chou reste confronter aux problèmes des ravageurs et nécessite l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse qui ont des effets néfastes sur l'homme et son environnement. Ainsi l'étude de l'influence de l'induction des substances volatiles des cultures associées dans la gestion des ravageurs et auxiliaires associés : cas du chou au niébé a été conduite avec pour objectif, contribuer à l'amélioration de la production du chou par une gestion efficace des ravageurs et auxiliaires associés dans un système d'association sur un dispositif en bloc de Fischer avec 5 répétitions.

S'agissant des résultats, le meilleur rendement est obtenu au niveau des parcelles des cultures associées avec 14,536T/ha contre 7,548T/ha pour le témoin chou pur. Les phytophages majeurs rencontrés sont *Phyllotreta nigripes*, *Plutella xylostella*, *Aphis craccivora* qu'aux entomophages il s'agit des coccinelles et des fourmis.

L'association du niébé au chou a permis de réduire la population de *Phyllotreta nigripes*. *Aphis craccivora* a été enregistré en nombre important sur les plants du traitement niébé pur avec une moyenne cumulée de 633 individus par plant et 463,6 individus par plant pour les plants du traitement niébé associé au chou. *Aphis craccivora* a une préférence pour le niébé au détriment du chou du fait qu'il n'a pas été du tout enregistré sur le chou en culture pure et en association. *P. xylostella* a eu une moyenne cumulée de 4,2 individus sur la culture pure du chou et 2,2 individus par plant pour les plants du chou associé pour l'ensemble des dix observations. La population de *P. xylostella* est toujours inférieur au niveau des plants de la culture associée du chou que sur les plants de la culture monospécifique du chou. L'association du niébé avec le chou a permis aux prédateurs Formicidae et Coccinellidae de se retrouver sur les traitements associés de chou favorisant une augmentation de la biodiversité locale se traduisant par l'arrivée massive des ennemis naturels et la réduction des populations des ravageurs du chou.

Mots clés : association Niébé- chou, *Phyllotreta nigripes*, *Plutella xylostella*, coccinelle, Formicidae.

I. INTRODUCTION

Les cultures maraichères jouent un rôle prépondérant dans l'équilibre de la sécurité alimentaire et de l'économie familiale, elle constitue une richesse alimentaire et nutritionnelle [1]. Parmi les différentes spéculations maraichères cultivées au Mali le chou occupe une place importante. Originaire du sud-ouest de l'Europe, le chou (*Brassica oleracea* L.) appartient à la famille des Brassicacées. Il est cultivé pour ses feuilles qui possèdent en plus des vitamines et des sels minéraux, des propriétés médicinales. Sa culture prend de plus en plus de l'importance dans les régions tropicales et subtropicales mais leur production est confrontée à une pression des bioagresseurs qui limite leur productivité.

Il est aujourd'hui largement acquis que le développement de systèmes de production agricole plus durables dépend de la réduction de l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse et, par conséquent, de la mise en place de systèmes culturels favorisant la biodiversité [2]. La diversité dans les agroécosystèmes peut favoriser l'activité

des ennemis naturels et ainsi réduire la pression des ravageurs et les coûts qui leurs sont associés [2]. En effet il a été démontré que l'augmentation simple de la diversité peut éventuellement exacerber certains problèmes phytosanitaires [3]. Des systèmes de culture alternatifs, basés sur l'association raisonnée d'espèces au sein d'une même parcelle, peuvent au contraire présenter de multiples avantages et permettre de réduire les intrants [4]. Un intérêt des associations culturales pour la protection des cultures contre les ravageurs et observent une intensité des dégâts plus faible dans les cultures associées, comparées aux monocultures [4].

L'objectif de cette étude est tout d'abord de rassembler l'information permettant de comprendre le rôle de l'association des cultures dans le service écologique de répression des ravageurs agricoles et la sauvegarde des auxiliaires afin de mettre en place une méthode de lutte alternative des produits phytosanitaires dans la gestion des ravageurs du chou.



II. METHODOLOGIE

2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal de l'essai est constitué de la variété Tropica cross hybride F1 de chou (culture principale) avec un cycle de 70 jours, une bonne fermeté des pommes et en forme ronde légèrement aplatie avec un poids moyen de 1,5 à 2,5 kg et une culture de service, Katché, une variété locale de niébé du Bénin à port érigé, avec un cycle de 65 jours, graines brun rosé à feuilles effilées, poids de 100 graines est de 15g. Ce niébé résiste beaucoup aux attaques des *Aphis craccivora*. Il a un goût sucré.

2.2 Site de l'essai

L'essai a été conduit dans le périmètre du potager de l'IPR/IRA de Katibougou sur sol ferrugineux.

2.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc de Fisher en 5 répétitions à 3 niveaux de variations (Figure 1). Chaque bloc couvre une superficie de 20 m² et se compose de 3 parcelles élémentaires auxquelles sont affectés au hasard les différents traitements. La parcelle élémentaire a une longueur de 3 m et une largeur de 2m soit une superficie de 6m². Entre les parcelles élémentaires les allées sont de 0,50 m de large et de 0,50 m de large entre les différents blocs. La parcelle de l'essai couvre une surface de 125 m². Les différents traitements sont constitués de la culture pure de chou (TC), culture pure de niébé (TN) et l'association chou -niébé (TCA).

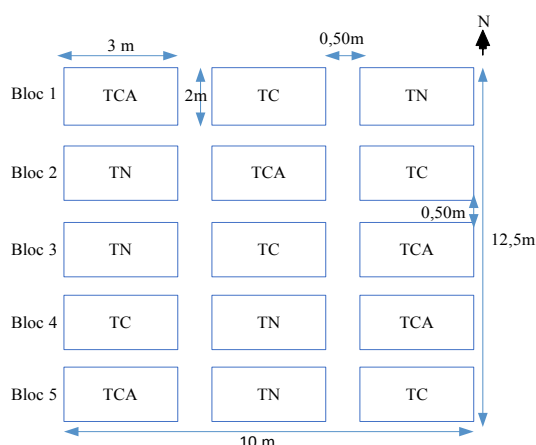


Figure 1. Plan de masse du dispositif expérimental

TCA : chou associé **TC** : Témoin chou **TN** : Témoin niébé

Le système de culture avec 3 niveaux de variations a été le seul facteur étudié.

2.4 Conduite de l'essai

• Préparation du sol

Le labour a été réalisé à l'aide d'un tracteur en mi-octobre 2018. La parcelle principale et les sous-

parcelles ont été ensuite délimitées et piquetées. La dose de huit (8) tonnes/ha de lombricompost et de 200 kg/ha de poudre de graine de neem (pour le contrôle des populations des nématodes phytophages) ont été apportés puis les parcelles élémentaires ont été ensuite nivelées pour la préparation du lit de semis.

• Installation de la pépinière

La pépinière du chou a été installée le 25 octobre 2018 sur une planche de 20 m² ayant bénéficié d'un apport de 16kg de lombricompost, de la poudre de neem et des balles de quinoa en raison de 300 g de poudres du neem et 200 g de résidu du quinoa pour le contrôle des agents pathogènes telluriques.

• Semis du niébé

Le niébé a été semé une semaine avant l'implantation du chou aux écartements de 50cm x 0,80 cm le 25 novembre.

• Repiquage

Le repiquage du chou a été réalisé au coucher du soleil une semaine après le semis du niébé le 02 décembre 2018.

Ce décalage entre le repiquage du chou et le semis de la culture de service permet à ce dernier d'avoir une certaine croissance en attendant la reprise des plants du chou repiqué et pouvoir développer ses substances volatiles qui vont protéger le chou dès le repiquage. Une semaine après, les poquets manquants du niébé ont été ressemés le même jour que le repiquage du chou. Dans chaque parcelle élémentaire les plantes sont disposées en 7 lignes ; et 5 pieds sur chaque ligne pour la culture pure du chou ; le niébé en raison de 4 pieds sur chaque ligne pour la culture pure. Pour la polyculture nous avons 4 lignes du chou séparées par 3 lignes de culture de service niébé respectivement 5 et 4 pieds sur chaque ligne c'est-à-dire 2 lignes du chou séparées par une ligne du niébé et les lignes sont distantes de 0,40 m entre elles et les poquets ont été matérialisés par un rayonneur. Pour les écartements on a 0,80 x 0,40 pour le chou en association et 0,40 x 0,40 pour le chou pur et le niébé est semé à 0,80 x 0,50. Nous avons au total 275 pieds du chou et 200 pieds du niébé pour l'ensemble de l'essai. 10 jours après repiquage, nous avons procédé au remplacement des pieds manquants du chou.

• Travaux d'entretien

Les travaux effectués pour l'entretien de la pépinière et de la parcelle d'essai se résument à l'arrosage des plants, aux sarco-binages. Ces opérations d'entretien se sont réalisées au besoin.

2.5 Suivis entomologique et mesures agronomiques

Deux carrés d'observation ont été délimités dans chaque parcelle élémentaire sur les 2 lignes intermédiaires en culture pure et sur les 2 lignes centrales en polyculture dont 1 ligne du chou et 1



ligne de culture de niébé. Chaque carré d'observation comprend : 4 plants en monoculture du niébé et du chou et 4 plants en polyculture dont 2 plants du chou et 2 plants de culture de service (niébé).

Les observations entomologiques ont été réalisées dès la reprise des plants une fois par semaine sur les plants de carrés d'observation au niveau des différents traitements. Il s'agit surtout d'identifier et de dénombrer les ravageurs qui sont présents sur les plants de chou et du niébé. Les feuilles, les tiges, les pommes, les fleurs et les fruits sont les parties observées sur les plants de chou et niébés marqués dans les carrés d'observation. Elles se faisaient tôt le matin à partir de 7 heures. La détermination des espèces rencontrées a été faite soit par simple observation à l'œil nu sur la parcelle ou des spécimens sont mis dans des boîtes de pétri pour être ensuite identifiés à la loupe binoculaire au laboratoire. La détermination se fait par l'utilisation des clés de détermination d'insectes et la loupe binoculaire.

Les mesures agronomiques ont concerné le poids moyen des pommes de chou obtenu par pesage de 5 pommes prise au hasard parmi les pommes récoltées dans chaque carré d'observation. Le rendement réel par traitement a été évalué à partir de la production moyenne par traitement reportée à l'hectare.

2.6. Traitements des données et analyse statistique

Les données ont été saisies dans le logiciel Excel avant de les analyser avec le logiciel GenStat édition 12 pour déterminer la variance entre les facteurs étudiés ; Les moyennes ont été comparées avec le test de Student-Newman-Keuls au seuil de $\alpha = 5\%$.

III. RESULTATS

3.1. Effet des associations sur les principaux insectes ravageurs

Les principaux insectes nuisibles et prédateurs du chou notamment *Phyllotreta nigripes*, le *Plutella xylostella*, les *Aphis craccivora*, les Coccinellidae et les Formicidae ont fait l'objet d'observations.

3.1.1. Evolution des populations des Chrysomelidae (*Phyllotreta nigripes*)

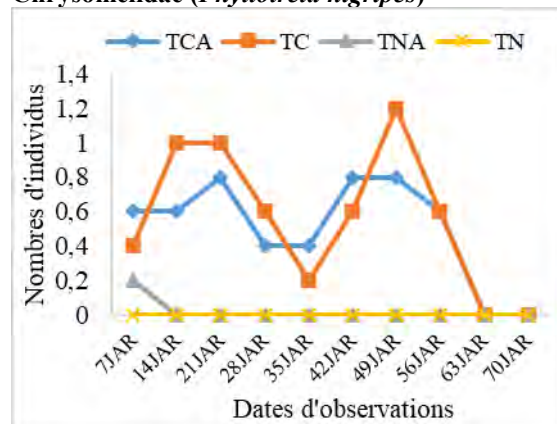


Figure 2. Evolution des populations de *Phyllotreta nigripes*

TCA : chou associé TC : chou pur TNA : niébé associé TN : niébé pur.

Au cours de la date d'observation la densité moyenne des populations de *Phyllotreta nigripes* a varié entre zéro 0 insecte par plant pour les plants de niébé en association (TNA) et 0,6 insecte /plant pour les plants de chou en association. La population de l'insecte a commencé à augmenter à partir du 14^e et 21^e JAR au niveau des traitements de culture pure de chou avec une moyenne de 1 insecte /plant. Nous constatons qu'au cours des observations suivantes la densité des populations de *Phyllotreta nigripes* ont connu une régression de la densité jusqu'au 35^e JAR au niveau des plants de la culture pure et associée du chou suivi de hausse de la densité des populations avec des pics maxima respectifs de 0,8 insecte par plant pour les plants du chou en association au 42^e et 49^e JAR et 1,2 insecte par plant pour les plants de chou en culture pure au 49^e JAR (Figure 2).

Il apparaît de l'analyse des résultats qu'il y a une différence hautement significative entre les traitements en fonction des dates d'observation avec $p < 0,001$. La culture pure du chou a abrité le plus grand nombre de *Phyllotreta* avec 5,6 individus contre 5 individus pour la culture en association sur l'ensemble des dix observations. Au niveau des plants de niébé associé les populations de *Phyllotreta nigripes* ont été observé seulement qu'au cours de la première observation au 7^e JAR avec une densité de 0,2 individu par plant.

3.1.2. Evolution des populations des Plutellidae (*Plutella xylostella*)

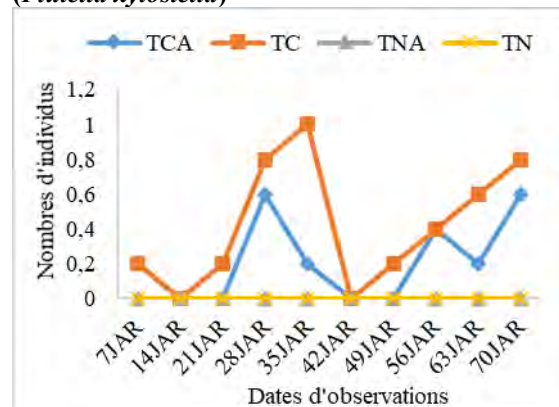


Figure 3. Evolution des populations de *Plutella xylostella* en fonction des traitements

TCA : chou associé TC : chou pur TNA : niébé associé TN : niébé pur.

A la première observation, *Plutella xylostella* est observé dans les traitements de culture pure de chou et de l'association avec le niébé avec une densité moyenne de 0,2 insectes/plant au 7^{ème} JAR pour les deux traitements suivis de disparition au 14^e JAR. Entre le 21^e JAR et 35^e JAR les populations ont connu



une augmentation au niveaux des traitements de culture pure de chou et l'association pour afficher des pics respectifs de 0,6 individus/plants au 28^e JAR pour le traitement chou associé (TCA) et un individu/plant pour le chou en culture pure (TC) au 35^e JAR. Les pics ont été suivi de disparition des populations au 42^e JAR puis d'augmentation des populations jusqu'à la fin des observations au 70^e JAR avec de nouveaux pics respectifs de 0,6 pour le traitement TCA et 0,8 pour le traitement TC. On constate que les traitements associés ont enregistré la plus faible population du *Plutella xylostella* par rapport aux traitements de culture pur de chou (Figure 3).

Nous pouvons déduire que l'association avec le niébé a eu une influence sur la dynamique du *Plutella xylostella* avec 4,2 individus sur la culture pure et 2,2 individus par plant au niveau de la culture en association pour l'ensemble des dix observations. Tout au long de la période d'observation les populations de *P. xylostella* n'ont pas été enregistré au niveau de la culture de niébé. Les résultats de l'analyse statistique montrent une différence significative entre les traitements en fonction des dates d'observation avec $p < 0,001$.

3.1.3. Evolution des populations des pucerons (*Aphis craccivora*)

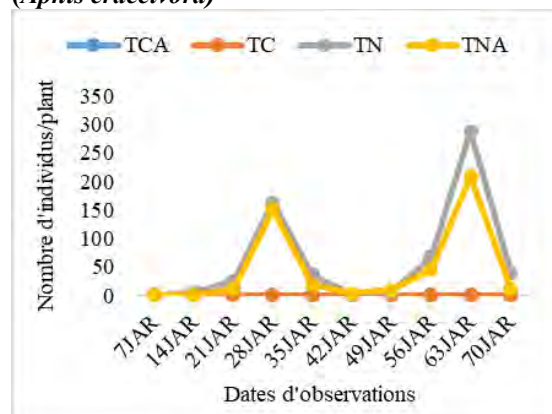


Figure 4. Evolution des populations d'*Aphis craccivora* en fonction des traitements

TCA : chou associé TC : chou pur TNA : niébé associé TN : niébé pur.

Les populations de *Aphis craccivora* sont présentes au niveau des plants des traitements niébé pure et niébé en association. Les populations ont connu deux pics maxima. Le premier pic est enregistré au 28^e JAR avec 150,4 insectes par plant pour les plants du traitement niébé associé (TNA) et 162,8 insectes par plant pour les plants du traitement culture pure de niébé (TN) suivi d'une forte réduction de la densité des populations pour atteindre 3,4 et 1,2 individus/plant respectivement pour les traitements TNA et TN au 42^e JAR. Cette réduction de la densité des populations est suivie d'une augmentation pour afficher de seconds pics au 63^e JAR avec des pics respectifs de 209,2 et 287 insectes par plant pour les

plants des traitements TNA et TN. Ensuite le peuplement a chuté au 70 JAR jusqu'à une moyenne de 12,4 individus/plant sur la culture en association et une moyenne de 40,4 individus/plant au niveau du niébé pur (Figure 4).

L'analyse de variance des résultats montre qu'il y a une différence hautement significative avec $p < 0,001$ entre traitements en fonction des différentes dates. Les populations cumulées pour les dix observations sont respectivement de 462,6 et 633 individus par plants pour les plants des traitements TNA et TN. Au niveau des plants du traitement chou pure aucun individu n'est enregistré et ceux du traitement chou associé a enregistré 0,2 individu/plant. Ces données montrent que *Aphis craccivora* a une préférence pour la culture du niébé au lieu du chou.

3.2 Impact des associations sur les auxiliaires

3.2.1. Evolution des populations de fourmis

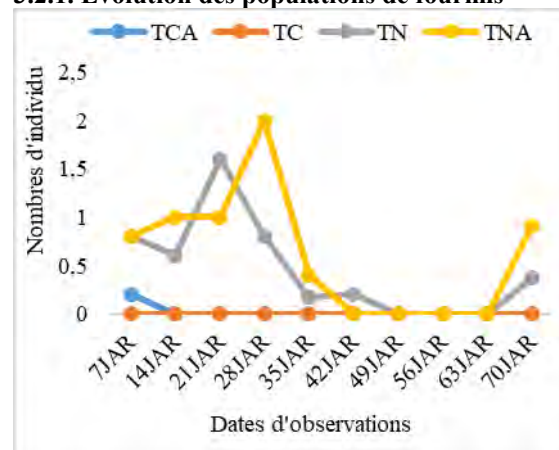


Figure 5. Evolution des populations de fourmis en fonction des traitements

TCA : chou associé TC : chou pur TNA : niébé associé TN : niébé pur.

Ces insectes polyphages sont présents au début des observations dans tous les traitements, au 7^e JAR avec une densité moyenne de 0,2 ; 0,8 ; 1 respectivement pour le chou associé, le niébé pur et le niébé associé. La densité de la population commence à augmenter au 21^e JAR au niveau du niébé pur avec en moyen 1,6 individus par plant, à la même dates le nombre est stagnant au niveau du traitement niébé associé. Au 28^e JAR la population atteint son maxima au niveau des traitements en association avec en moyen 2 individus /plant alors qu'au niveau du traitement niébé pur la densité régresse (Figure 5). La densité des populations diminue progressivement jusqu'au 35^e et 42^e JAR puis il s'annule au 49^e et 56^e JAR. A partir du 63^e jusqu'au 70^e JAR leur nombre connaît une augmentation au niveau de l'association avec en moyenne 0,9 individus/plant et 0,37 individus par plant sur le traitement niébé pur.

Au vu des résultats de l'analyse de variance il y a une différence significative avec $p = 0,04$ entre traitement



par dates. Le niébé en association a abrité la plus forte densité de fourmis avec un cumul de 6,1 individus par plant pour les 10 observations.

3.2.2. Evolution des populations des coccinelles

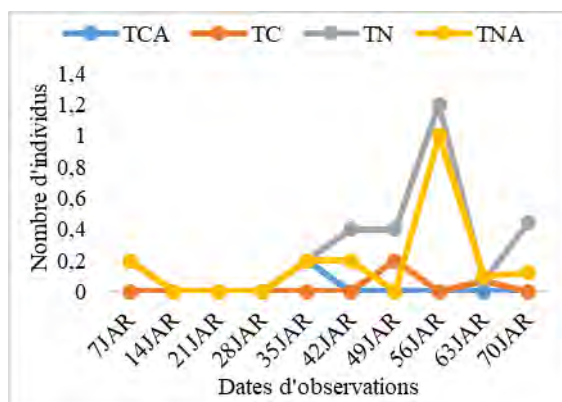


Figure 6. Evolution des populations des coccinelles en fonction des traitements.

TCA : chou associé **TC** : chou pur **TNA** : niébé associé **TN** : niébé pur.

Au début des observations, les coccinelles sont présentes seulement sur le traitement niébé associé avec une densité moins importante de 0,2 individus/plant (Figure 6). Les coccinelles ont disparu des traitements durant les observations du 14^{ème}, 21^{ème} et 28^{ème} JAR pour réapparaître au 35^{ème} JAR. A partir de cette date la densité des populations connaissent une augmentation en dents de scie au niveau des plants du traitement chou pur. Quant aux plants des traitements niébé pur et niébé en association avec le chou la densité des populations évolue pour atteindre des pics maxima au 56^e JAR avec une densité moyenne de 1,2 individus/plant pour les plants du niébé pur suivi du traitement niébé associé avec une densité de moyenne de 1 individu/plant. Au 63^{ème} JAR la densité des populations de coccinelle est nul pour les traitements niébé associé et niébé pur. Au 70^e JAR une légère augmentation de la densité des populations est constatée au niveau des plants TN (0,4 individu/plant) et TNA avec 0,12 individu/plant. Les résultats de l'analyse de variance montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements en fonction des différentes dates d'observation avec $p < 0,03$.

3.3. Effet des associations sur les paramètres de production du chou

3.3.1. Effet du facteur étudié sur le poids moyen d'une pomme

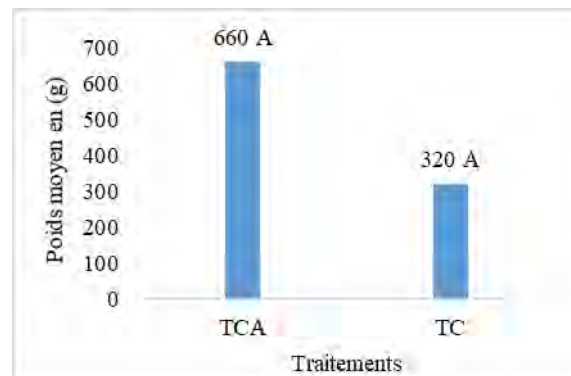


Figure 7. Poids moyen des pommes en fonction des traitements

Le traitement chou associé (TCA) a donné le meilleur poids avec une moyenne de 660 g et suivi du traitement chou pur (TC) avec 320 g pour 1 pomme (Figure 7). Cependant les résultats de l'analyse de variance des données montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements en ce qui concerne le poids moyen d'une pomme avec $p > 0,145$. Les traitements sont statistiquement égaux.

3.3.2. Effet du facteur étudié sur le diamètre moyen des pommes

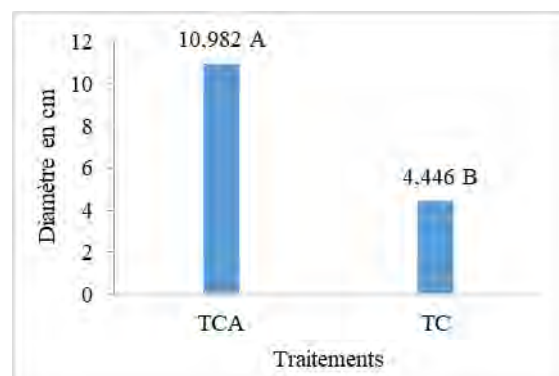


Figure 8. Diamètre moyen de pommes en fonction des traitements

Le traitement chou en association (TCA) a donné le meilleur diamètre moyen des pommes avec 10,982cm et le traitement chou pur a enregistré le plus faible diamètre moyen de pommes avec 4,446cm (Figure 8). Les résultats de l'analyse de variance des données montrent une différence très hautement significative entre les traitements en ce qui concerne le diamètre moyen des pommes avec $p < 0,0001$. Nous remarquons que l'association avec le niébé a eu une influence positive sur le chou par rapport au diamètre de pommes.

3.3.3. Effet du facteur étudié sur le rendement réel de la production du chou



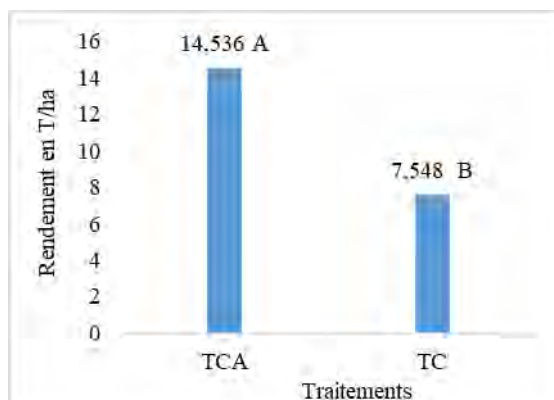


Figure 9. Rendement moyen du chou en fonction des traitements

Le meilleur rendement a été obtenu au niveau des parcelles du chou associé avec 14,536T/ha et le plus faible rendement a été obtenu sur les parcelles du chou pur avec 7,548T/ha (Figure 9). Les résultats de l'analyse de variance indiquent qu'il y a de différence significative entre les moyennes de traitements par rapport au rendement de la culture du chou associé et la culture chou pur avec $p < 0,009$.

IV. DISCUSSIONS

Les populations de *Plutella xylostella* et *Phyllotreta nigripes* n'ont pas été enregistrée sur la culture de niébé permettant de déduire que le niébé a une certaine influence sur ces ravageurs. Les populations de ces deux insectes ont été moins importantes dans le système de culture associé qu'en culture pure de chou. Ces résultats sont semblables à ceux de Jalaou [4] ou l'association d'une plante sensible et d'une plante résistante pourrait réduire la densité de ravageurs sur la plante sensible.

Les populations d'*Aphis craccivora* n'ont pas été enregistré sur les plants de chou en culture monospécifique ou en association. Leur densité élevée sur les plants de niébé montre leur préférence pour cette culture. Selon CSAN Niger, [5] *Aphis craccivora* est le plus important ravageur du niébé dans le monde. C'est un insecte polyphage s'attaquant à plus de 50 espèces de plantes dont pour la plupart celles de la famille des légumineuses (niébé, arachide). Cependant, il peut également s'attaquer à plusieurs espèces de cultures maraîchères (poivron, tomate, pomme de terre, cucurbitacées, gombo), pluviales (arachide, sésame, soja), fruitières (agrumes) et fourragères (luzerne, *Tribulus terrestris*).

Les prédateurs identifiés sur les cultures sont les Coccinellidae, les Fomicidae, leurs densités sont restées faibles dans l'ensemble mais les parcelles abritant la culture de niébé ont enregistré les plus fortes densités. L'abondance des prédateurs particulièrement les coccinelles au niveau de la culture du niébé s'explique par la présence en grand nombre des pucerons leur aliment de préférence.

Le rendement moyen du chou obtenu au niveau de l'association est supérieur à celui de la culture pure

avec respectivement 14,536T/ha pour le chou associé et 7,548T/ha pour le chou pur et selon Machiels [6] de nombreuses études ont montré de meilleurs rendements dans les cultures associées avec des plantes aromatiques résultant de l'émission de composés organiques volatiles (COV) qui induisent un effet sur le comportement des insectes. L'amélioration du rendement du chou peut être dû d'une part à l'amélioration de la fertilité du sol par le niébé et selon Coulibaly [7], l'efficacité des légumineuses est prouvée dans la fixation de l'azote de l'air et dans l'amélioration de la fertilité du sol et d'autre part l'effet de la culture du niébé sur les ravageurs du chou.

V. CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La culture en association est une stratégie durable pour accroître la productivité agricole et maintenir la sécurité alimentaire pour les populations rurales en Afrique subsaharienne. L'étude visait à évaluer l'effet de l'association de la culture du chou et du niébé dans la gestion des insectes ravageurs du chou. Au terme de l'étude nous pouvons conclure que :

- L'association de la culture du chou au niébé a permis de réduire la population des ravageurs majeurs *Phyllotreta nigripes* et *Plutella xylostella*.
- Le niébé est une culture préférentiel d'*Aphis craccivora*, cette préférence peut être un atout dans le choix des cultures de services pour son contrôle sur les espèces de cultures maraîchères attaquées par *Aphis craccivora*.

La pratique a permis d'améliorer le rendement de la culture du chou en association avec 14,536T/ha contre 7,548T/ha pour la culture monospécifique du chou.

L'association des cultures particulièrement le maraichage consommatrice des pesticides chimiques de synthèse constitue une alternative non négligeable dans le développement durable de nos pays. L'étude doit se poursuivre pour comprendre d'avantage les facteurs qui peuvent entraver sa réussite.

REFRENECES

- [1] L. S. M. Yehouenou, Rentabilité financière de la production du chou pommé (*Brassica oleracea*) et du piment (*Capsicum frutescens*) sous filet anti-insectes dans les départements Mono et Couffo., 2011.
- [2] E. Étilé, Pratiques agricoles favorisant la répression des ravageurs des cultures par leurs prédateurs naturels. Agriculture et agroalimentaire, Canada, 2013.
- [3] G. M. Gurr, H. F. Van Emden et S. D. Vratton, «Habitat manipulation and natural enemy efficiency: implications for the control of pests,» chez Conservation biological control, 1998, pp. 155-183
- [4] B. Jaloux, Cultures associées et contrôle des populations de pucerons, mécanismes et perspectives, 2011.



[5] CSAN. Niger, Le Puceron du Niébé (*Aphis craccivora* Koch) : une Menace Sérieuse pour la Culture du Niébé au Niger, Vegnote éd., vol. 02, 2017.

[6] L. Machiels, «Contribution à l'étude de l'effet d'une culture associée entre l'armoise africaine (*Artemisia Afra* Jacq. Ex Willd.) et le chou pomme (*Brassica Oleracea* Var. *Capitata* L.) sur les

ravageurs du chou pomme dans la région de Thies au Sénégal,» 2017.

[7] K. Coulibaly et A. P. K. Gomgnimbou, «Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso,» Afrique SCIENCE , vol. 13, n° 16, pp. 226-235.



Peuplement et régime alimentaire de l'avifaune dans la zone des lacs Débo et Walado Débo du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger

Ibrahima Yattara^{1*}, Yacouba Maïga¹, Bocar Kola Touré¹, Mohamed S. Maïga¹ et Doulaye Dembélé²

¹Faculté des Sciences et des Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

²IGBMC, CNRS UMR 7104 - INSERM U 1258, Université de Strasbourg, France

* Auteur Correspondant : ibrahima_yatt@yahoo.fr

RESUME : Les différentes espèces d'oiseaux qui forment le peuplement de la zone sont nombreuses et très variées. Certains sont résidents (qui sont des oiseaux d'eau et terrestre) et d'autres migrateurs (également des oiseaux d'eau et terrestre). Le site de l'étude était la zone des lacs Débo et Walado Débo (15°N, 4°15'W), qui sont parties intégrantes du site Ramsar du Delta Intérieur du Niger. La zone comporte des écosystèmes divers et une très grande biodiversité. L'objectif de l'étude est d'identifier et connaître le régime alimentaire des différentes espèces d'oiseaux que l'on rencontre dans la zone. Les oiseaux présents dans les différents milieux y trouvent des substances leur servant de nourriture. C'est ainsi qu'au cours de l'étude, à l'aide d'une jumelle, les oiseaux sont observés soit au vol, soit à terre où dans l'eau à la recherche de la nourriture. Le régime alimentaire de ces différentes espèces d'oiseaux est varié. On y trouve des granivores, des piscivores, des carnivores, des insectivores et des omnivores. Les oiseaux terrestres les plus nombreux sont les granivores notamment les *Quelea quelea*, les *Passer luteus* et les *Ploceus cuculatus* et les oiseaux d'eau les plus nombreux sont les *Anatidae*, les *Phalacrocorax africanus*, les *Phiomachus pugnax*, les *Anas querquedula*, les *Bubulcus ibis*, les *Ardea*, les *Egretta*, les *Limosa limosa* et les *Tringa*. Leur préférence alimentaire occasionne une véritable compétition avec les populations locales qui utilisent presque les mêmes substances pour se nourrir. Le régime alimentaire des seuls granivores tels que les *Quelea quelea* est constitué de 71,28 % de riz, de 28 % de mil et 0,72 % de résidus (graines sauvages, feuilles et d'insectes).

Mots clés : Site Ramsar, Avifaune, Granivore, Piscivore, Migrateur

INTRODUCTION

Le Delta Intérieur du Niger ou DIN est reconnu site Ramsar depuis le 1^{er} février 2004. Il est si important pour les populations pratiquant l'agriculture, la pêche, et l'élevage ainsi que les animaux qui y vivent à cause de la diversité et de la richesse de son écosystème. Le secteur primaire (l'agriculture, l'élevage, la pêche) est la première source de croissance de l'économie et occupe plus de 80% de la population. On rencontre dans le milieu des fortes concentrations d'oiseaux dont certains sont résidents et d'autres saisonniers ou migrateurs qui ont des habitats très propices à leur alimentation et reproduction. F. Duhart et al. (1963) ont présenté un inventaire sur l'avifaune du DIN composé de plusieurs espèces dont des résidents et des migrateurs. Le lac Débo et Walado Débo qui constituent la zone de l'étude sont une partie du Delta Intérieur du Niger.

MILIEU D'ETUDE

Le site Ramsar du lac Débo/Walado Débo (15°N, 4°15'W) est une partie intégrante du delta intérieur du fleuve Niger avec une superficie de 1031 km², situé dans les communes rurales du Deboye (Guidio), Bimbéré–Tama (Dogo) et Youwarou. Ses limites sont définies par des limites naturelles telles que le Mayo Dembé (un des bras du fleuve Niger) au sud-est et les collines de Gouraou et de Soroba au

nord-est. C'est une zone à forte concentration d'oiseaux migrateurs et non migrateurs où l'agriculture, l'élevage et la pêche constituent les principales activités des populations qui y vivent. Le climat de type sahélo-sahélien, est caractérisé par une courte saison pluvieuse (3–4 mois par an) et une longue saison sèche (8–9 mois). Les vents dominants sont l'harmattan et la mousson. La végétation est une savane arbustive dominée par les épineux *Acacia seyal*, *A. nilotica*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* avec la strate herbacée dominée par *Panicum laetum*, *Nuphar lutea* et *Echinochloa stagnina*. En plus on rencontre communément *Piliostigma reticulatum*, *Mimosa pigra* et *Vetiveria nigriflora*.

METHODES

Pour l'identification des différentes espèces d'oiseaux et leur régime alimentaire, nous avons utilisé des jumelles pour mieux les observer, des filets de capture et des matériels de dissection de l'appareil digestif pour connaître leur régime alimentaire. Ces différentes observations ont été réalisées pendant la crue du fleuve Niger durant les mois de septembre à novembre 2015. En cette période de l'année on y trouve suffisamment de nourritures pour les oiseaux (graines, poissons, insectes, mollusques...). Pour connaître le régime alimentaire des différentes espèces capturées, des



contenus des appareils digestifs de certains échantillons ont été observés à la loupe.

RESULTATS

Une centaine (100) d'espèces d'oiseaux ont été identifiées durant l'année 2015 entre les mois de septembre et novembre, parmi lesquelles les plus nombreuses sont : les *Ploceidae* (*Quelea quelea*, les *Ploceus cuculatus*), les *Passeridae* (moineaux) , les *Anatidae* (canards, oies dendrocyste), les *Phalacrocorax africanus* (cormorans), les *Phiomachus pugnax* (combattants variés), les *Anas querquedula*, les *Bubulcus ibis* (hérons garde bœuf), les *Ardea* (Héron mélanocéphale, héron pourpré, héron cendré), les *Egretta* (aigrette aigrette, aigrette ardoisée, aigrette gazette), les *Limosa* (barge à queue noire, barge rousse), les *Tringa*, les *Laridae* (mouettes, sternes, goélands), les *Pelecanus onocrotalus* (pélicans blancs). Les observations effectuées sur le régime alimentaire de quelques échantillons de granivores montrent 79,28% de graines dont 71,28 % de riz, de 28 % de mil et 0,72 % de résidus (graines sauvages, feuilles et d'insectes).

Le tableau ci-dessous indique le régime alimentaire de certaines espèces d'oiseaux dont les contenus stomacaux ont été observés.

Espèce	Statut	Régime alimentaire
<i>Quelea quelea</i>	Résident	Granivore
<i>Limosa limosa</i>	Migrateur	Granivore Insectivore
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Phalacrocorax africanus</i>	Résident	Piscivore
<i>Passer luteus</i>	Résident	Granivore
<i>Bubulcus ibis</i>	Résident	Insectivore
<i>Ardea cinerea</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Dendrocyste viduata</i>	Migrateur	Omnivore
<i>Tringa totanus</i>	Migrateur	Insectivore
<i>Phiomachus pugnax</i>	Migrateur	Insectivore Granivore Végétarien
<i>Ardea purpurea</i>	Migrateur	Piscivore, Omnivore
<i>Tringa erythropus</i>	Migrateur	Insectivore
<i>Threskiornis aethiopicus</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Charadrius hiaticula</i>	Migrateur	Insectivore, Vers, Crustacés
<i>Plectropterus gambensis</i>	Migrateur	Omnivore
<i>Charadrius pecurius</i>	Migrateur	Insectivore, Vers, Crustacés

<i>Actaphilornis africana</i>	Résident	Omnivore
<i>Egretta</i>	Migrateur	Insectivore Piscivore Vers Mollusques...
<i>Cerylerudis</i>	Résident	Piscivore
<i>Haliaetusv ocifer</i>	Migrateur	Piscivore
<i>Gypohierax angolensis</i>	Résident, Migrateur	Carnivore
<i>Accipiter melanoleucus</i>	Résident	Carnivore
<i>Columba guinea</i>	Résident	Granivore
<i>Dendrocyste viduata</i>	Migrateur	Granivore
<i>Spatula querquedula</i>	Migrateur	Granivore

ANALYSE DES RESULTATS

Les oiseaux identifiés dans le site d'étude sont soit des oiseaux résidents ou des oiseaux migrants. Parmi les espèces d'oiseaux dont les contenus des appareils digestifs ont été observés et mentionnés dans le tableau ci-dessus, on constate que le régime alimentaire des oiseaux est varié. On y trouve des granivores, des insectivores, des carnivores, des piscivores et des omnivores.

DISCUSSION

La présente étude dans le site Lac Débo et Walado Débo nous a permis d'identifier une centaine d'espèces d'oiseaux dont certains sont aquatiques et d'autres terrestres dont le statut est soit résident ou migrant. Des études effectuées par Kamp et al, 1999, ont montré la présence de 111 espèces d'oiseaux d'eau dans le Delta Intérieur du Niger. L'avifaune comprend des espèces piscivores (Hérons : *Ardea*, cormorans, *Phalacrocorax*, sternes : *Sterna*), des espèces benthivores et omnivores (Echassiers, Ibis), des insectivores (Pluviers : *Charadrius*) et des granivores (canards : *Anas*). Les espèces d'oiseaux présentes dans le site d'étude utilisent pour leur nutrition les mêmes ressources que les populations locales d'où une véritable compétition entre elles sur les besoins alimentaires.

En raison de l'importance de l'eau pour les oiseaux d'eau paléarctiques et afro tropicaux plusieurs auteurs ont étudié les zones de transit pour les espèces d'oiseaux migrants paléarctiques et afro tropicaux notamment les zones humides, entre autres : Dorst, 1962 ; Morel, 1968 ; Weesie, 1996.

Parmi les espèces identifiées, on remarque plus de présence d'oiseaux migrants à cause certainement des conditions favorables pour l'alimentation avec la présence massive de graines, poissons, mollusques, insectes ...



REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Dorst J. (1962) : Considérations sur l'hivernage des canards et limicoles paléarctiques en Afrique tropicale. La Terre et la vie, 1962, N° 2, pp. 183-192.
 F. Duhart et al. (1963) : Extrait de l'oiseau et la revue Française d'ornithologie vol 33, 1963 ; n° spécial.
 Kamp J. Van der, M. Diallo (1999) : Suivi écologique du delta intérieur du Niger : les oiseaux d'eau comme indicateurs .Recensement crue 1998 – 1999. Malpin publication 1999 – 2002. Wetlands

International Sévaré / Altenburg & Wymenga, Weenwouden.

Morel G, (1968) : L'impact écologique de *Quelea quelea* (L.) sur les savanes sahéliennes raisons du pullulement de ce Plocéidé. Terre et la vie 1968-n° à 4, 1988-vol

Weesie PDM, (1996) : les oiseaux d'eau du sahel burkinabé : Peuplement d'hiver, capacité de charges des sites ; Revue Alauda, vol 64, n°3, pp 307-332 (1 p. 1/4).



Production de légumes irrigués avec des eaux usées : connaissance et perception des acteurs de la chaîne de valeur à Bamako, Kati et Baguineda

Sanata Traore*, Fassé Samake¹, Amadou Hamadou Babana¹, Eric W. Cornelius², Gloria L. Essilfie², Abou Kone¹, Mamoutou Bengaly¹, Lassine Doumbia¹, Thimothé A. Dara¹ et Sognan Dao¹

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, FAST, USTTB Bamako, Mali

²Crop Science Department, University of Ghana

*Email de correspondance : sanatatraore21@yahoo.fr

RESUME : Au Mali, les infrastructures d'assainissement urbain inadéquates et inappropriées ont conduit à la formation d'eaux usées non traitées dans les masses d'eau utilisées comme source d'eau d'irrigation pour l'agriculture urbaine et périurbaine (UPA). Les petits exploitants urbains et périurbains à la recherche d'eau d'irrigation et de fumier pour augmenter le rendement des cultures finissent par utiliser l'eau des égouts. L'utilisation d'eaux usées non traitées pourrait avoir des effets négatifs sur la santé publique et l'environnement. Au Mali, les autorités locales n'allouent pas de fonds pour le traitement des eaux usées pour la production de légumes dans les zones urbaines et périurbaines. Le traitement des eaux usées n'est pas une option réaliste et en interdire l'utilisation menacerait de nombreux moyens de subsistance, l'approvisionnement en légumes urbains et l'atténuation de la pauvreté. Cette étude visait donc à évaluer les caractéristiques de la production légumière irriguée à Bamako, Kati et Baguineda. La recherche a été menée dans les fermes de producteurs de légumes, chez les consommateurs et dans les marchés de Bamako, Kati et Baguineda. Quarante questionnaires de chaque type ont été administrés au hasard à chacun des agriculteurs, vendeurs (sur le marché et dans la rue) et consommateurs de Bamako, Kati et Baguineda (120 par site). Le questionnaire a couvert les domaines suivants : démographie des répondants, connaissance des bonnes pratiques agricoles, perception des répondants sur l'utilisation de la production irriguée d'eaux usées, traitement des légumes après la récolte, méthodes de lavage des produits avant consommation, entre autres. Les méthodes agronomiques telles que l'épandage d'eaux usées et de fumier par les maraîchers sur nos sites d'étude (Bamako, Kati et Baguineda) pourraient être une source de contamination biologique et chimique. Cela pourrait mettre en danger la santé des agriculteurs, des vendeurs et des consommateurs de légumes.

Mots-clés : Méthodes agronomiques, agriculteurs, vendeurs, consommateurs, environnement.

I. INTRODUCTION

L'agriculture devient moins bénéfique pour les agriculteurs ruraux d'Afrique de l'Ouest en raison de la rareté des infrastructures d'irrigation, de la gravité et de la persistance du changement climatique, de la dégradation de l'environnement et de la lenteur de l'évolution technologique, entre autres facteurs. Ces défis accélèrent continuellement la migration vers les villes à la recherche d'opportunités sociales et économiques (Henderson *et al.*, 2014 ; UN, 2017). La plupart des agriculteurs des zones urbaines et périurbaines ont des terres limitées et pratiquent donc des systèmes agricoles ciblés sur la production de cultures de grande valeur utilisées dans les régimes alimentaires urbains, en particulier les légumes exotiques. Ces systèmes agricoles connus sous le nom d'agriculture urbaine et périurbaine (AUP), ont évolué dans différentes villes africaines et impliquent plus de 22 millions de personnes dans l'agriculture essentielle à la subsistance et à la génération de revenus (FAO, 2012). La population urbaine impliquée dans l'agriculture urbaine en Afrique est de 50% à Accra (Obosu-Mensah, 2002), 46% au Mali (Banque mondiale, 2015), 80% à Brazzaville, 68% à Dar es Salaam, 45% à Lusaka,

37% à Maputo, 36% à Ouagadougou et 35% à Yaoundé (Veenhuizen, 2006).

Au Mali, l'agriculture et l'élevage jouent un rôle important dans la fourniture d'emplois et de devises et emploient les deux tiers de la main-d'œuvre du pays (FMI, 2015). Ils contribuent à environ 23% des exportations et 40% du produit intérieur brut (Sanogo *et al.*, 2019 ; Dicko *et al.*, 2006) et avait une valeur de croissance annuelle de 6,34% entre 2005-2012 (Banque mondiale, 2015). Bamako est la principale zone urbanisée du Mali (20129558 personnes en 2020) avec 2617686 personnes et une croissance annuelle de 3,36% (ONU, 2020), et ses villes périurbaines comprennent Kati et Baguineda. La production de petits légumes irrigués se fait généralement sur des terres ouvertes le long des ruisseaux, des rivières et des bords de route dans des espaces privés ou publics à Bamako et ses zones périurbaines. À Bamako, le revenu mensuel par agriculteur se situe entre 20 et 200 USD (IWMI, 2002). La laitue est l'un des légumes les plus cultivés (consommés crus) au Mali avec un pourcentage de 69,38% parmi les légumes à feuilles (DRA, 2018) et 30,38% de tous les légumes dont la tomate, la carotte, l'oignon, etc ... (DRA, 2018).



Des infrastructures d'assainissement urbain inadéquates et inappropriées au Mali ont conduit à des eaux usées non traitées se retrouvant dans des plans d'eau utilisés comme source d'eau d'irrigation pour l'UPA. En raison de l'inaccessibilité d'une irrigation propre et du coût élevé des engrais chimiques, les agriculteurs urbains et périurbains finissent par utiliser l'eau de drainage et le fumier animal non traité pour la production. Ils sont également impliqués dans l'utilisation abusive de pesticides pour lutter contre les insectes ravageurs, les agents phytopathogènes et les mauvaises herbes. Les pratiques non conventionnelles affectent négativement la santé de la population et l'environnement. Bien que des méthodes efficaces de traitement des eaux usées pour protéger la santé des parties prenantes et pour guider la mise en œuvre de techniques adéquates de traitement des eaux usées et d'options de gestion de l'eau aient été publiées (OMS, 1989), elles sont impraticables à court et à moyen terme pour les autorités municipales dans la plupart des pays de l'Afrique sub-saharienne en raison du coût élevé.

Le principal problème de santé associé à la production de légumes en Afrique de l'Ouest concerne les maladies bactériennes pathogènes telles que *E. coli* (Amoah *et al.*, 2011). Les helminthes transmis aux plantes par le sol sont également responsables de la plupart des maladies parasitaires prévalentes en Afrique tropicale et subtropicale (Akhlaghi *et al.*, 2013). L'infection aux helminthes en Afrique subsaharienne entraîne des irritations cutanées, des modifications génétiques, des troubles sanguins et nerveux, des tumeurs, des problèmes de système immunitaire et d'infertilité, des difficultés respiratoires, des nausées et des vomissements et des perturbations endocriniennes, entre autres (FMH, 2017; Mdegela *et al.*, 2013; Al-Waili *et al.*, 2012; Hotz *et al.*, 2012; Tebourbi *et al.*, 2011). Kariathi *et al.* (2017) ont montré une forte contamination des tomates par les pesticides en Tanzanie et l'exposition des consommateurs à ces tomates. Des études au Mali et dans d'autres parties de l'Afrique de l'Ouest ont généralement révélé des niveaux élevés de micro-organismes nocifs, de métaux lourds et de résidus de pesticides dans l'eau d'irrigation et les légumes (Samake *et al.*, 2011; Amoah *et al.*, 2011; Faruqi *et al.*, 2004) qui dépassent de loin les normes recommandées établies par l'OMS (ICMSF, 1974). Les contaminants biologiques et chimiques de l'eau pour l'UPA au Mali comprennent le colorant des tissus et les déchets industriels et domestiques qui se déversent directement dans les égouts qui se jettent directement dans les rivières sans recevoir de traitement approprié. Au Mali, peu d'études ont été réalisées sur les caractéristiques de la production de légumes urbains irrigués. Quelques travaux ont été menés au Mali sur les caractéristiques de la production de légumes

irrigués au Mali. La dernière date de 2007 par l'ANSSA. Il est donc nécessaire de mettre à jour les données sur la caractéristique, car il existe un risque de contamination lors de la production, la vente et la consommation de légumes. Et les acteurs de la chaîne de valeur continuent d'utiliser le même mode de production, la vente et la décontamination des légumes avant consommation au fil des années. Cela signifie qu'il y a négligence ou mauvaise connaissance du risque. Cette étude a donc été conçue pour évaluer les connaissances et la perception des acteurs de la chaîne de valeur sur les caractéristiques de la production urbaine de légumes irrigués par les eaux usées à Bamako, Kati et Baguineda. Les résultats contribueront à améliorer les connaissances des agriculteurs, des vendeurs et des consommateurs sur la culture maraîchère au Mali.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La recherche a été menée dans les fermes de producteurs de légumes, chez les consommateurs et dans les marchés de Bamako, Kati et Baguineda. Quarante questionnaires de chaque type ont été administrés au hasard à chacun des agriculteurs, vendeurs (sur le marché et dans la rue) et consommateurs de Bamako, Kati et Baguineda (120 par site). Le questionnaire a couvert les domaines suivants : démographie des répondants, connaissance des bonnes pratiques agricoles, perception des répondants sur l'utilisation de la production inerte d'eaux usées, méthodes de lavage des produits avant consommation, entre autres. Après l'enquête par questionnaire, une discussion de groupe (6-8 agriculteurs) a été organisée dans chaque zone pour préciser les réponses des entretiens individuels.

Trente fermes et marchés dans les trois zones ont été visitées. Les pratiques agricoles et les méthodes de manipulation des légumes irrigués ont été observées et documentées pendant six mois afin de confirmer les informations provenant des discussions des groupes de discussion.

La version 24 du logiciel SPSS a été utilisée pour l'analyse des données. L'association entre les facteurs démographiques sélectionnés et la perception des parties prenantes sur la méthode agronomique sélectionnée, les intrants utilisés et les risques potentiels pour la santé a été déterminée à l'aide du test de Pearson Khi-deux (χ^2). Ce test a également été utilisé pour comparer les variables qualitatives.

RESULTATS

3.1. Pratiques agronomiques et perception des vendeurs et des consommateurs concernant les intrants utilisés et les risques pour la santé associée à la production de légumes en milieu urbain au Mali



3.1.1. Caractéristiques démographiques des répondants

L'analyse générale des parties impliquées a montré que différentes couches étaient impliquées dans la production de légumes irrigués urbains et périurbains sur les trois sites (tableau 1). La majorité des agriculteurs avaient entre 21 et 50 ans et représentaient 75% des agriculteurs à Bamako, 80% à Kati et 75% à Baguineda (tableau 1). Le maraîchage pratiqué par les plus de 50 ans était de 20% à Bamako et Baguineda et de 17,5% à Kati.

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques des répondants (producteurs de légumes urbains) de Bamako, Kati et Baguineda

Paramètre	Bamako (N=40)	Kati (N=40)	Baguineda (N=40)
Age (ans)			
<20	2 (5) ¹	1 (2.5)	2 (5%)
21-30	12 (30)	13 (32.5)	4 (10%)
31-40	11 (27.5)	11 (27.5)	11 (27.5)
41-50	7 (17.5)	8 (20)	15 (37.5)
51-60	1 (2.5)	6 (15)	6 (15%)
>60	7 (17.5)	1 (2.5)	2 (5%)
Male	29 (72.5)	37 (92.5)	31 (77.5)
Femelle	11 (27.5)	3 (7.5)	9 (22.5)
Status litteraire			
Analphabète ²	21 (52.5)	12 (30)	20 (5)
Primaire	13 (32.5)	21 (52.5)	16 (40)
Secondaire	6 (15)	6 (15)	3 (7.5)
Tertiaire	0	1 (2.5)	1 (2.5)
Religion			
Musulmane	34 (85)	33 (82.5)	39 (97.5)
Chretienne	6 (15)	7 (17.5)	1 (2.5)
Autres	0	0	0

¹Nombres entre-parenthèses sont les pourcentages

² N'ont reçu aucune éducation formelle

La majeure partie de la production de légumes irrigués sur les trois sites a été réalisée par des hommes, avec plus de 70% d'hommes contre moins de 12% de femmes. Les analphabètes et les agriculteurs avec un niveau d'instruction primaire représentaient 87,5% des agriculteurs à Bamako, 82,5% à Kati et 90% à Baguineda. La majorité des agriculteurs a été musulmane sur les trois sites.

Soixante-sept pour cent des agriculteurs de Baguineda ont pratiqué la culture maraîchère depuis plus d'une décennie, tandis que ceux de Kati et Bamako ont enregistré 57% et 40% respectivement. La culture de légumes apparaît comme une activité récente à Bamako, où elle est pratiquée à 60% sur des intervalles allant de 1 à 10 ans (tableau 2).

Tableau 2 : Années utilisées par les répondants pour la production de légumes irrigués

Percentage of respondents			
Année (s)	Bamako	Kati	Baguineda
1-5	14 (35)	11 (27.5)	6 (15)
6-10	10 (25)	6 (15)	7 (17.5)
11-15	7 (17.5)	2 (5)	4 (10)
16-20	2 (5)	7 (17.5)	6 (15)
21-25	1 (2.5)	3 (7.5)	4 (10)
>25	6 (15)	11 (27.5)	13 (32.5)

Contrairement à la production, la vente de légumes irrigués par les eaux usées était dominée par les femmes (90% et plus) sur les trois sites (tableau 3). Mais le taux d'alphabétisation et les groupes d'âge des maraîchers et des vendeurs sont restés similaires.

Tableau 3 : Caractéristiques des vendeurs de légumes urbains

Pourcentage de répondants			
Paramètres	Bamako	Kati	Baguineda
Age (années)			
<20	4 (10)	0 (0)	2 (5)
21-30	6 (15)	7 (17.5)	11 (27.5)
31-40	15 (37.5)	10 (25)	14 (35)
41-50	7 (17.5)	12 (30)	12 (30)
51-60	4 (10)	8 (20)	1 (2.5)
>60	4 (10)	3 (7.5)	0 (0)
Genre			
Male	0 (0)	1 (2.5)	4 (10)
Femelle	40 (100)	39 (97.5)	36 (90)
Status litteraire			
Analphabète ¹	34 (85)	27 (67.5)	22 (55)
Primaire	2 (5)	10 (25)	13 (32.5)
Secondaire	3 (7.5)	3 (7.5)	4 (10)
Tertiaire	1 (2.5)	0 (0)	1 (2.5)
Religion			
Musulmane	38 (95)	36 (90)	40 (100)
Chretienne	2 (5)	4 (10)	0 (0)
Autres	0 (0)	0 (0)	0 (0)

¹N'ont reçu aucune éducation formelle

3.1.2. Disponibilité des éléments nutritifs

Les maraîchers ont connu généralement le contenu en nutriments des eaux usées utilisées dans la production maraîchère et ne l'ont pas pris en compte lors de l'utilisation de fumier ou d'engrais.

3.1.3 Les eaux usées en tant que source d'eau fiable



La majorité des maraîchers des trois sites (85% à Bamako, 77,5% à Kati et 79,5% à Baguineda) ont eu recours aux eaux usées comme source d'eau pour la production de légumes.

Les agriculteurs de Baguineda ont signalé que même pendant les périodes les plus sèches de l'année, lorsqu'il n'y a plus d'eau dans le barrage et que les puits sont secs, les eaux usées sont toujours disponibles pour la production de légumes.

3.1.4. Pratiques agronomiques en vigueur

Types de cultures cultivées par les producteurs de légumes irrigués

Les agriculteurs des trois sites cultivaient des légumes à feuilles exotiques et indigènes (tableau 4). La laitue (*Lactuca sativa*), la tomate (*Solanum lycopersicum*), le concombre (*Cucumis sativus*), l'échalote (*Allium cepa*), les patates douces (*Ipomoea batatas*), les pommes de terre (*Solanum tuberosum*), les patates douces (*Ipomoea batatas*), les patates douces (*Solanum tuberosum*), le persil (*Petroselinum crispum*), le céleri (*Apium graveolens*), l'aubergine africaine (*Solanum macrocarpon*), l'aubergine (*Solanum melongena*), le chou (*Brassica oleraria*), oignons nouveaux (*Allium cepa*), les poivrons (*Capsicum annuum*), les carottes (*Daucus carota*), les navets (*Brassica rapa*), le gombo (*Hibiscus esculentus*) et la betterave (*Beta vulgaris*).

La laitue, la tomate, l'oignon, l'aubergine africaine et le céleri étaient les plus cultivés.

La plupart des jardiniers de Bamako cultivaient plus de laitue (80% en saison des pluies et 97,5% en saison sèche) que de tomates (2,5% en saison des pluies et saison sèche). Cependant, la tomate était largement cultivée à Kati au cours des deux saisons (72,5%). Dans le cas des maraîchers de Baguineda, les oignons étaient les plus cultivés en saison sèche (92,3%) et les aubergines africaines en saison des pluies (33,3%).

Cycle de culture annuel

La plupart des agriculteurs pratiquaient le jardinage toute l'année autour des trois sites. Quatre-vingt pourcent des agriculteurs à Bamako, 97,5% à Kati et 53,8% à Baguineda cultivaient des légumes pendant la saison des pluies et 100% à Bamako et 99% à Kati et Baguineda pendant la saison sèche.

3.1.5. Pratiques d'irrigation

Source d'eau d'irrigation

Les maraîchers de Bamako et de Kati utilisaient de l'eau provenant de différentes sources non traitées pour irriguer leurs cultures (figure 1). L'eau de puit était la principale source d'eau pour l'irrigation à Bamako et Kati (respectivement 85% et 92,5%). Les agriculteurs de Baguineda ont utilisé de l'eau provenant de l'irrigation via le barrage des canaux d'irrigation (100%). L'eau de drainage aboutit directement dans la rivière sans recevoir de traitement. Peu d'agriculteurs à Bamako (2,5%) et

Kati (5%) utilisaient l'eau de drainage pour l'irrigation pendant la saison sèche.

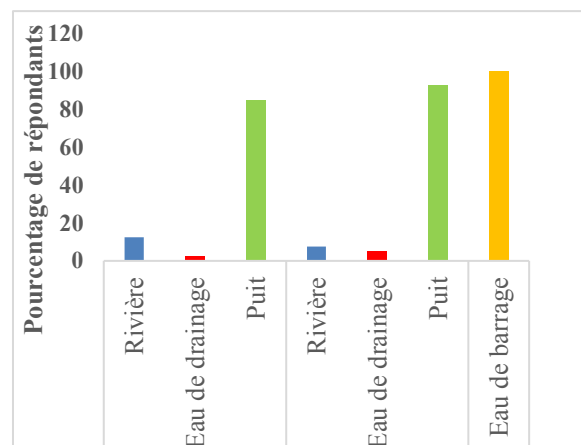


Figure 1 : Source d'eau d'irrigation utilisée par les producteurs de légumes à Bamako, Kati et Baguineda (n = 40)

Méthodes d'irrigation utilisées

Les arrosoirs sont largement utilisés à Bamako (75%) par rapport à Kati et Baguineda (22,5% et 17,8% respectivement). Cependant, les moteurs pompe sont plus utilisés à Kati et à Baguineda (72,5% à Kati et 76,85% à Baguineda respectivement) qu'à Bamako (10%).

Aucun des agriculteurs des trois sites n'utilisait l'irrigation par aspersion ou par sillon pour la production de légumes. L'utilisation du tuyau d'arrosage était pratiquée par 10% des agriculteurs de Bamako et 5% des Kati. Les méthodes d'irrigation des agriculteurs étaient indépendantes des cultures et des sources d'eau.

Irrigation des cultures le jour de la récolte

Tous les maraîchers de Bamako (100%), 55% de Kati et 90% de Baguineda ont irrigué leurs cultures le jour de la récolte (figure 2).

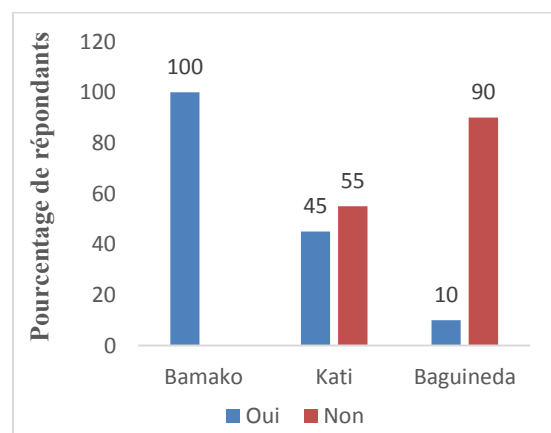


Figure 2 : Irrigation des cultures le jour de la récolte par les maraîchers à Bamako, Kati et Baguineda

3.1.6. Application de fumier et de pesticides

L'épandage de fumier



La bouse de vache (BV), le fumier de volaille (FV), le NPK (engrais inorganique) et les déchets d'ordure tamisés sont les principaux nutriments utilisés par les maraîchers des trois sites. De 1,25% à 66,25% des agriculteurs de Kati ont utilisé le NPK pour cultiver de la laitue, des tomates, des oignons, des aubergines africaines et du céleri. En revanche, 1,25% à 58,75% des personnes utilisaient de la bouse de vache dans la même localité (tableau 5). La proportion de maraîchers qui utilisaient la bouse de vache était bien inférieure à celle de Baguineda (32,5%) et moyenne à Bamako (57,5%) par rapport à Kati (58,75%).

Seuls 2,5% à 5% des maraîchers de Bamako utilisaient des ordures tamisées pour la production de légumes. L'utilisation de déchets tamisés pour la production de légumes est légèrement plus élevée à Baguineda (1,25% à 17,5%). Toutefois, à Baguineda, un nombre important d'agriculteurs ont utilisé du fumier de volaille pour la tomate et l'aubergine africaine (12,5%) en plus de l'oignon (13,75%).

Quatre-vingt-quinze pourcents des producteurs de légumes irrigués à Bamako et 100% à Kati et Baguineda utilisaient différents types de pesticides. Les insecticides étaient les plus appliqués par les agriculteurs sur trois sites. La plupart des insecticides utilisés appartiennent à la classe de danger II de l'OMS, qui les considère modérément dangereux. Le lambda-cyhalothrine était la plus utilisée par les agriculteurs de Bamako (100%), Kati (60%) et Baguineda (55%) ont appliqué des insecticides sur les cultures. La plupart des herbicides, nématicides et fongicides utilisés appartenaient à la catégorie de risque III. Les agriculteurs de Bamako, Kati et Baguineda ont appliqué moins d'herbicides dans la récolte. Les agriculteurs de Baguineda n'ont pas appliqué de fongicides.

Protection lors de l'application de pesticides

Les maraîchers utilisaient rarement des équipements de protection individuelle (EPI) pour appliquer des pesticides à Bamako et dans ses sites périurbains. Cinquante pourcents des répondants à Bamako, 45% à Kati et 35,9% à Baguineda ne portaient rien pour se protéger des dangers potentiels associés à l'application de pesticides. Parmi ceux qui utilisaient des équipements de protection individuelle, seulement 2,5% à Kati et 7,5% à Bamako et Baguineda portaient des gants lors de l'application de pesticides.

3.1.7. Traitement des légumes par les vendeurs d'aliments et les consommateurs avant consommation

Les principales méthodes utilisées consistaient à laver le légume dans un bol d'eau, une solution d'eau de Javel, une solution de permanganate de potassium, une solution de sel et une solution de

vinaigre. Les solutions de lavage à l'eau de javel étaient largement utilisées sur tous les sites (86,8% des vendeurs et des consommateurs à Bamako, 85% à Kati et 72,5% à Baguineda avaient utilisé une solution d'eau de javel (tableau 7). La durée de contact avec le nettoyage variait considérablement (de 1 à 15 minutes) parmi les répondants.

3.1.8. Perception et sensibilisation des vendeurs et des consommateurs aux risques liés à l'utilisation des eaux usées et autres intrants dans la production de légumes

Perception des vendeurs de produits

Plus de la moitié des vendeurs à Bamako (60%) ont déclaré que l'utilisation des eaux usées pour la culture de légumes était dangereuse pour la santé des vendeurs et des consommateurs. Cependant, 40% ont confirmé que l'irrigation des légumes avec des eaux usées n'avait pas d'incidence sur la santé de ces dernières. Des résultats similaires ont été enregistrés à Kati (37,5%) et à Baguineda (47,5%).

En ce qui concerne la question du plus grand risque pour la santé des intrants agricoles, 50% des répondants de Bamako, 32,5% de Kati et 25% de Baguineda ont cité une eau de mauvaise qualité (tableau 8). Peu de répondants des trois sites (12,5% à Bamako, 14,71% à Kati et 10% à Baguineda) ont attribué un risque pour la santé à l'utilisation de fumier. Comme observé à Kati et à Baguineda, il n'y avait pas d'association ($\chi^2 = 0,852$ and $P = 0,653$) entre le niveau d'alphabétisation des vendeurs à Bamako et le risque potentiel pour la santé attribuable à certains intrants agricoles.

Table 8 : Opinion des répondants sur les informations qui posent le plus grand risque pour la santé

	Pourcentage de répondants		
	Bamako	Kati	Baguineda
Pas Idée	37.5	15	22.5
Fumier	12.5	14.71	10
Mauvaise eau	50	32.5	25
Pesticides	0	37.5	42.5

3.1.9. Perception et sensibilisation des consommateurs aux sources de risque

Les consommateurs en général (plus de 90%) des trois sites achètent leurs légumes sur les marchés. Beaucoup d'entre eux ont plus d'un endroit pour acheter des légumes. Quelques répondants ont acheté dans des épiceries en bordure de route, sauf à Kati (57,5%). 27,5% et 65% des consommateurs respectivement de Kati et de Baguineda ont tiré leurs légumes de la ferme. La plupart des consommateurs (92,5% à Bamako, 95% à Kati et 85% à Baguineda) n'ont pas demandé la source du légume aux vendeurs avant de l'acheter.



Les consommateurs de Kati et de Baguineda ont attribué à la santé un risque de pesticides plus élevé que les deux autres intrants (figure 3). L'utilisation d'une mauvaise eau fut considérée comme la plus risquée à Bamako (38,89%). Les répondants à

Baguineda (30%) et à Bamako (38,89%) ont déclaré que les eaux usées posaient plus de risques pour la santé des consommateurs que celles de Kati (28,21%).

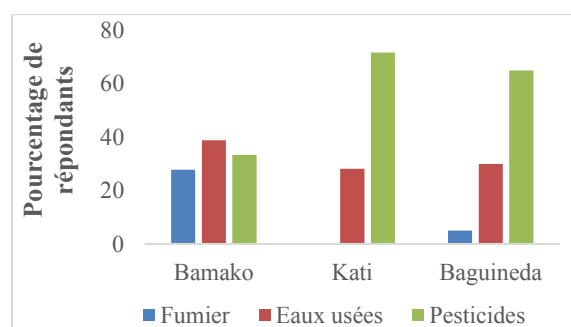


Figure 3 : Opinion des consommateurs sur l'utilisation de fumier, de mauvaise eau et de pesticides

Table 5 : Source de nutriments utilisés pour la production des légumes à Bamako, Kati et Baguineda

Sites	Nombre	Fertilisant	Pourcentage de maraichers cultivant les cultures				
			Laitue	Tomate	Oignon	Aubergine africaine	Céleri
Bamako	40	NPK	62.5	2.5	2.5	11.25	47.5
		FV	5	0	0	2.5	1.25
		BV	57.5	2.5	5	11.25	42.5
		DO	5	0	0	0	2.5
Kati	40	NPK	1.25	66.25	38.75	11.25	47.5
		FV	0	7.5	0	2.5	1.25
		BV	1.25	58.75	36.25	11.3	17
		DO	0	11.3	2.5	0	2.5
Baguineda	40	NPK	1.25	36.25	40	26.25	2.5
		FV	1.25	12.5	13.75	12.5	1.25
		BV	0	32.5	35	22.5	2.5
		DO	0	5	17.5	15	1.25

FV=fumier de volaille ; BV = bouse de vache ; DO = Déchets d'ordure et NPK = azote, phosphore et potassium (engrais industriel)
Sommes supérieures à 100% dues à plusieurs applications

Table 7 : Méthodes de lavage des légumes pratiquées à Bamako, Kati et Baguineda

Méthodes de lavage des légumes	Pourcentage de répondants		
	Bamako	Kati	Baguineda
Eau de puits ¹ sans désinfectant	2.6	5	2.5
Solution javalisée	86.8	85	72.5
Solution de permanganate de potassium	10.5	2.5	2.5
Solution saline	0	7.5	22.5

¹Dans un bol



Table 6 : Pesticides mentionnés / utilisés par les agriculteurs dans la production légumière irriguée

			Pourcentage de répondants utilisant les pesticides		
Danger chimique					
Nom de la branche	Ingredient actif	Categories (OMS)	Bamako	Kati	Baguineda
Insecticides					
Lamda Super 2.5 EC	Lamda cyhalothrin	II	100	60	55
K optimal	Lamda cyhalothrin	II	PM	2.5	32.5
	Acetomopride				
Alligator 400 EC	Pendiméthaline	III	PM	PM	5
Decis 25 EC	Deltamethrine	II	PM	PM	25
Emacot 019 EC	Emamectine benzoate	II	2.5	25	2.5
Sultan	Chlorpyriphos-éthyl	II	PM	PM	2.5
Emapyr	Emamectine benzoate	III	PM	12.5	2.5
	Pyriproxyphene				
Kahira	Emamectin benzoate	III	PM	5	PM
Fariman	Profenofos	II	PM	2.5	PM
Thian 175 O-TEQ	Flubendiamide	II	PM	2.5	PM
	Spirotetramate				
Méthaldéhyde 6% Gr	Méthaldéhyde	II	7.5	PM	PM
Savahaler	Methomyl	I	10	PM	20
Herbicides					
Rondol	Atrazine				
	Glyphosate	III	15	2.5	7.5
Roundup	Glyphosate	III	PM	PM	2.5
Nematicides					
Furadan	Carbofuran	III	17.5	27.5	17.5
Fongicides					
Diathane	Mancozeb	III	2.5	7.5	PM
	Cypermehrine				
Attakant 344 SE	Imidachlonride	II	7.5	17.5	PM

PM = Pas mentionné

IV. DISCUSSION

Les résultats de l'enquête ont montré que le maraîchage dans les zones urbaines et périurbaines de Bamako est pratiqué par différents groupes d'âge, en particulier les jeunes (21-50 ans). Notre résultat est cohérent avec ceux de différents chercheurs (Kanga et al., 2016 ; Dreschel & Keraita, 2014; Dreschel *et al.*, 2006). Les activités génératrices de revenus étant plus nombreuses à Bamako qu'à Kati et Baguineda, les jeunes de Bamako ont de fortes chances d'obtenir un autre emploi que celui de la culture maraîchère.

Le maraîchage dans les trois sites a été fait principalement par des hommes (72%) contre peu de femmes (7.5%). Ceci est cohérent avec d'autres rapports au Mali, en Afrique de l'Ouest et ailleurs (Kanga *et al.*, 2016; Dreschel & Keraita, 2014;

ANSSA, 2008; Drechsel *et al.*, 2006). Toutefois, cette annonce ne correspond pas aux études menées dans certains pays d'Afrique de l'Est et dans le monde en général, qui ont montré que l'agriculture urbaine est dominée par les femmes. Des études menées en Gambie, en Sierra Leone ont montré que respectivement 90% et 65% des agriculteurs étaient des femmes (Dreschel *et al.*, 2006, Veenhuizen, 2006). Le mélange d'espaces ouverts, de terres cultivées et de traditions différentes dans les études sur l'agriculture urbaine conduit à cette contradiction.

Le maraîchage, pratiqué à Bamako et dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, dans des zones irriguées à ciel ouvert (avec un recours intensif à l'arrosoir) nécessite une grande quantité d'énergie fournie par les petits exploitants. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles ce travail est effectué par des



hommes plutôt que par des femmes. Pendant l'irrigation, les maraîchers se déplacent pour la plupart sur de longues distances et plusieurs fois en transportant deux arrosoirs pesant chacun 15 kg. De plus, les femmes ne peuvent pas se battre pour des terres dans les villes. Beaucoup de femmes ne possèdent pas de terres à Kati et à Baguineda. Ils reçoivent une petite parcelle sur le terrain pour faire du jardinage afin de subvenir à leurs petits besoins, surtout pendant la saison sèche, lorsqu'il n'y a pas beaucoup d'activités agricoles. Souvent, ils aident aussi leur mari sur le terrain ou n'ont même pas accès à la terre. De plus, les femmes maliennes ont d'énormes compétences dans la distribution et la vente de légumes, elles ont donc préféré ne pas être trop impliquées dans la production des légumes.

Le maraîchage dans les zones urbaines et périurbaines de Bamako fut pratiqué par des agriculteurs de différents niveaux d'éducation, principalement des analphabètes et des personnes peu instruites. Ce résultat confirme les informations révélées par d'autres études (USAID, 2015; Dreschel & Keraita, 2014; ANSSA, 2007).

Le maraîchage est particulièrement nouveau à Bamako par rapport à Kati et Baguineda. La production de légumes à Bamako est davantage axée sur la culture de la laitue, du céleri et des légumes à feuilles. Celle de Kati et de Baguineda, quant à elle, est axée sur la tomate, l'oignon, l'aubergine africaine, etc... Cela s'explique par le fait qu'une grande partie des légumes produits à Kati et à Baguineda sont vendus à Bamako et peuvent donc être conservés longtemps (durant le temps pendant le voyage) plus que pour les légumes à feuilles. La laitue consommée crue peut mettre en danger la santé du consommateur. Les méthodes de production ainsi que les pratiques de nettoyage dans les ménages sont à la source de risques potentiels pour la santé. Les agriculteurs de Kati et de Baguineda produisent en général des légumes-feuilles destinés à la consommation familiale. La portion restante est à vendre. Les types de légumes cultivés varient selon les sites. Par exemple, la majorité des agriculteurs de Bamako produisent de la laitue, tandis que ceux de Kati se concentrent davantage sur la culture de tomates et d'aubergines africaines que d'autres légumes. La récolte d'oignons de Baguineda est supérieure aux autres légumes, en particulier pendant la saison sèche. Cette différence de culture est due aux différents types de sol sur les sites et aux bénéfices obtenus par les agriculteurs après la récolte.

Certains maraîchers de Kati et de Baguineda ont cultivé des céréales (souvent destinées à la consommation familiale) telles que le riz, le millet, le maïs ou le sorgho, ainsi que moins de légumes pendant la saison des pluies. Bien que la saison des pluies puisse durer jusqu'à cinq mois, cette pratique

n'est pas fréquente à Bamako, où les agriculteurs dépendent de cultures rapides à revenu élevé et non de celles destinées à la consommation domestique.

Les producteurs de légumes irrigués se sont procurés de l'eau provenant de sources polluées (eau de puits, rivière, barrage ou drainage) et l'appliquent directement sur les légumes provenant d'arrosoirs ou de moteurs pompe. Les légumes ont été principalement arrosés le jour de la récolte ou juste avant la récolte par les maraîchers. Cela augmenterait probablement la contamination des légumes et mettrait en danger la santé des maraîchers (qui n'utilisent pas d'équipement de protection) et des consommateurs. Les méthodes recommandées pour réduire la contamination sont souvent difficiles à appliquer pour de nombreuses raisons. Arrêter l'irrigation des légumes plusieurs jours avant la récolte est un bon moyen de réduire leur contamination par des agents pathogènes (Vargas *et al.*, 1996). Cependant, ceci est difficile à mettre en œuvre, en particulier pour les cultures fraîches (la laitue par exemple), qui perdent en quantité et en qualité lorsqu'elles sont déshydratées. En outre, les méthodes d'irrigation limitées sont coûteuses et inaccessibles à la plupart des agriculteurs (WHO, 2006).

La culture de légumes pourrait être une source de contamination (Adjagodo *et al.*, 2016). La bouse de vache était le compost le plus utilisé sur les trois sites. C'est souvent une source de contamination microbiologique et parasitaire (Khan *et al.*, 2017; Atidéglà *et al.*, 2016; Samaké, 2011; ANSSA 2007).

Les résultats de l'enquête ont montré une utilisation importante de pesticides dans les cultures maraîchères sur les sites d'étude. Une étude de l'ANSSA (2007) a révélé que l'utilisation abusive de pesticides variait d'une zone agroécologique à l'autre au Mali. La surutilisation de pesticides contamine les cultures tout en s'accumulant, dépassant les normes recommandées. Dia (2017) and Samaké *et al.* (2011) ont signalé la présence de résidus de pesticides dans les produits maraîchers. Les pesticides organochlorés sont considérés comme des polluants organiques persistants dangereux pour la santé humaine et l'environnement en raison de leur potentiel de bioaccumulation et constituant une menace pour les consommateurs. Ils peuvent être à l'origine de cancers, de malformations congénitales et de troubles hormonaux. La majorité des pesticides figurant sur la liste mondiale des pesticides autorisés par le Comité des pesticides sahéliens (version de mai 2018).

De nombreux vendeurs à Bamako, Kati et Baguineda ont condamné l'utilisation des eaux de surface polluées pour la production de légumes. Ceci est cohérent avec les études faites de Traoré *et al.* (2013) et Samaké *et al.* (2011). Certains vendeurs



à Bamako ont constaté que certains consommateurs conscients de l'utilisation de l'eau polluée dans la production de légumes refusaient de l'acheter. Sans l'utilisation d'eau polluée, le maraîchage à grande échelle à Bamako ne sera possible que pendant la saison des pluies, ce qui entraînerait une réduction drastique de l'offre de légumes exotiques provenant des marchés urbains. Selon ces vendeurs à Bamako, les eaux polluées représentent le risque le plus élevé et pour ceux de Kati et de Baguineda, ce sont les pesticides parmi les intrants agricoles. Peu de vendeurs sur les trois sites ont attribué le risque pour la santé au fumier organique. Cette affirmation n'est pas surprenante, car les Maliens ne lient pas souvent les maladies au fumier organique, mais plutôt à l'eau sale, quelles que soient leurs sources.

Tous les consommateurs ont lavé leurs légumes avant consommation. Cette remarque est importante et suggère que l'un des meilleurs points d'entrée où des stratégies de réduction des risques pour la santé pourraient être appliquées serait la dernière étape avant la consommation. Les vendeurs et les consommateurs de légumes ont déclaré que la fraîcheur des légumes avait une influence sur leur décision d'acheter et non sur la provenance. Les consommateurs ont demandé rarement l'origine des légumes car ils ignorent les risques pour la santé. Et aussi, selon eux, les vendeurs ont lavé les légumes avant de les afficher sur les étagères. Les légumes ont été encore lavés par les consommateurs avant leur utilisation dans la préparation des repas.

V. CONCLUSION

- Les méthodes agronomiques telles que l'épuration des eaux usées et du fumier par les maraîchers de nos sites d'étude (Bamako, Kati et Baguineda) pourraient être une source de contamination biologique et chimique.
- Les contaminations biologiques et chimiques pourraient mettre en danger la santé des agriculteurs, des vendeurs et des consommateurs de légumes.
- Les perceptions des parties prenantes peuvent servir de base à des méthodes adéquates de réduction des risques.
- Les méthodes locales pourraient constituer un point d'accès à la réduction et à la gestion des risques.

VI. SUGGESTION

Pour maintenir le maraîchage, de nouvelles mesures doivent être prises et orientées vers une intensification de la production, suivie de la sécurisation des terres agricoles dans les zones urbaines et périurbaines.

Pour assurer la sécurité sanitaire des consommateurs des produits du marché, les propositions suivantes ont été faites :

- Les produits doivent être soigneusement désinfectés et lavés avant leur mise sur le marché.
- Les consommateurs doivent également désinfecter ou laver les produits maraîchers avant de les consommer.
- Les autorités doivent être impliquées dans le soutien des agriculteurs à la fois sur le plan logistique (surfaces cultivables) et en termes d'acquisition d'intrants.
- Des sessions de formation aux bonnes pratiques de maraîchage devraient être organisées périodiquement dans l'intérêt de tous les agriculteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adjagodo, A., Agassounon, D., Tchibozo, M., Ahouangnivo, N.C. K., & Lawani, R. (2016). Flux des polluants liés aux activités anthropiques et risques sur les ressources en eau de surface à travers le monde (synthèse bibliographique). *Larhyss Journal*, 28, 7-23.

Agence Nationale pour la Sécurité Sanitaire des Aliments ANSSA (2008). Rapport du projet AAP N°002007/ANSSA. Evaluation de la qualité sanitaire des produits maraîchers cultivés dans la zone périurbaine et urbaine de Bamako.

Akhlaghi, L., Mafi, M., Oormazdi, H., Reza, M.A., Shirbazou, S. & Tabatabaie, F. (2013). Survey of parasitic infections of consumed vegetables in Ahwaz city. *Annals of Biological Research*, 4(8), 22-26.

Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A., & Ansari, M. J. (2012). Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: human health hazards. *Science World Journal*, 9p.

Amoah, P., Keraita, B., Akple, M., Drechsel, P., Abaidoo, R. C., & Konradsen, F. (2011). Low cost options for health risk reduction where crops are irrigated with polluted water in West Africa. *IWMI Research Report Series 141*. Colombo.

Atidéglá, S. C., Huat, J., Agbossou, E. K., Saint-Macary, H., & Kakai, R. G. (2016). Vegetable Contamination by the Fecal Bacteria of Poultry Manure: Case Study of Gardening Sites in Southern Benin. *International Journal of Food Science* Volume 2016 |Article ID 4767453 | 8 pages | <https://doi.org/10.1155/2016/4767453>.

Coulibaly B. (2002). Gardening in Bamako: In Search of a habitat lost. traditional agriculture. In *THE RISE: National Newspaper of the Mali Information*. <http://www.essor.gov.ml/cgi-bin/view>.



Dia, S. (2017). Contrôle de la qualité bactériologique et toxicologique de la laitue vendue en commune I du district de Bamako, *Mali [thèse de DEA]*. Bamako, Mali : Faculté des Sciences et Techniques.

Direction Régionale du District de Bamako : DRA /DB (2018). *Rapport Bilan Campagne agricole*.

Drechsel, P., Graefe, S., Sonou, M., & Cofie, O.O. (2006). Informal irrigation in urban West Africa: an overview. *Research Report 102, IWMI, Colombo, Sri Lanka*.

Dreschel, P., & Keraita, B. (2014). Irrigated Urban Vegetable Production in Ghana: Characteristics, Benefits and Risk Mitigation. *Second Edition*. p. 249. International Water Management Institute (IWMI). Retrieved from: www.iwmi.org. Food and Agriculture Organization FAO (2012). Growing greener cities in Africa. *First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa*. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization.

Faruqui, N.I., Redwood, & Niang, S. M. (2004). Untreated wastewater uses in market gardens; a case study of Dakar, Senegal. In: Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities (eds CScott, NIFaruqui & LRaschid). *IWMI-IDRC-CABI, Wallingford*, 113-125.

Federal Ministry of Health FMH (2017). *Nigeria master plan for neglected tropical diseases (NTDs) 2013-2017*, Abuja: Federal Ministry of Health. 142, 9.

Henderson, J.V., Storeygard, A., & Deichmann, U. (2014). 50 years of urbanization in Africa: Examining the role of climate change. 44p

Hotz, C., Loechl, C., Lubowa, A., Tumwine, J. K., Ndeezi, G., Nandutu, M.A., Baingana, R., Carriquiry, A., Brauw, A., Meenakshu, J.V., & Gilligan, D.O. (2012). Introduction of β -carotene-rich orange sweet potato in rural Uganda resulted in increased vitamin A intake among children and women and improved vitamin A status among children. *Journal of Nutrition*, 142:1871-1880.

International Commission on Microbiological Specifications for Food ICMSF (1974). Microorganisms in foods. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. University of Toronto Press, Toronto, 504, 19.

International Monetary Fund IMF (2015). Mali Selected Issues. *IMF Country Report N° 15/340*. Retrieved from: <http://www.imf.org>.

Kamga, R., Salibo Some, S., Tenkouano, A., Issaka, Y.B., & Ndoeye, O. (2016). Assessment of traditional African vegetable production in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 8(8), pp. 141-150. <http://www.academicjournals.org/JAERD>.

Kariathi, V., Kassim, N., & Kimanya, M. (2017). Risk of exposures of pesticide residues from tomato in Tanzania Review. *African Journal of Food Science*, 11(8) pp. 255-262.

Khan, M. N., Mobin, M., Zahid, A., Alamri, S. (2017). Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater. *Encyclopedia of the Anthropocene*. DOI:10.1016/B978-0-12-409548-9.09888-2. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409665-9.09888-8>.

Mdegela, R.H., Mosha, R.D., Ngowi, H.A., & Nonga, H. (2013). Environmental and Health Impacts Associated with Usage of Agrochemicals in Mindu Dam Catchment Area, Morogoro, Tanzania, 15(0856):18.

Obosu-Mensah, K. (2002). Changes in official attitudes urban agriculture in Accra. *African Studies Quarterly*, 6(3), pp. 19-32.

Olufunke, O.C., Veenhuizen, R., & Dreschel, P. (2003). Contribution of urban and peri-urban agriculture to food security in Sub-saharan Africa. *Africa session WWF* (third edition). International Water Management Institute (IWMI), Ghana Office, Accra.

Samaké, F., Babana, A. H., Yaro, F., Cissé, D., Traoré, I., Kanté, F., Koné, S., Diallo, S., Touré, O., Sacko, Mr., & Iknane, A. G. (2011). Sanitary risks related health risks for consumption of vegetable crops grown in urban and suburban area of Bamako. *Mali Public Health*, volume 33-40.

Tebourbi, O., Rhouma, K. B., & Sakly, M. (2011). *Pesticides in the Modern World - Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity*. Assessment INTECH. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.5772/17952>.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects. *The 2017 Revision*. New York: United Nations.

Traore S., Samaké F., AH Babana, Traoré D., Y. Sanogo, Maiga K., 2013. Evaluation of the effectiveness of bleach on microbial population of lettuce. *Scientific Journal of Microbiology* (2013) 2 (9)



United States Agency for International Development USAID (2015). *USAID Office of Food Security Desk Review for Mali*, FY2015-FY2019.

Vaz da Costa Vargas, S., Bastos, R.K.X., & Mara, D.D. (1996). *Bacteriological Aspects of Wastewater Irrigation* (TPHE Research Monograph N°. 8). University of Leeds (Department of Civil Engineering) Leeds, England. Veenhuizen van, R. (2006). *Cities Farming for the Future, Urban Agriculture for Green and Productive Cities*. *RUAF Foundation, IDRC and IIRR*.

WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water. *Wastewater use in agriculture*, 2, p. 219.

WHO (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. *Technical Report Series N°. 778 of WHO Scientific Group*. Geneva, World Health Organization, 1989 (WHO).

United Nations (2018). World Population Review. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects: The 2015 Revision*. (Medium-fertility variant). Retrieved from <http://www.Worldometers.info>.



Evaluation de la biomasse et de la valeur bromatologique du tapis herbacé le long des pistes de transhumance en zone guinéenne nord du Mali: cas des terroirs de Dialafara et de Faraba dans le cercle de Kéniéba

Daouda Konaré^{*1}, Moussa Karembe¹ et Lassine Coulibaly²

¹Laboratoire d'Écologie Tropicale, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies, Bamako, Mali

²Institut d'Économie Rurale, Bamako, Mali

*Correspondant : daoudakonare67@gmail.com

RÉSUMÉ : Au Mali, l'élevage occupe une place importante dans l'économie du pays. Il contribue pour 13% à la formation du produit intérieur brut (PIB) et représente jusqu'à 40% de la part du secteur primaire. Il est fondé sur le système extensif. Sous l'effet conjugué des aléas climatiques, les pâturages ne peuvent plus se régénérer correctement. L'amplitude des mouvements des éleveurs transhumants est devenue plus importante et les séjours dans les zones d'accueil deviennent de plus en plus longs. C'est le cas des communes de Dialafara et Faraba dans le cercle de Kéniéba qui sont devenues ainsi des zones de concentration des pasteurs sahéliens. Ainsi, cette étude vise à caractériser l'état actuel des parcours naturels en termes de diversité floristique, de productivité et de valeur nutritive des pâturages. Pour ce faire, il a été réalisé des inventaires floristiques, l'évaluation de la biomasse et des analyses bromatologiques des échantillons au Laboratoire. Les relevés phytocécologiques ont permis d'inventorier 75 espèces herbacées, réparties en 53 genres, relevant de 24 familles. La prolifération des espèces herbacées envahissantes a été observée. La biomasse sèche herbacée variait de 2 à 4 tonnes et était plus importante dans les formations ripicoles que dans les savanes arborées denses. Les capacités de charge calculées étaient faibles et varient en fonction du type de sol, avec respectivement 0,48 UBT/ha/6mois sur les sols cuirassés contre 1,29 UBT/ha/6mois dans les plaines argileuses. Les analyses bromatologiques ont permis de montrer que les fourrages étaient pauvres en azote (2,75 à 4,25 %), en calcium (0,05 à 0,26%) et en phosphore (0,12 à 0,39%). Cependant, les teneurs en composés ligno-cellulosiques, facteurs limitant la digestibilité étaient élevées (36,82 à 48,74%). Il ressort de cette étude que malgré la diversité floristique importante des parcours, la production de biomasse herbacée et les capacités de charges sont faibles. Les pâturages sont caractérisés par la prolifération des espèces herbacées envahissantes. De plus, les fourrages analysés étaient déficitaires tant en azote, en calcium ainsi qu'en phosphore. Compte tenu des résultats obtenus, si les parcours naturels de la zone d'étude doivent toujours être ouverts aux transhumants, il faut que le système de leur utilisation change. L'élaboration d'un plan de gestion intégrée à travers la participation des communautés locales et d'autres acteurs, l'enrichissement des parcours par des plantations et l'ensemencement des herbacées de bonne valeur fourragère est aujourd'hui une nécessité en vue d'une gestion durable des ressources naturelles.

Mots-clés : Transhumants, capacité de charge, analyses bromatologiques, gestion durable, cercle de Kéniéba.

ABSTRACT: In Mali, livestock is an important part of the country's economy. It contributes 13% to the formation of gross domestic product (GDP) and represents up to 40% of the share of the primary sector. It is based on the extensive system. Under the combined effect of climatic hazards, pastures can no longer regenerate properly. The range of movements of transhumant pastoralists has become more important and stays in reception areas are becoming longer. This is the case of the communes of Dialafara and Faraba in the Kéniéba district, which have thus become areas of concentration for Sahelian pastoralists. Thus, this study aims to characterize the current state of natural rangelands in terms of floristic diversity, productivity and nutritional value of pastures. To do this, floristic inventories, biomass evaluation and bromatological analyzes of the samples were carried out at the Laboratory. The phytocological surveys made it possible to inventory 75 herbaceous species, divided into 53 genera, belonging to 24 families. The proliferation of invasive herbaceous species has been observed. Herbaceous dry biomass ranged from 2 to 4 tons and was greater in riparian formations than in dense savannahs. The calculated load capacities were low and varied according to the type of soil, with respectively 0.48 UBT / ha / 6months on the battlesurfaced grounds against 1.29 UBT / ha / 6months in the clay plains. Bromatological analyzes showed forage to be low in nitrogen (2.75 to 4.25%), calcium (0.05 to 0.26%) and phosphorus (0.12 to 0.39%). However, levels of lignocellulosic compounds, factors limiting digestibility were high (36.82 to 48.74%). This study shows that despite the significant floristic diversity of rangelands, herbaceous biomass production and carrying capacity were low. Pastures are characterized by the proliferation of invasive grass species. In addition, the forage analyzed was deficient in nitrogen, calcium and phosphorus. In view of the results obtained, if the natural range of the study



area must always be open to transhumants, the system of their use must change. The development of an integrated management plan through the participation of local communities and other stakeholders, the enrichment of rangelands by planting and the seeding of good forage herbs is now a necessity in order to sustainable management of natural resources.

Keywords: Transhumants, biomass, carrying capacity, bromatological analyzes, integrated management, rangeland, Kénieba cercle, Mali.

I. INTRODUCTION

Au Mali, l'élevage occupe une place importante dans l'économie du pays. Il contribue pour 13% à la formation du produit intérieur brut (PIB) et représente jusqu'à 40% de la part du secteur primaire (INSTAT, 2015).

Dans les régions sahéliennes du Mali, l'élevage pratiqué est de type pastoral, avec un cheptel estimé à 3 538 500 de bovins, 10 167 850 d'ovins, 13 287 650 de caprins, 332 310 d'équins et 1 164 000 camelins (DNPIA, 2017). Dans ce système d'élevage, l'alimentation des animaux provient essentiellement de l'exploitation des pâturages naturels par le biais de la conduite des troupeaux aux pâturages, et à la pratique de la transhumance. Ce système d'élevage fondé sur l'occupation de grands espaces, constitue une lourde charge pour l'environnement (Carrière, 1996).

La raréfaction de l'espace où faire pâturer les animaux et la dégradation des dernières aires de pâturages diminuent largement la quantité et la qualité des fourrages encore disponibles (FAO, 2012). De nos jours, cette situation est exacerbée par les effets néfastes des changements climatiques, la croissance démographique et l'expansion des cultures dans la zone contribuant ainsi non seulement à la diminution des aires de pâture, mais aussi à la baisse de leur productivité et aux difficultés d'accès aux points d'eau pour l'abreuvement du bétail (Grouzis, 1988).

Au Mali, le potentiel de production pastorale est confronté aux effets conjugués des facteurs anthropiques néfastes (défrichement anarchique, surpâturage, déforestation, feux de brousse) et du changement climatique dont la principale conséquence est la perte croissante de la production et de la productivité. La couverture végétale au Mali diminue en moyenne 100 000 ha par an (FAO, 2003). Malgré la baisse marquée du potentiel productif des pâturages et la restriction des aires de pâture, l'effectif du cheptel ne cesse de croître.

Pour faire face à cette situation de crise alimentaire saisonnière, les éleveurs pratiquent la transhumance, qui est un déplacement plus ou moins long des troupeaux conduits par un berger hors de son terroir habituel, à la recherche des ressources pastorales notamment l'eau et le fourrage (Kiéma et al., 2014). Ainsi au cours de ces vingt dernières années, les communes de Dialafara et Faraba du cercle de Kénieba sont devenues des destinations privilégiées pour les pasteurs sahéliens venant du nord du pays, de la Mauritanie et du Sénégal à cause de la disponibilité des ressources pastorales (Konaré,

2016). La concurrence pour l'espace devient plus vive du fait de l'augmentation de la densité de la population et du cheptel transhumant. Ce processus rapide a eu des effets importants sur la production et la productivité des pâturages (Carrière, 1996; Archies et al. 2007; Konaré, 2016). Ces considérations nous ont conduits à mettre en place une étude d'évaluation de la biomasse et de la valeur bromatologique du tapis herbacé le long des pistes de transhumance en zone guinéenne nord du Mali dans les communes de Dialafara et Faraba. En effet, une connaissance plus approfondie de la production des pâturages et de leur évolution en fonction d'un des facteurs écologiques d'origine anthropique déterminants notamment la transhumance en permettrait une meilleure gestion.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Description de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans deux sites à pluviométrie différentes: Le terroir de Dialafara situé dans les isohyètes comprises entre 700 mm au Nord et 1100 mm au sud (UNIGEO-GID, 2013:10) et celui de Faraba au sud avec une pluviométrie moyenne de 1250 mm (UAPIA/Faraba, 2017 :2) tous appartenant au cercle de Kénieba.

Site 1 : Présentation de la commune rurale de Dialafara

La commune de Dialafara est située sur la longitude 13°27'47'' Ouest et la latitude 11°22'47'' Nord. Elle couvre une superficie totale d'environ 2 500 Km² et représente 12 % de la superficie du cercle de Kénieba (20 782 Km²). Elle compte trente-six (36) villages. Sa population est estimée à 17 778 habitants (RGPH, 2009), et est composée principalement des ethnies les Malinkés, les Peuls et les Bambara, pratiquant l'agriculture, l'orpaillage et l'élevage. Elle offre une densité moyenne humaine d'environ 7 habitants/km². Le climat est de type soudanien avec une pluviométrie abondante. Les hauteurs varient entre 800 mm et 1200mm (UNIGEO-GID, 2013 :8). Cependant ces dernières années, des poches de sécheresses sont fréquemment observées. Les températures sur les 12 mois de l'année varient de 20°C à 42°C (Diallo, 2014 :78).

La géologie de la commune se caractérise par la prédominance de roches qui font partie du socle Birrimien. En correspondance de la falaise de Tambaoura, on observe les affleurements des roches qui font partie des terrains infracambriens de la bordure méridionale du bassin de Taoudénit; notamment de la formation à dominance gréseuse de



Sadiola qui suit les grès de la formation de Tambaoura.

Les formations de recouvrement sont représentées par les formations latéritiques qui couvrent sur une épaisseur significative le socle Birrimien et le glaciaire au bas des versants.

Les sols sont sablonneux, sablo-limoneux et rocaillieux dans le secteur à l'Est de la falaise. Ils sont latéritiques de couleur rouge et argileux dans les dépressions inondées et en général dans le secteur à l'Ouest de la falaise.

La végétation, de type soudanien, se présente sous forme d'une savane arborée/boisée. La strate ligneuse se compose de *Khaya senegalensis* (cailcédrat), *Adansonia digitata* (baobab), *Vitellaria paradoxa* (karité), *Ziziphus mauritiana* (jujubier), *Lannea acida* (bembé), etc. dominant un tapis herbacé composé d'Andropogonées (*Andropogon gayanus*, *Hyparrhenia sp.*) d'une hauteur relativement importante. Les escarpements de montagne sont occupés par une végétation dense.

Site 2 : Présentation de la commune rurale de Faraba

La commune rurale de Faraba est située dans la partie sud du cercle de Kéniéba sur la latitude 12°43'42''

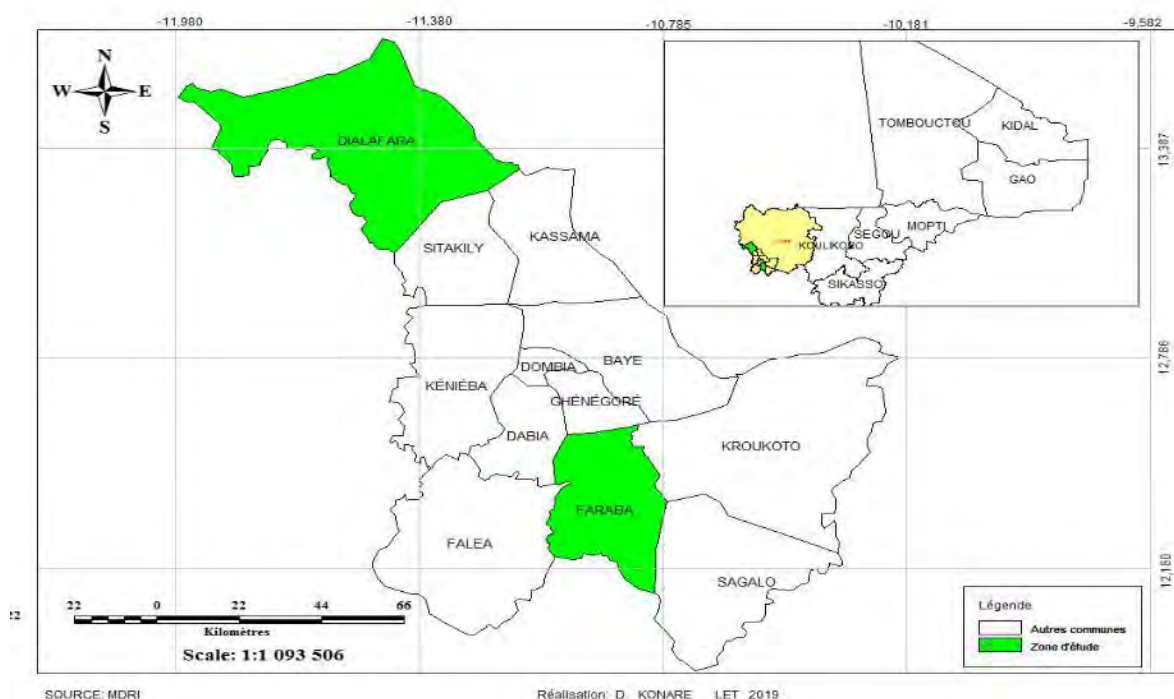
Nord et la longitude 10°89'76'' Ouest (GAGE, 2013:56) à 75 Km de la ville de Kéniéba et à 35 Km de la route nationale (RN24) Bamako-Dakar. Elle est composée de douze (12) villages sur une superficie de 1 167 km². Le climat est du type pré-Guinéen avec trois saisons: une saison pluvieuse de juin à octobre, une saison sèche et froide de novembre à février et une saison sèche et chaude de mars à mai. La température moyenne annuelle est de 35,8°C (GAGE, 2013 :36).

La pluviométrie varie de 1000 à 1500 mm par an avec une moyenne annuelle de 1250 mm (UAPIA/Faraba, 2017 :2). A la faveur de ces atouts, la végétation est assez dense avec des grands arbres comme : *Khaya senegalensis*, *Azela africana*, *Isobertia doka*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa* etc. Le tapis herbacé, est aussi abondant et constitue un pâturage permanent.

Les sols rencontrés sont du type rocaillieux, argileux, argilo-sableux à argilo-limoneux.

Les principales ethnies sont le Peulh et le Malinké. On rencontre aussi des Diakankés et des Dialonkés qui sont minoritaires.

Le relief est accidenté avec des chaînes de montagnes qui sont des prolongements des contreforts du Fouta-Djalon, entrecoupées par des plaines.



Carte 1. Localisation des zones d'étude dans le cercle de Kéniéba

2.2 Matériels de terrain : Ils étaient composés de :

- un ruban métrique de 50m pour la détermination des strates herbacées, des mesures de l'aire minimale;
- un GPS de marque GARNIN pour la prise des coordonnées géographiques des sites;
- un peson électronique (capacité 5Kg et précision 1g) pour la pesée des échantillons des herbacées;
- des sacs à cretonne pour emballer des échantillons des herbacées;
- une faucille pour faucher la biomasse;
- un plateau métallique d'un mètre carré pour l'évaluation de la biomasse herbacée;



- des bics et des crayons de papier;
- des fiches de relevés floristiques pour enregistrer des données;
- la flore du Sénégal (Berhaut J., 1967) a été utilisée comme clé de détermination pour identifier certaines espèces du terrain ;
- une Étude de marque HERAEUS ZOETERMEER. HOLLAND pour la détermination de la matière sèche des échantillons.

2.3 Méthode de collecte des données

2.3.1 Échantillonnage

Pour définir, caractériser et évaluer la valeur fourragère des unités paysagères pastorales du terroir, trois approches ont été mises en œuvre :

- L'analyse phytoécologique au sol ;
- L'évaluation de la valeur pastorale et de la capacité de charge des parcours;
- La détermination de la valeur bromatologique des fourrages.

La méthodologie appliquée est celle de la méthode CIPEA (Hiernaux et Diarra, 1993).

Parmi les différents types de pâturages, six ont été sélectionnés dont trois dans chaque zone d'étude en raison des critères écologiques divers. Il s'agit, selon la nomenclature de Toutain, (1976) des groupements:

- des milieux argileux ;
- des glaciis limono-sableux ;
- et des cuirasses et affleurements.

2.3.2 Relevés phytoécologiques

Dans chaque aire et sur chaque axe de transhumance, un relevé floristique est effectué dans chacune des formations végétales qui la composent sur une surface appelée aire minimale (16 m²) pour les herbacées. Le relevé consiste à noter: (i) la composition floristique; (ii) le recouvrement de chaque espèce; (iii) l'abondance/dominance pour chaque espèce; (iv) la contribution de chaque espèce au recouvrement; (v) la détermination de la biomasse herbacée; et (vi) la détermination au laboratoire de la composition bromatologique des fourrages.

2.3.3 Mesure de la biomasse végétale

La méthode d'échantillonnage stratifié pratiquée par le CIPEA (Hiernaux et Diarra, 1993) a été utilisée. Il a été procédé à une prospection botanique suivie de la stratification du tapis herbacé en fonction de sa densité apparente. Ainsi quatre strates ont été identifiées : une strate sol nu pour les plages nues, une strate faible où la biomasse est jugée inférieure à la situation médiane, une strate moyenne et une strate forte où la biomasse est jugée supérieure à la situation médiane. L'extension de chaque strate est mesurée mètre par mètre le long d'un ruban de 100 mètres. Le recouvrement de la végétation et sa distribution entre espèces, la biomasse sur pied et la teneur en eau sont mesurés sur 12 placeaux de 1 m². La disposition des placeaux est aléatoire le long des axes de telle sorte que la moitié des lectures se trouve dans la strate médiane et un quart dans chacune des strates extrêmes (faible et forte). On décrit par m² la composition floristique, puis, on dresse la liste des espèces et enfin on estime le recouvrement global des herbacées et le recouvrement spécifique de chaque espèce. Ensuite chaque m² est moissonné séparément. Le poids frais de la biomasse est enregistré. Sur le total du matériel récolté un échantillon composite de biomasse est prélevé pour chaque strate par site. Ces échantillons sont séchés pour déterminer le poids de la matière sèche et pour les analyses de laboratoire (protéines brutes, énergie, matière sèche).

2.3.4 Evaluation des effectifs du cheptel

Les données relatives aux effectifs du cheptel ont été collectées auprès des services d'encadrement technique (Tableau 1). Ces effectifs ne sont pas exhaustifs car, la mobilité du cheptel rend difficile l'estimation des troupeaux transhumants. Ceci ne facilite pas l'application d'une charge optimum. L'absence de statistiques fiables des effectifs du cheptel, est un obstacle à toute action de planification et de gestion des ressources pastorales.

Tableau 1: Cheptel de la zone d'étude

Zone d'étude	Nombre d'individus (UBT)		Total (UBT)
	Sédentaires	Transhumants	
Dialafara	32 993	12 753	45 746
Faraba	8 268	42 670	50 938
Total (UBT)	41 261	55 423	96 684

Source : SLPIA Kéniéba rapport annuel, 2018.

2.4 Traitement des données

Le traitement et l'analyse des données ont porté sur les informations de description des caractéristiques

phytoécologiques des pâturages, la pratique et la gestion de la transhumance. Les analyses statistiques



ont été effectuées à l'aide des logiciels Excel, XLSTAT et R. Elles ont consisté à déterminer:

- la composition et la richesse floristique des strates herbacées.
- la capacité de charge qui, a été estimée à la base de production de la matière sèche, des contributions spécifiques des espèces herbacées. Elle est déterminée à partir des besoins quotidiens de l'unité bétail tropical (UBT), à savoir 6,25 Kg de MS par jour (Boudet, 1978). L'évaluation des productions de biomasse permet le calcul de la capacité de charge à partir de la formule suivante (Boudet, 1991) :

(1) $CC = (Production (Kg MS/ha) \times K (\%)) / (6,25 Kg MS/UBT/Jour) \times période d'utilisation.$ où

$K (\%) = \text{coefficient d'utilisation} = 1/3;$

UBT = Unité Bovin Tropical; MS= matière sèche.

- la valeur pastorale, qui, est une expression synthétique de qualité d'une végétation donnée (Daget et Poissonet, 1971).

Elle a été exprimée par la formule de Daget et Poissonet, 1971 :

(2) $VP = 1/5 \sum CS_i \times IS_i$ où VP = valeur pastorale en pourcentage (%);

CS_i = Contribution spécifique de l'espèce en (%); IS_i = Indice spécifique de qualité (0 à 5).

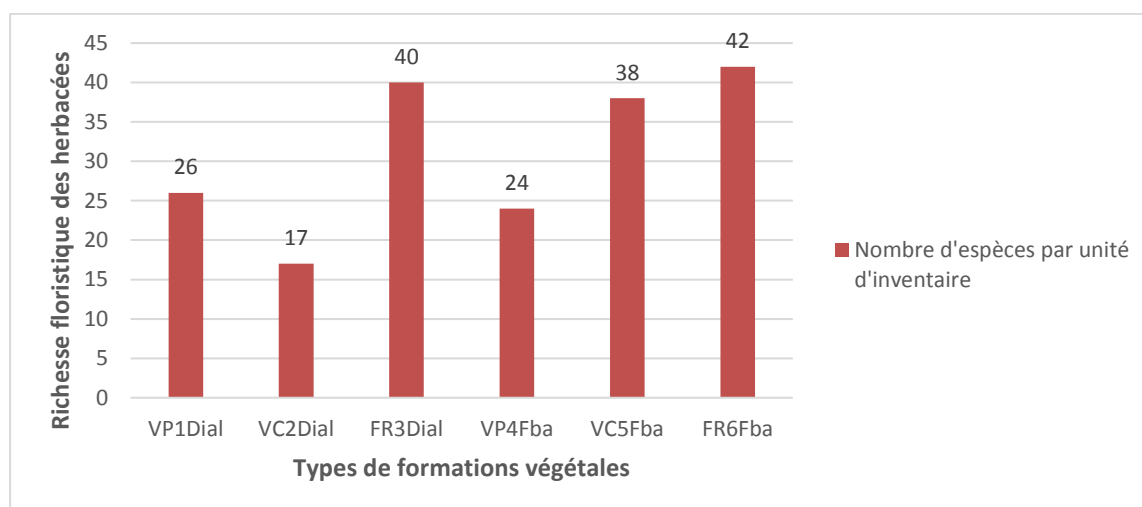
- la composition chimique des fourrages : Les analyses chimiques ont porté sur la teneur en matière sèche (M.S.), les cendres totales, la cellulose brute, le calcium, le phosphore et les matières azotées totales (M.A.T.). Les traitements ont été effectués sur des échantillons composites dérivant des prélèvements élémentaires. Les méthodes d'analyse sont celles couramment utilisées aux laboratoires d'analyses du programme bovin de l'IER de Sotuba à Bamako (Mali).

Pour l'analyse et l'interprétation des résultats, il a été utilisé les graphiques et les tableaux. Des coordonnées géographiques obtenues ont été utilisées pour réaliser des cartes à l'aide du logiciel QGIS.

III. RESULTATS

3.1 Composition et richesse floristique des herbacées

La composition moyenne en espèces herbacées des unités pastorales varie de 17 à 42 espèces (Figure 1).



Source : Résultats des travaux de terrain, 2018

Figure 1 : Nombre d'espèces suivant les formations végétales

Il ressort de l'analyse de cette figure que la diversité floristique varie d'une zone à l'autre. Dans les parcours de Dialafara, elle est plus élevée dans les formations ripicoles (40 à 42 espèces) que celle des formations sur cuirasse (17 espèces).

Sur les différents axes de transhumance dans la commune de Dialafara, il été inventorié 65 espèces herbacées. Elles sont réparties entre 49 genres et 22 familles avec une prédominance des graminées. Quant aux ligneux 41 espèces ont été recensées, appartenant à 15 familles et 33 genres.

Le même constat s'opère dans les parcours de Faraba. Il a été recensé 75 espèces herbacées, réparties en 53 genres, relevant de 24 familles.

Il ressort de l'analyse des constats que la flore est plus riche dans les zones de dépression de Faraba (formation ripicoles) 40 à 42 espèces, que sur les formations sur cuirasse, 24 à 26 espèces. Cela s'explique par le fait que les formations sur cuirasse sont fréquentées en toute période de l'année, alors que dans les zones d'inondation l'accès aux ressources se fait après le retrait des eaux ou après les



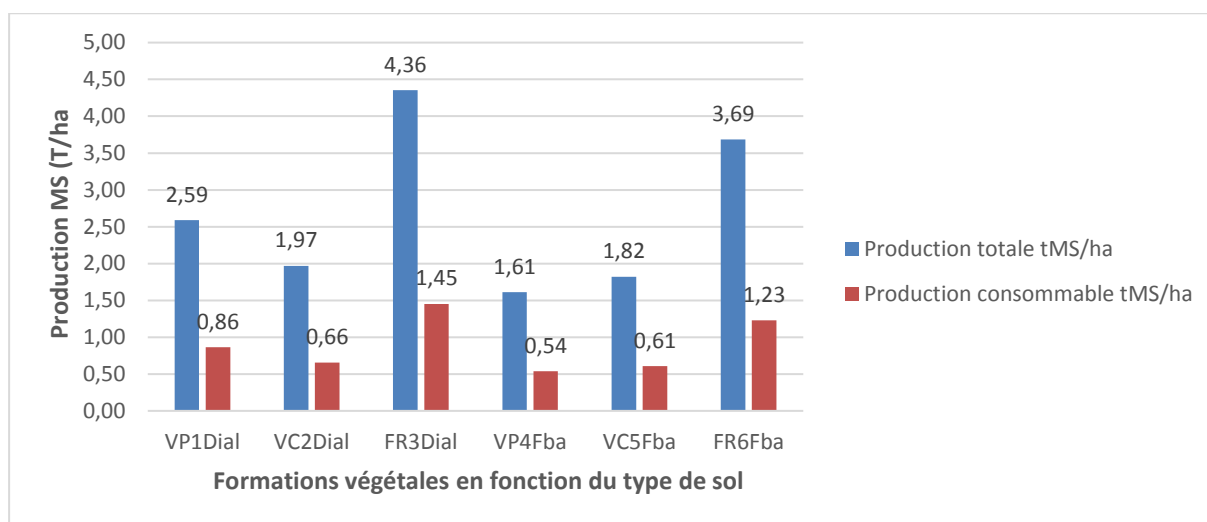
récoltes. Car elles sont souvent utilisées en riziculture.

3.2 La phytomasse herbacée

Les phytomasses obtenues pour chaque groupement végétal sont celles de la mi-octobre et représentent la fin de la période active de végétation. La détermination de la phytomasse épiquée totale est faite par la méthode de la récolte intégrale, qui est

particulièrement fiable grâce à sa simplicité et à sa précision. Elle consiste à couper au ras du sol la matière végétale épiquée sur des carrés de 1 m² avec 16 répétitions par unité. Les résultats en poids de matière sèche (séchage à 105°C jusqu'à poids constant) portent sur la phytomasse totale.

Les résultats des biomasses sèches estimées en tonnes/ha des aires de pâture sont consignés dans la figure 2.



Source : Résultats des travaux de terrain, 2018

Figure 2 : Production de biomasse herbacée sèche (en t/ha)

Il ressort de l'analyse de la figure 2 que les productions de biomasse herbacées sont élevées dans les formations ripicoles (3,69 à 4,36 tonnes de MS/ha) contre (1,61 à 2,59 tonnes de MS/ha) dans les savanes arborées à sols peu profonds.

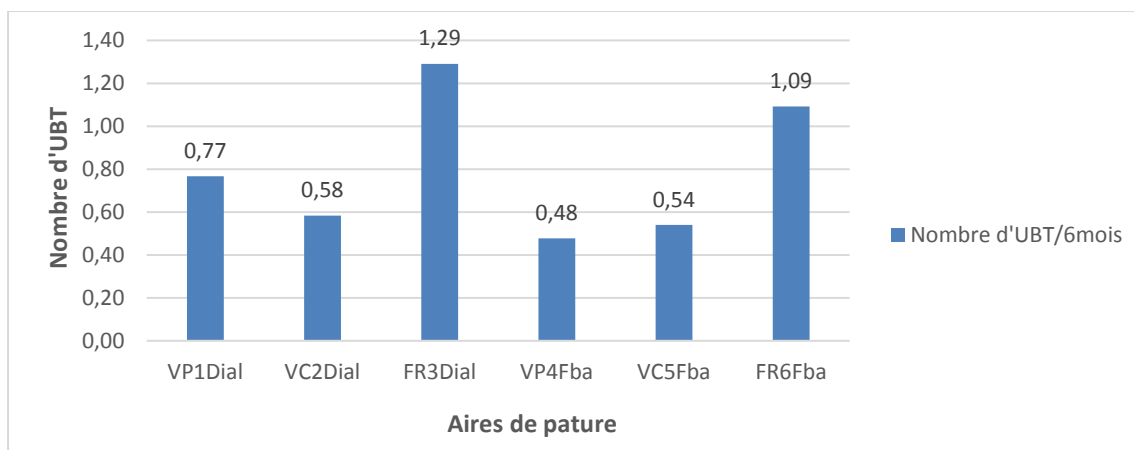
3.3 Évaluation de la capacité de charge

La capacité de charge selon (Bremner et de Ridder, 1991), est le degré d'occupation des pâturages qui garantit leur productivité et la viabilité du troupeau pour un élevage sédentaire tout au long de l'année.

L'évaluation de la capacité de charge est faite à partir des besoins quotidiens de l'unité bétail tropical (UBT), à savoir 6,25 Kg de matière sèche par jour (Boudet, 1978).

Les capacités de charge théoriques moyennes en UBT/ha/an au pic de biomasse des six principaux types de formations végétales, sont consignées dans la figure 3.





Source : Résultats des travaux de terrain, 2018

Figure 3 : Variation de la capacité de charge des aires de pâture

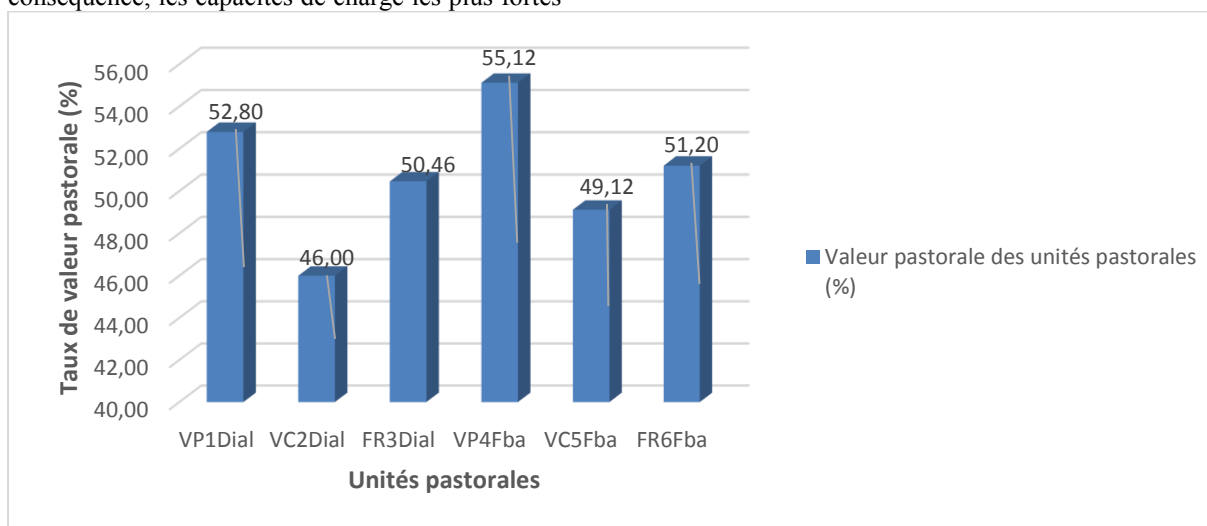
La capacité de charge a été calculée pour 6 mois; période de séjour maximale des transhumants.

Il ressort de cette étude que la capacité de charge des différentes aires de pâture est très faible. Elle varie de 0,48 à 1,29 UBT/ha/6mois. Cependant, elle est relativement plus élevée dans les formations ripicoles (FR6Fba, FR3Dial) que dans les unités à sols cuirassés VC5Fba, VC2Dial). Cette variabilité des capacités de charge est fonction des biomasses herbacées moyennes, qui varient elles aussi en fonction de l'écologie, de la nature du sol, et aussi de la pression anthropique (Experco International/ID Sahel, 2014 ; Konaré, 2016). Les phytomasses (3,69 et 4,36 t.MS/ha), en conséquence, les capacités de charge les plus fortes

(1,09 et 1,29 UBT/ha/6mois) correspondent aux formations ripicoles (FR6Fba, FR3Dial).

3.4 Évaluation de la valeur pastorale des pistes de transhumance

La valeur pastorale traduit l'intérêt zootechnique d'une espèce végétale ou d'un groupe d'espèces végétales, donc d'un pâturage, pour une espèce animale donnée. Cette valeur pastorale est très variable, car elle est liée à plusieurs facteurs qui sont eux-mêmes variables dans le temps et dans l'espace (Daget et Poissonet, 1971; Boudet, 1978). La valeur pastorale issue des unités pastorales est consignée dans la figure 4.



Source : Résultats des travaux de terrain, 2018

Figure 4 : Variation de la valeur pastorale dans les axes de transhumance

La valeur pastorale issue des unités pastorales varie de 46 à 55,12%. Elle évolue en fonction de la toposéquence. Elle est plus élevée dans les formations végétales sur plaines que celles situées sur les sols à buttes cuirassées ou gravillonnaires. Cela s'explique par la plus grande abondance dans les bas-fonds d'espèces aux indices de qualité

élevés ou de très bonne valeur pastorale (*Borreria chaetocephala* (DC.) Hepp, *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf, *Brachiaria xantholeuca* Dactyloctenium *egyptium* (L.) Willd (Schinz) Stapf, *Digitaria horizontalis* Willd, *Pennisetum pedicellatum* Trin, *Andropogon gayanus* Kunth, *Setaria pallide-fusca* Stapf et Hubb).



3.5 Composition chimique du fourrage

La composition chimique des fourrages est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2: Composition bromatologique des fourrages herbacés

Unités pastorales	N° Echantillon	MS 105°C (%)	MO (%)	Cellulose (%)	Protéines (%)	Ca (%)	P (%)
Sol gravillonnaire (Dialafara)	26046	96,23	96,07	47,80	0,88	0,05	0,12
Formation ripicole (Dialafara)	26047	95,95	87,23	41,48	4,56	0,26	0,39
Sol limono-sableux (Dialafara)	26048	96,13	96,06	47,07	0,88	0,05	0,23
Formation ripicole (Faraba)	26049	96,03	89,32	38,22	4,88	0,09	0,32
Sol limono-sableux (Faraba)	26050	96,28	93,24	36,82	3,06	0,17	0,25
Formation sur curasse (Faraba)	26051	96,43	91,82	48,74	2,25	0,25	0,25

Les teneurs en matière sèche (en %) à 105 °C sont semblables pour l'ensemble des échantillons. Les teneurs en matière organique varient entre 87,23 et 96,07 %. La teneur de la ration totale en matières sèches devrait se situer entre 50 et 75 %.

Les fourrages issus des sols gravillonnaires et limono-sableux de Dialafara sont très riches en matière organique par rapport aux fourrages des autres unités pastorales (Echantillons 26050, 26051, 26049, 26047).

Le taux de cellulose est élevé dans tous les échantillons étudiés. Il varie de 36,82 à 48,74%, soit 187 à 469g/Kg de MS. Cette forte concentration en cellulose peut être un facteur limitant la digestibilité. Le terme digestibilité selon Rivière (1978), indique le degré d'utilisation des aliments ou des nutriments. C'est la proportion des divers constituants d'un aliment qui est retenue par l'organisme.

Tous les fourrages analysés sont faibles en protéines brutes. Cependant dans les formations ripicoles (26047, 26049) la teneur en protéines brutes des fourrages est relativement plus élevée (4,56 % et 4,88%) par rapport à celle des formations sur cuirasse ou gravillonnaire (0,88% à 3,06%). Ce déficit protéique est très contraignant pour les animaux, qui risquent d'utiliser ses réserves corporelles dans la digestion (Nantoumé et al., 2000).

Pour le calcium, les teneurs varient de 0,05 à 0,26 % de MS. De même que le calcium, les unités pastorales sont pauvres en phosphore. Les teneurs varient de 0,12 à 0,39 %. Les minéraux comme le calcium et le phosphore sont des éléments indispensables pour le bétail. Ils stimulent la production du lait.

Un élément est considéré comme indispensable lorsque son insuffisance dans le régime alimentaire conduit à des perturbations plus ou moins graves des voies métaboliques, et que ces dysfonctionnements

cessent avec l'addition de l'élément considéré (François, 2010).

IV. DISCUSSION

Les différents résultats obtenus qui font l'objet de la présente discussion portent sur l'étude phytoécologique et l'analyse bromatologique des fourrages herbacés.

4.1 Composition et richesse floristique des herbacées sur les axes de transhumance

L'étude sur la végétation herbacée a permis de recenser au total 65 espèces, réparties en 49 genres, relevant de 22 familles botaniques dans les parcours de Dialafara contre 75 espèces herbacées, réparties en 53 genres, relevant de 24 familles dans les zones de parcours de Faraba.

La diversité floristique herbacée est très importante dans les formations ripicoles (40 à 42 espèces), que les savanes arborées (24 à 26 espèces). Les savanes arborées à sol cuirassé présentent la faible richesse floristique (17 espèces) exceptée Faraba avec 38 espèces. La diversité floristique évolue en fonction de la toposéquence.

Les résultats de la composition floristique des pâturages naturels de Dialafara et Faraba sont similaires de ceux obtenus par Sanon et al. (2014), qui identifient lors de leur étude dans la zone soudanienne du Burkina Faso, 42 espèces dans les formations ripicoles contre 32 dans les savanes arborées denses.

Par ailleurs Kiéma et al. (2013), répertorient dans leur inventaire dans le terroir de Vipalogo (Burkina Faso), 104 espèces, réparties en fonction de la toposéquence. Ces données sont supérieures à nos résultats. Ils conclurent que la diversité diminue quand on quitte des bas glacis vers des buttes cuirassées Kiéma et al. (2013). Pour Karembé (2001), la variabilité de la diversité floristique est



fonction de plusieurs facteurs dont les conditions climatiques et édaphiques et aux différentes perturbations anthropiques.

De même les travaux de Sawadogo et al. (2012), aboutissent à des résultats similaires. Ces auteurs répertorient dans les unités paysagères de Kotchari 29 à 52 espèces. Ils conclurent que cette richesse en espèces est plus élevée sur sols moyennement ou peu profonds que sur sols profonds hydromorphes. Toutefois, la richesse des buttes et cuirasses est relativement faible (32 espèces). Ces observations obéissent selon Sawadogo (2011), à une logique qui tient compte de plusieurs facteurs dont la qualité du sol, l'accessibilité par les animaux qui favorisent ou non la zoochorie, la dissémination des graines par l'écoulement des eaux de pluie.

Pour la richesse floristique, les unités pastorales de Dialafara et de Faraba sont dominées par des Poaceae 27,11% à 34,30% suivies des Fabaceae 15,31% à 17,22%, des Cyperaceae 6,20 à 8,38%, des Malvaceae 5,65 à 7,47%, des Asteraceae 2,38 à 2,5% et des Lamiaceae 2,38%. Il ressort de notre étude la prolifération des Cyperaceae, des Malvaceae, des Asteraceae, des Sterculiaceae et des Lamiaceae qui engendrent des espèces envahissantes et à faible valeur pastorale, notamment *Acanthospermum hispidum*, *Fimbristylis ferruginea*, *Waltheria indica*, *Sida carpinifolia*, et *Hyptis suaveolens*. Cette dernière espèce est originaire du sahel et est entrain de coloniser les espaces pastoraux de Dialafara et Faraba suite aux mouvements des transhumants.

Les résultats de nos travaux corroborent avec ceux d'autres auteurs. Sanon et al., (2014) ont confirmé à la suite de leur étude dans les terroirs de Sibéra et Gbonfrera au Burkina Faso que la diversité floristique herbacée était très importante dans les formations ripicoles, suivies des savanes arborées denses avec une flore composée respectivement de 42 et 32 espèces. Les savanes arborées claires présentaient la faible richesse floristique (28 espèces). La diversité des espèces herbacées plus importante dans les formations ripicoles que dans les savanes arborées denses pourrait s'expliquer par les caractéristiques physico-chimiques de leurs sols qui sont plus humides et profonds, riches en matières organiques Sanon et al., (2014). Ainsi, Gaston et Lamarque (1990) ont rapporté que la composition floristique d'un pâturage est fonction du climat, de la topographie et des caractéristiques des sols.

Des résultats similaires ont été rapportés par Coulibaly (2002), qui a évoqué la prolifération des Cyperaceae, des Poaceae et des Fabaceae dans l'ensemble des formations végétales du terroir de Duguwolowila. Les espèces à savoir *Zornia glochidiata*, *Cassia obtusifolia*, *Fimbristylis ferruginea*, *Pandiatia involucrata*, *Alysicarpus rugosus* et *Waltheria indica* sont les plus dominantes et à faible valeur nutritive. Peu consommées à l'état

de paille, ces espèces sont indicatrices de la dégradation des parcours naturels (Coulibaly, 2002). Les travaux des auteurs Karembé et al., (1999), ont abouti à des résultats similaires. Ces auteurs ont évoqué que le surpâturage persistant bloque l'évolution de la succession végétale dans les jachères se traduisant par la colonisation des herbacées envahissantes par les animaux dont les plus fréquentes sont *Sida cordifolia*, *Cassia mimosoides*, *Hyptis suaveolens*, *Aristida spp.*, *Cassia obtusifolia*, *Sporobolus pyramidalis*.

Les résultats des travaux des auteurs Boutrais et al., cités par Archies et al. (2007), sont semblables à nos données. Ils ont évoqué que la surcharge d'un pâturage entraîne obligatoirement la diminution du potentiel fourrager et provoque une modification de la structure végétale. Selon les mêmes auteurs, l'apparition de *Sporobolus pyramidalis* est un indicateur qui marque le seuil au-delà duquel la charge devient excessive.

4.2 Production de biomasse sèche et capacité de charge sur les axes de transhumance

La production de biomasse sèche issue de notre étude varie de 1,61 à 4,36 tonnes. Elle est plus élevée dans les formations ripicoles (FRDial, FRFba) 3,69 à 4,36 tonnes de MS/ha que pour les végétations sur sols limono-sableux et gravillonnaires 1,61 à 2,59 tonnes de MS/ha (VCFba, VC2Dial, VP1Dial).

Les tendances observées dans nos données de phytomasse ont déjà été enregistrées dans le même terroir par le PCED/DNAER (2003), qui a obtenu une production moyenne de 2,66 t.MS/ha dans le terroir de Kéniéba. De même, l'Experco International/ID Sahel (2014), obtient des phytomasses similaires allant de 1,36 à 2,08 t.MS/ha dans les unités pastorales de Tabadaga (Kéniéba). En dehors du secteur d'étude, nos résultats concordent à ceux d'autres auteurs Karembé, 2001 ; Sawadogo, 2011 ; Kanambaye, 2014 ; Konaré, 2016 (voir tableau 3).

Les résultats des travaux de Sanon et al., (2014) montrent une valeur maximale de 10,6 tonnes de MS/ha obtenue dans les formations ripicoles et un minimum de 2,9 tonnes dans les savanes arborées denses. La biomasse issue de ces formations ripicoles est supérieure à nos résultats. Les différences de production de biomasse pourraient être liées à la disponibilité de l'eau dans le sol, la composition floristique et/ou la structure des plantes herbacées (Sinsin, 1991). Ainsi, les formations ripicoles relativement plus humides et ayant une proportion élevée de graminées pérennes ont une production de biomasse plus élevée, et la savane dense avec une forte proportion de graminées annuelles et de phorbies montre une faible production. En effet, il est connu que la productivité des pâturages à graminées pérennes est supérieure à celle des autres (Zoungrana, 1991). Les variations de



phytomasse observées peuvent être expliquées par une économie en eau différente des sols dus à leur

situation topographique et à leurs textures différentes (Teka et al. 2005).

Tableau 3 : Différentes valeurs de phytomasse et de capacité de charge

Lieux	Phytomasse (t.MS/ha)	Capacité de charge (UBT/ha)	Sources
Présente étude (Faraba, Dialafara)	1,61 à 4,36	0,48 à 1,29	Konaré, 2018
Dabia	1,54 - 2,74	0,46 - 0,81	Konaré, 2016
Nioro et Diéma	1,025 - 1,32	0,68 - 0,88	Kanambaye, 2014
Missira (Mali)	1,52 – 5,52	0,33 – 0,80	Karembé, 2001
Kotchari (Burkina Faso)	1,41 - 4,78	0,28 - 0,99	Sawadogo, 2011

Au regard des résultats obtenus, les terroirs de Dialafara et Faraba connaissent une exploitation très intensive des parcours naturels. Les capacités de charge enregistrées sont très faibles. Elles sont de l'ordre de 0,48 à 1,29 UBT/ha/6 mois. Cependant, elles sont relativement plus élevées dans les formations ripicoles (FR6Fba, FR3Dial) que dans les unités à sols cuirassés VC5Fba, VC2Dial). Les résultats de nos travaux corroborent ceux de l'Experco International/ID Sahel (2014), qui, lors d'une étude de mise en place d'une base de données pour suivi pastoral, a obtenu une capacité de charge de l'ordre de 1,2 à 1,8 UBT/ha et varie en fonction de la toposéquence.

Selon les auteurs Sawadogo et al., (2012), la phytomasse et la capacité de charge apparaissent d'autant plus faibles que le sol est plus mince et plus sec. Les productions consommables de biomasse sont évaluées au 1/3 de la production totale (Boudet, 1978). Elles varient de 0,66 à 1,45 tMS/ha à Dialafara contre 0,54 à 1,23tMS/ha à Faraba. Le cheptel de la zone d'étude composé d'animaux sédentaires et transhumants se chiffre à 96 685 UBT, soit 45 746 UBT à Dialafara et 50 938 UBT à Faraba (SLPIA/Kéniéba, 2018 :8). Les besoins du bétail au bout de 6 mois sont estimés à 57 050,56 tonnes MS à Faraba contre 51 235,52 tonnes MS à Dialafara. Ils ont été calculés sur la base de la consommation journalière d'une Unité Bétail Tropical (UBT) évaluée à 6,25 Kg MS (Boudet, 1978).

Les parcours qui s'étendent sur 17 543 ha à Faraba et 19 608 ha à Dialafara (Experco International/ID Sahel, 2014 :7; GAGE, 2013 :84), offrent un potentiel fourrager de 36 026,24 tonnes MS soit 15 437,84 tonnes MS à Faraba et 20 588,4 tonnes MS de biomasse à Dialafara. De cette évaluation de l'espace pastoral, la capacité de charge animale supportable par commune au cours de la saison sèche est évaluée à 18 382 UBT à Dialafara contre

13 784 UBT à Faraba. Il s'ensuit un dépassement de la charge potentielle animale de 27 364 UBT à Dialafara contre 37 154 UBT à Faraba. Il en résulte donc une surcharge des parcours se traduisant par une surexploitation des ligneux fourragers qui constituent la principale ressource alimentaire des animaux surtout les transhumants pendant la saison sèche.

4.3 Évaluation de la valeur pastorale des pistes de transhumance

L'indice de valeur pastorale est un outil qui permet de comparer entre eux les pâturages d'un territoire donné (Sinsin, 1993). C'est un indice caractéristique de la valeur d'un pâturage, avant tout pour l'élevage bovin (Daget et Godron, 1995). La valeur pastorale issue des unités pastorales varie de 46 à 55,12%. Elle évolue en fonction de la toposéquence. Elle est plus élevée dans les formations végétales sur plaines que celles situées sur les sols à buttes cuirassées ou gravillonnaires. Cela s'explique par la plus grande abondance dans les bas-fonds d'espèces aux indices de qualité élevés ou de très bonne valeur pastorale (*Andropogon gayanus*, *Setaria pallide-fusca*, *Brachiaria ramosa*, *Borreria chaetocephala*).

Les résultats de nos recherches concordent avec ceux d'autres auteurs. Karembé (2001), lors de son étude en zone soudanienne du Mali, obtient une valeur pastorale dans les jeunes jachères variant de 45 à 65%. Il conclut qu'elle est plus élevée sur les plaines à sols limoneux que sur les plaines à sols limono-sableux donc peu profonds.

Les valeurs pastorales présentées par Sawadogo (2011), dans le terroir de Kotchhari (Burkina Faso) sont semblables à nos données. Elles sont de l'ordre de 49,37% sur les sols sablo-argileux et 44,46% sur les sols squelettiques (Buttes, cuirasses).

Néanmoins les valeurs pastorales de nos axes de transhumance sont de qualité faible à moyenne, car n'équivalent pas les normes fixées. Il est généralement admis qu'une végétation est jugée



bonne que si sa valeur pastorale atteint ou dépasse 65% (Daget et Godron, 1995). Cette baisse de la valeur pastorale de la zone d'étude est la conséquence d'une intensification de la pâture, se traduisant par une perturbation du milieu avec la colonisation d'espèces envahissantes par les animaux (Karembé, 2001; Sawadogo, 2011; Kiéma et al., 2014; Sawadogo et al., 2012 ; Konaré, 2016).

4.4 L'analyse bromatologique des fourrages

Il ressort de notre étude que la teneur en protéine est relativement faible dans tous les types de pâturage. Elle varie de 0,88 à 4,88%. Elle est en deçà de la norme 7,5 g/kg proposée dans le menu (Bremner H. et Ridder N.D., 1991). Cela peut s'expliquer par la qualité des pâturages naturels dominés par des graminées qui décroît à la fin de la saison de croissance (Grouzis et al., 1991). Les auteurs Penning de Vries et Djitéye (1982), ont rapporté qu'à l'intérieur d'une zone climatique, le taux d'azote de la strate herbacée variera également à la fin de la saison de croissance, dans la mesure où la disponibilité en eau variera par suite du ruissellement et de la concentration des écoulements. Le taux d'azote sera plus élevé aux endroits où l'eau ruisselle, moins élevé là où de grandes quantités d'eau affluent, et lorsque l'eau de pluie infiltrée est égale à la pluviosité, on observera des valeurs intermédiaires (Penning de Vries et Djitéye, 1982).

Les résultats issus de nos travaux sont semblables à ceux de Boudet (1991) qui obtiennent des teneurs en protéine allant de 2.75 à 4.25 % de MS. Selon cet auteur, avec ces teneurs faibles en protéines, la qualité des pâturages est insuffisante pour satisfaire les besoins nutritifs des animaux en saison sèche. La supplémentation s'avère alors nécessaire pour une production optimale. Les travaux d'autres auteurs aboutissent à des résultats semblables. La FAO (1997), lors d'une étude portant « Effets des traitements sur les fourrages » a enregistré un taux semblable de protéine 4,2 %.

Pour la matière organique, les teneurs varient entre 87,23 et 96,07 % soit environ 959 à 963g/Kg de MS. Elles sont élevées dans les unités pastorales de Dialafara notamment sur des sols gravillonnaires et limono-sableux que celles de Faraba. Les taux élevés de matière organique traduisent l'âge avancé de la plante qui devient plus lignifiée, ce qui rend difficile la digestibilité des matières sèches par les animaux.

Les résultats de nos travaux corroborent avec ceux de Nantoumé et al. (2000) qui ont enregistré des teneurs de matière organique de 910 et 897g/Kg de MS respectivement pour la paille de brousse et la paille du sorgho.

La teneur de la ration totale en matières sèches devrait se situer entre 50 et 75 %. Selon Wheeler (1993), les rations plus humides ou plus sèches limitent la consommation de matières sèches.

La cellulose brute selon Rivière (1978), correspond au résidu organique (donc déduction faite du poids des cendres) obtenu après deux hydrolyses ménagées pendant 30 mn, l'une en milieu acide sulfurique, l'autre en milieu alcalin (soude).

Les échantillons étudiés sont très riches en cellulose brute (36,82 à 48,74%), soit 187 à 469g/Kg de MS. Cette forte concentration en cellulose influe négativement sur la digestibilité des aliments.

Les résultats de nos travaux sont semblables à ceux de Nantoumé et al. (2000) qui ont enregistré des taux de cellulose dans les pailles de l'ordre de 394g/Kg MS.

Le taux de calcium dans les fourrages issus de nos parcours est faible. Il varie de 0,05 à 0,25 % de MS. Ces concentrations sont inférieures à la marge proposée par Wheeler (1995) qui est de 0,43 – 0,51% de MS pour la formulation de ration des vaches dont la production laitière est inférieure à 20 litres par jour.

Les fourrages issus de nos unités sont très pauvres en phosphore. Les teneurs varient de 0,12 à 0,39%. Ces résultats sont comparables à ceux proposés par Wheeler (1995) qui sont de 0,28 – 0,33 % de MS.

Les taux de phosphore et de calcium de nos unités pastorales sont inférieurs aux normes des besoins des animaux proposées par Guérin et al., (1987) qui varient de 3,2 à 3,9 g/Kg MS pour le calcium et 0,8 à 1,9 g/Kg MS pour le phosphore.

Ce déficit en phosphore ainsi qu'en calcium peut être lié à l'érosion et au surpâturage entraînant la compactation superficielle du sol. Selon Carrière (1996), la compactation est l'un des impacts directs du bétail sur les propriétés physiques du sol. A cela s'ajoute la colonisation des parcours par des espèces moins bonnes fourragères et envahissantes sous l'action du bétail (Karembé, 2001), mais aussi de la famille botanique des espèces. Les travaux de Baumont et al. (2009), confirment ces données. Ces auteurs affirment que la teneur minérale des fourrages varie fortement avec la famille botanique. Les taux de phosphore et de calcium issus de nos recherches sont inférieurs aux normes proposées par Gueguen et al., (1987).

Pour l'apport en calcium le taux de l'INRA est de 40 g/jour pour la vache laitière et 58g/jour pour les vaches tarées gestantes.

Pour le phosphore les mêmes auteurs proposent pour une vache à l'entretien 30g/jour, contre 38g/jour pour les vaches tarées gestantes.

Les déficits des fourrages en éléments minéraux engendrent des conséquences chez les animaux une carence aigue de calcium entraîne de troubles locomoteurs ou de paralysie (fièvre de lait). Le rachitisme quant à lui peut découler d'un manque de calcium et/ou de phosphore.

Le phosphore entre dans la composition de la membrane cellulaire et du contenu cellulaire comme les phospholipides, phosphoprotéines et les acides nucléiques. Il intervient dans le maintien de



l'équilibre acido-basique du sang et le transfert d'énergie cellulaire (Sosthène, 2007).

Généralement, les producteurs ajustent les déficits en éléments minéraux par la conduite des animaux vers les cures salées où les animaux bénéficient de l'exploitation naturelle des réserves minérales sur des sols riches en divers minéraux. D'autres producteurs pratiquent la complémentation minérale en apportant aux animaux du sel (Chlorure de potassium) ou des blocs industriels de compléments minéraux UICN (2015).

V. CONCLUSION

Les résultats obtenus au terme de la présente étude ont permis d'établir une relation entre la transhumance et la gestion des ressources pastorales dans les communes rurales de Dialafara et Faraba.

Les travaux d'inventaires des ressources végétales ont permis d'affirmer que le secteur d'étude regorge de grande diversité végétale. L'inventaire a révélé au niveau des unités pastorales de Dialafara 65 espèces herbacées contre 75 espèces à Faraba.

Malgré cette diversité, la production de biomasse sèche est faible sur l'ensemble des zones étudiées. Elle est relativement élevée dans les formations ripicoles 3,69 à 4,36 tonnes de MS/ha que dans les savanes arborées denses 1,61 à 2,59 tonnes. La capacité de charge de même que les valeurs pastorales sont jugées faibles. Par ailleurs, l'analyse bromatologique révèle des pâturages pauvres en matières azotées (2,75 à 4,25 %), en calcium (0,05 à 0,26%) ainsi qu'en phosphore (0,12 à 0,39%). Cependant les composés ligno-cellulosiques, facteurs limitant la digestibilité des fourrages, sont élevées (36,82 à 48,74%).

Cette pauvreté des pâturages est engendrée surtout par la prolifération des espèces envahissantes et moins bonnes fourrages notamment *Acanthospermum hispidum*, *Fimbristylis ferruginea*, *Waltheria indica*, *Sida carpinifolia*, *Hyptis suaveolens* sous l'effet de la transhumance.

Ainsi, les terroirs de Dialafara et Faraba n'apparaissent pas comme particulièrement intéressants du point de vue pastoral si l'on s'en tient à la qualité du fourrage disponible. Ce qui dénote une dégradation des écosystèmes sous l'effet des transhumants.

Par conséquent, les animaux soumis à un tel pâturage subissent un déficit nutritionnel, d'où la nécessité d'une supplémentation alimentaire.

Cette étude révèle l'intérêt pastoral pour ces écosystèmes où les parcours subissent de manière diversifiée une forte pression de prélèvement, qui constitue une menace pour leur conservation. Face aux menaces de dégradation qui pèsent sur ces parcours naturels dans la zone d'étude, il urge d'adopter un certain nombre de mesures afin de garantir l'intégrité et la productivité des parcours et les performances zootechniques du cheptel. Il s'agit de:

- la délimitation et le balisage des espaces pastoraux et couloir de passage ;
- l'enrichissement des parcours dégradés par la plantation des ligneux fourragers, l'ensemencement par des espèces herbacées de bonne valeur pastorale, par la mise en défend et la régénération naturelle assistée (RNA);
- le contrôle du taux de charge et de l'adapter à la capacité de charge des parcours de manière à éviter le surpâturage;
- la lutte contre les principales espèces envahissantes des aires de pâturages (*Hyptis suaveolens*) ;
- la promotion de la pratique des cultures fourragères à haut rendement telles *Pennisetum purpureum*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Pennisetum pedicellatum* et leur conservation par l'ensilage, la fenaïson ;
- la sensibilisation de tous les acteurs impliqués dans la gestion et l'utilisation des espaces pastoraux ;
- la promotion d'une intégration de l'élevage et de l'agriculture à travers la valorisation des résidus de récolte par les animaux et l'utilisation du fumier dans l'agriculture.

Compte tenu de ce qui précède, la transhumance, étant une stratégie d'adaptation par rapport aux effets du changement climatique, constitue aujourd'hui une menace pour la conservation des ressources pastorales et de la biodiversité dans les communes de Dialafara et Faraba.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. INSTAT, 2015, Comptes économiques du Mali, 1999-2013. Rapport d'étude. 82 p.
2. Direction Nationale des Productions et des Industries Animales, 2017, Rapport annuel, 68p.
3. Carrière M., 1996, Impact des systèmes d'élevage pastoraux sur l'environnement en Afrique et en Asie Tropicale et Sub-Tropicale Aride et Sub-Aride. Livestock and the Environment/Finding a Balance, CIRAD/EMVT. 70 p.
4. FAO, 2012, La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest, Proposition de plan d'action. 146 p.
5. Grouzis M., 1988, Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Etudes et thèses, ORSTOM, Paris. 336 p.
6. FAO, 2003, Profil fourrager au Mali. 25 p.
7. Kiéma A., Bambara G., Tontibomma et Zampaligré N., 2014, «Transhumance et gestion des ressources naturelles au Sahel : contraintes et perspectives face aux mutations des systèmes de productions pastorales ». VertigO- La revue



électronique en sciences de l'environnement, Volume 14 Numéro 3, 16p.

8. Konaré D., 2016, Analyse des impacts de la transhumance sur les ressources pastorales de la commune rurale de Dabia (Cercle de Kéniéba). Mémoire DEA: Populations Environnement «Gestion Durable des Ressources Naturelles». Institut de Formation et de Recherche Appliquée. Bamako. Mali. 81 p.

9. Archies M., Binot A., Wolff E., 2007, «Impacts mutuels de la conservation et de l'élevage transhumant sur l'occupation des sols et des ressources environnementales: une étude de cas camerounaise ». Vertigo- La revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 4. <http://vertigo.revues.org/808>.

10. Union pour la Numérisation des données Géographiques (UNIGEO) et Groupement d'Ingénieurs Conseils pour le Développement (GID), 2013, Plan Communal d'Action Environnementale (PCAE) de la commune rurale de Dialafara. Rapport d'étude. 67p.

11. Diallo D., 2014, Migration et Développement dans les communes de Dialafara et Fatao. Thèse de Doctorat en Socio-anthropologie de l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA), Bamako, Mali. 229p.

12. Unité d'Appui des Productions et des Industries Animales (UAPIA), Faraba., 2017, Rapport d'activités. 19p.

13. RGPH, 2009, 4ème recensement général de la population et de l'habitat du Mali (RGPH). Tome1: Série démographique. Rapports définitifs. 739p.

14. Groupement pour l'Aménagement et la Gestion de l'Environnement (GAGE), 2013, Elaboration de plan d'aménagement et de gestion de la Zone d'Intérêt Cynégétique (ZIC) de Flawa. Rapport d'étude. 151 p.

15. Berhaut J., 1967, La flore du Sénégal, 485p.

16. Hiernaux P. et Diarra L., 1993, Dynamique de la végétation des terres de parcours sahéliennes. Un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1992. Sous-Projet «Tendances Pastorales» (623/1501) C.I.P.E.A., B.P.60, Document de travail n° 001/93, Bamako (Mali). p. 46.

17. Service Local des Productions et Industries Animales (SLPIA), Kéniéba, 2018, Rapport annuel d'activités. 40 p.

18. Toutain B., 1976, Carte des ressources fourragères au 1/50.000e. Cartographie et notice. ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. Rapport. 61 p.

19. Boudet G., 1991, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Ministère de la coopération et du développement: Institut d'élevage

et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (IEMVT); Collection manuels et précis d'élevage (deuxième édition), France. 266 p.

20. Daget P. et Poissonnet J., 1971, «Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application, Annales Agronomiques », 22 (1), pp.5-41.

21. Breman H. et De Ridder N., 1991, Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. EDITIONS KARTHALA, ACCT, CABO-DLO et CTA. 485 p.

22. Boudet, G., 1978, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT. Ministère de la Coopération. Paris. 258 p.

23. Experco International/ID Sahel, 2014, Rapport Mise en place d'une base de données pour suivi pastoral. DRPIA/MDR. 52 P.

24. Rivière, R., 1978, Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. I.E.M.V.T. France, Manuels et précis d'élevage n°9, 2ème édition. 527 p.

25. Nantoumé H., Kouriba A., Togola D. et Ouologuem B., 2000, « Mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés dans l'alimentation des petits ruminants ». Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 2000, 53 (3) : 279-284.

26. François Meschy, 2010, Nutrition minérale des ruminants, Éditions Quæ Versailles Cedex, 207p.

27. Sanon H. O., Savadogo M., Tamboura H. H. et Kanwé B. A., 2014, « Caractérisation des systèmes de production et des ressources fourragères dans un terroir test de la zone soudanienne du Burkina Faso ». Volume 14, numéro 2, 15 p.

28. Kiéma A., Yameogo G., Ouedraogo I. et Yelemou B., 2013, « Caractéristiques des ressources fourragères herbacées des pâturages naturels du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) ». International Journal of Biological and Chemical Sciences - Vol 7, No 5 (2013), 14 p.

29. Karembé M., 2001, La production végétale et l'utilisation des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne au Mali. Thèse de Doctorat de l'université du Mali. 155 p.

30. Sawadogo I., Devineau J. L. et Fournier A., 2012, «Etat des ressources pastorales dans une terre d'accueil et de transit des pasteurs transhumants : le terroir de Kotchari (sud-est du Burkina Faso) ». Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 67, 2012. pp. 157-178.

31. Sinsin B., 1993, Phytosociologie, écologie, valeur pastorale et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre de Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de l'Université Libre de Bruxelles, section inter facultaire d'agronomie. 353 p.

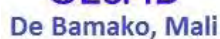
32. Sawadogo I., 2011, Ressources fourragères et représentations des éleveurs, évolution des pratiques



- pastorales en contexte d'aire protégée. Cas du terroir de Kotchari à la périphérie de la Réserve de biosphère du W au Burkina Faso. Thèse de doctorat en Physiologie et Biologie des Organismes - Populations - Interactions de l'Ecole Doctorale Sciences de la Nature et de l'Homme Paris. 337p.
33. Gaston, A. et G. Lamarque, 1990, Les pâturages sahéliens d'Afrique de l'Ouest, IEMVT/CIRAD, Maison Alfort, 221p.
34. Coulibaly D., 2002, Évaluation des potentialités pastorales des parcours de la commune rurale de Duguwolowula. Mémoire DEA : Populations Environnement « Gestion Durable des Ressources Naturelles ». Institut de Formation et de Recherche Appliquée. Bamako. 77 p.
35. Karembe M., Yossi H. et Doumbo A., 1999, « Effet de la mise en défens et de l'exploitation sur la production pastorale des jachères naturelles en zone soudanienne du Mali ». Communication présentée lors du séminaire international, «La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement et alternatives », Dakar 13 au 16 avril 1999, Sénégal, 11 p.
36. PCED/DNAER, 2003, Schéma Directeur d'Aménagement des Espaces Pastoraux de la Région de Kayes. Rapport d'étude. 37 P.
37. Kanambaye B, 2014, Impact des changements climatiques sur l'évolution du système d'élevage transhumant au Mali : Cas des zones de Nioro et Diéma dans la région de Kayes. Mémoire de fin de cycle IPR/IFRA. Katibougou. Mali. 39 P.
38. Sinsin, B., 1991, «Influence de la topographie sur la production pluviale des pâturages herbacés des savanes soudanienne du Nord Bénin ». Actes de séminaire international sur la gestion agro climatique des précipitations, Bamako, Mali 9-13 décembre 1991.
39. Zoungrana, I., 1991, Recherche sur les aires pâturées du Burkina Faso, Thèse de doctorat, Sciences naturelles, Université de Bordeaux III, France, 284p.
40. Teka O., Van Onacker J., Sinsin B. A. et Lejoly J., 2005, « Evaluation pastorale du ranch de Samiondji au Bénin ». Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin Numéro 48, vol 4, pp. 33-47.
41. Daget P. et Godron M., 1995, Pastoralisme: Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER, AUPELF, UREF, Universités francophones. 510 p.
42. Grouzis M., Claude J. et Milleville P., 1991, Un espace sahélien : la mare d'Oursi, Burkina Faso, O.R.S.T.O.M., 254p.
43. Penning De Vries et Djitèye M. A., 1982, La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Research. Report. 918, pudoc, Wageningen. 525 p.
44. FAO, 1997, Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. Rapport d'étude, 231p.
45. Wheeler B., 1995, Guide d'alimentation des vaches laitières. <http://www.omafr.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/pub101.htm>.
46. Guérin H., Friot D., Mbaye N. D., Fall S. T., Richard D., Diop M., 1987, «L'ingestion des fourrages des parcours naturels en zone sahélienne: mesures en stabulation et au pâturage». Reproduction Nutrition Développement 27 (1B). PP. 197-198.
47. Baumont R., Aufrère J. et Meschy F., 2009, « La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation ». Fourrages éd (2009), vol 198, pp.153-173.
48. Gueguen I. ; Durand M. et Meschy F., 1987 «Bulletin Technique du Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires ». Theix. INRA; 70, 105-112p.
49. Sosthène H., 2007, Evaluation des déficiences minérales dans les élevages bovins en périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso, au Burkina Faso. Thèse de doctorat Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 119p.
50. UICN, 2015, Évaluation de l'état général des ressources pastorales au Burkina Faso. Rapport d'étude. 118 p.



PARTENAIRES ET SPONSORS



Mali-Folkcenter Nvetaa



SAKHO BECI



UQTR



Université du Québec
à Trois-Rivières

