

Impact de la variabilité pluviométrique sur le rendement de trois variétés de sorgho en zone soudanienne du Mali

Seydou Mamadou TRAORE1*, Mahamoudou FAMANTA1, Dommo TIMBELY2, Adama TOGOLA1, Ousmane NIANGALY1, Abdoulaye SIDIBE1, Brahim SONGORE3, Boubalé SISSOKO1

1 IPR / IFRA de Katibougou;

2 Institut d'Economie Rurale (IER);

3 Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA)

Tél. : (+ 223) 71911304 ;

* Adresse de correspondance : E-mail : seydraore2000@yahoo.fr

RESUME : La variabilité pluviométrique est la caractéristique principale de la zone soudano-sahélienne. Au Mali, l'agriculture pluviale qui occupe plus de 80% de la population est la principale source de subsistance et de revenu des producteurs. Elle est très tributaire de la variabilité pluviométrique, notamment des faux départs de la saison pluvieuse, de la fréquence des poches de sécheresse pendant la saison des pluies, de la durée de la saison et enfin des techniques culturales.

A cause des irrégularités dans l'avènement des pluies et des pertes de fertilité des sols, les rendements des céréales et plus particulièrement du sorgho sont en baisse progressive. Différentes stratégies de lutte pour une meilleure production du sorgho ont été élaborées, parmi lesquelles l'adoption des variétés précoces, celles génétiquement modifiées, et ayant subi la mutagenèse.

L'objectif de cette étude est d'analyser, de 2012 à 2015, le comportement de trois variétés de sorgho ayant subi la mutagenèse.

L'essai a été implanté dans la ferme Agro-sylvo-pastorale de l'Institut Polytechnique Rurale de Formation et de la Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou.

Le dispositif expérimental est le bloc de Fischer à quatre répétitions, avec comme facteur, la variété à trois niveaux (Sofin, Gnoumani et Ansona)

Le logiciel d'analyse est le STATITCF

Les paramètres observés étaient rendement grain (Rdmt) et le rendement en biomasse aérienne

Les résultats du rendement en grain (39,96 q/ha) et en paille (143,26 q/ha) sont nettement supérieurs à la moyenne nationale.

L'analyse de variance des résultats a montré:

- une forte corrélation entre les fluctuations pluviométriques et celles de la productivité du sorgho.
- la variété tardive « Ansona » : CMI-06, V3 est la plus performante en rendement grain, et en rendement paille quel que soit l'année.

Mots clés : Variabilité pluviométrique, zone soudano-sahélienne, rendement du sorgho.

1. Introduction

La variabilité pluviométrique est la caractéristique principale de la zone soudano-sahélienne. Cette variabilité se manifeste tant bien par la variation du cumul d'eau de pluie recueillie annuellement que par la répartition de ces eaux durant la saison d'hivernage (6, 10, 11, 13).

Au Mali, l'agriculture pluviale qui occupe plus de 80 % de la population est la seule source de subsistance et de revenu des producteurs et produit plus de 40 % du PIB (4). Elle est très tributaire de la variabilité pluviométrique, des faux départs (des incertitudes en début) de la

saison pluvieuse, de la fréquence des poches de sécheresse au sein de la saison des pluies, de la durée de la saison et enfin des techniques culturales utilisées (6, 13).

A cause des irrégularités, des incertitudes dans l'avènement des pluies et des pertes de fertilités des sols, les rendements des céréales et plus particulièrement du sorgho sont en baisse progressive (4). Différentes stratégies de lutte pour une meilleure production du sorgho ont été élaborées parmi lesquelles l'adoption des variétés précoces, des variétés génétiquement modifiées et des variétés ayant subi de la mutagenèse.

L'objectif de cette étude est d'analyser, de 2012 à 2015, le comportement de trois variétés de sorgho (une variété précoce « Sofin » : 86-25-13, une variété intermédiaire « Gnoumani » : 88-10-06 et une variété tardive « Ansona » : CMI-06) dans le contexte actuel de variabilité pluviométrique locale et du réchauffement planétaire.

2. Matériel et méthode

2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de trois variétés de sorgho issues du programme de mutagenèse du laboratoire agro-physiologique et de biologie végétale de l'IPR/IFRA de Katibougou. Leurs caractéristiques sont consignées dans le Tableau 1.

2.2 Méthodologie

Sites : L'essai a été implanté sur la parcelle expérimentale de l'Institut Polytechnique Rurale de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, sur un sol ferrugineux tropical à texture sablo limoneuse. L'IPR/IFRA de Katibougou est situé à 70 Km de Bamako et à 3,5 Km de la ville de Koulikoro (chef lieu de la 2^{ème} région administrative du Mali). Il couvre une superficie d'environ 380 ha le long du fleuve Niger sur sa rive gauche. Le fleuve Niger est le cours d'eaux permanent que le domaine de l'IPR/IFRA longe sur 3 km.

Les coordonnées géographiques de la parcelle qui abrite l'essai sont : 12°55'22,41''N ; 7°31'22,18''O ; altitude 302 m.

Le climat de type soudano-sahélien est caractérisé par une saison sèche de 7 à 8 mois (Octobre-Juin) et une saison des pluies de 4 à 5 mois (Juin-Septembre).

La quantité de pluie tombée durant les trois années (2012, 2013, 2014) d'expérimentation sont respectivement de 917,4 mm, 749,9 mm et de 722,4 mm.

Les sols de l'IPR/IFRA de Katibougou sont diversifiés et relativement hétérogènes. Les principaux types rencontrés sont les suivants : - Les lithosols ; - Les sols ferrugineux tropicaux jaunes ; - Les sols ferrugineux tropicaux rubéfiés ; - Les sols ferrugineux tropicaux à hydromorphie profonds ; - Les sols peu évolués d'apports alluviaux hydromorphes ; - Les sols hydromorphes à gley peu profonds ; - Les sols hydromorphes à amphigley.

La végétation est dominée par une savane arbustive à arborée avec un mélange de graminées annuelles. Cette végétation, sujette à

une intense exploitation, est fortement dégradée malgré les tentatives de reboisement.

Méthode

Durant les trois campagnes agricoles (2012-2013, 2013-2014 et 2014-2015), le comportement de trois variétés de sorgho a été étudié. Il y avait deux (2) facteurs, l'année d'implantation de l'essai et le second la variété à trois niveaux de variation (V1, V2 et V3). Durant les trois années, il n'y a eu aucun apport d'engrais organique du fait que la parcelle était sous jachère.

Dispositif expérimental :

Le dispositif utilisé est le Bloc de Fisher à quatre répétitions.

Variables mesurées

Les observations ont porté sur les paramètres suivants:

- le rendement grain des différentes variétés ;
- le rendement en biomasse aérienne sèche.

3. Résultats

Effets variété sur le rendement grain

La moyenne du rendement en grain pour chaque variété, ainsi que la moyenne générale sont dans le **tableau 2**. Elles baissent d'année en année.

L'analyse de variance des résultats obtenus a montré une différence hautement significative entre les trois variétés en ce qui concerne le rendement en grain. Le test de Newman et Keuls au seuil de signification 5% a révélé trois groupes homogènes pour les campagnes 2012-2013 et 2013-2014 contre seulement deux groupes pour la campagne 2014-2015. Les rendements les plus élevés ont été observés pour la variété V3 au cours des trois campagnes de l'expérimentation. La campagne 2012 – 2013, le rendement grain est de 63,21 q/ha; il est de 44,79 q/ha la campagne 2013-2014, et de 27,99 q/ha la campagne 2014-2015 (tableau 2).

Effet de la variété sur le rendement en biomasse aérienne (q / ha)

L'analyse de variance a montré une différence hautement significative entre les trois variétés en ce qui concerne la production de biomasse aérienne. Le test de Newman Keuls au seuil de signification 5%, a révélé que la variété V3 a donné le meilleur rendement paille avec une moyenne de 162,58 q/ha, suivie de la variété V2 avec un rendement moyen de 130,25 q/ha et enfin de la variété V1 avec un rendement moyen en biomasse aérienne de 92,67 q / ha. Les rendements obtenus des différentes variétés

sont en baisse progressive d'année en année (tableau 3).

Effets de la variété sur le rendement moyen grain des trois années d'expérimentation

L'analyse de variance des résultats des trois années d'expérimentation met en évidence une différence hautement significative entre les trois variétés en ce qui concerne le rendement en grain. L'application du test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5 % révèle trois groupes homogènes:

Le premier groupe « A », le plus performant avec un rendement moyen de 45,03 quintal à l'hectare est constitué par la variété V3;

Le second groupe « B », avec un rendement en grain de 37,88 q / ha est constitué par la variété V2 et le troisième groupe « C », le moins performant avec un rendement de 27,96 q/ha est constitué par la variété V1 (voir **tableau4**).

Effets de la variété sur le rendement moyen en biomasse aérienne au cours des trois années de l'expérimentation

L'analyse de variance des résultats du rendement en biomasse aérienne montre une différence hautement significative entre les trois variétés. L'application du test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5% a révélé trois groupes homogènes:

Le premier groupe « A », le plus performant avec un rendement moyen en biomasse aérienne de 185,17 quintal à l'hectare est constitué par la variété V3;

Le second groupe « B », avec un rendement moyen de 140,60 q / ha est constitué par la variété V2 et le troisième groupe « C », le moins performant est constitué par la variété V1 avec un rendement moyen de 104,02 q/ha (voir tableau 5).

4. Discussions

L'analyse des diagrammes ombrothermiques des années 2012, 2013 et 2014 montrent que toutes les campagnes agricoles ont été humides par rapport à la normale pluviométrique (1981 – 2010). Les techniques culturales appliquées (labour, enfouissement des intrants et sarclage) ont été les mêmes durant les trois années, il en a été de même des intrants agricoles apportés, notamment de l'engrais minéral. La baisse de rendement (productivité et production) ne peut être due qu'à la perte de fertilité du sol, la répartition de la pluviométrie à l'intérieur des décades.

Perte de fertilité

- a. La campagne agricole 2012-2013 a été réalisée à la suite d'une jachère de plus de trois ans pendant laquelle la parcelle était souvent labourée. La jachère permet la restauration de la fertilité des sols et un meilleur approvisionnement du sol en eau (7), la parcelle possédait alors un fort capital en matière organique et en eau.
- b. Pendant les autres campagnes, il n'y a pas eu d'apport d'engrais organique, alors que l'apport d'engrais minéral favorise la décomposition de la matière organique présente dans le sol et entraîne donc un appauvrissement progressif d'année en année de la parcelle en matière organique et en capacité de rétention de l'eau du sol. La biomasse sèche, qui représente environ 200 q / ha est exportée chaque année pour l'alimentation des animaux.
- c. La parcelle (le sol) reste sans couverture végétale (nue) durant les huit mois de saison sèche, exposée au soleil, aux vents et aux ruissellements causés par les premières pluies.

Répartition de la pluviométrie à l'intérieur de la décade

La répartition de la pluviométrie a une très grande importance sur la croissance de la plante. En général le sorgho est une plante de jour court dont l'induction florale se produit lorsque la durée du jour descend en dessous d'un seuil critique. La variété tardive V3 (CMI- 06A) est la plus productive en rendement grain, et en biomasse aérienne quelle que soit l'année, parce que d'un côté, ces variétés tardives ont plus de temps pour développer leur biomasse aérienne avant la période d'épiaison ce qui leurs permet de porter une plus grande inflorescence, de l'autre côté les trois années de l'expérimentation sont toutes des années humides ce qui a permis à la variété tardive de bien boucler sa période végétative. Ces faits confirment les résultats des auteurs (14).

Les rendements moyens obtenus (45,03q/ha pour la variété V3 ; 37,88 q / ha pour la variété V2 et 27,96 q/ha pour la variété V3) sont nettement supérieurs à la moyenne de rendements obtenus (au moins 2 t / ha) au niveau du Laboratoire de l'IPR/IFRA de Katibougou en1988 (9) (voir tableau 1), mais très en deçà du potentiel de production 6,7 t/ha proposé par Clerget B. (2 ; 3). Au Mali, le rendement moyen est de 1 tonne / ha (5). Ceci peut s'expliquer par les faits suivants :

- Le court délai des tests d'observation sur les variétés créées dans le contexte de la variabilité pluviométrique de la zone soudano sahélienne ;
- Le manque de jachère et de rotation des cultures ;
- La pratique des techniques culturales et d'entretiens qui dépendent souvent de la motivation personnelle de l'agent de terrain.
- La mauvaise répartition de la pluviométrie

Tableau 1: Caractéristiques du matériel végétal

Nom de la variété (Bambara)	Numéro de sélection	Origine	Durée semis-50% épiaison, jours (Cycle végétatif)	Période d'épiaison	Couleur des glumes	Caractéristiques du grain		Rendement Grain
						Couleur	Egrenage	
SOFIN	MIKSOR 86- 25 - 13	IPR/IFRA	96	épie vers le 15/9 à la latitude 12°56'	Noire	Blanche	Bon	2,0 -2,5 t/ha
ANSONA	CMI 06	IPR/IFRA	110	épie vers le 27/9 à la latitude 12°56'	Noire	Blanche	Bon	2,7-3,8 t/ha
GNOUMANI	MIDSOR 88-10- 06	IPR/IFRA	96	Epie vers le 20/9 à la latitude 12°56'	Rouge	Rouge	Bon	2,5 -3 t/ha

Source : Laboratoire d'agro-physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou (1988)

Schéma du dispositif expérimental

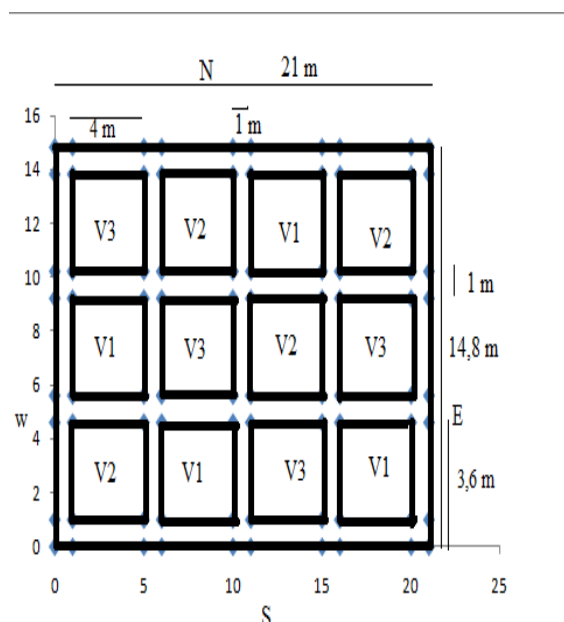


Tableau 2: Effets de la variété sur le rendement grain (q / ha)

Variétés	2012-2013	2013-2014	2014-2015
	Rendement grain (q/ha)	Rendement grain (q/ha)	Rendement grain (q/ha)
V3= CMI 06A	63,21 ^a	44,79 ^a	27,99 ^a
V2= 86 25 13	50,80 ^b	38,96 ^b	26,85 ^a
V1=88 10 25	34,45 ^c	27,81 ^c	22,13 ^b
Moyenne générale	49,48	37,19	25,66
Signification	HS	HS	HS
CV, %	17,4 %	14,9 %	27,4 %

NB : Les chiffres accompagnés par la même lettre ne sont pas significativement différents.

Tableau 3 : Effets de la variété sur le rendement en biomasse aérienne

Variétés	2012-2013	2013 - 2014	2014-2015
	Rendement moyen en biomasse aérienne	Rendement moyen en biomasse aérienne	Rendement moyen en biomasse aérienne
V3	196,75 ^a	168,76 ^a	122,24 ^a
V2	127,72 ^b	160,19 ^a	102,83 ^b
V1	74,78 ^c	111,49 ^b	91,73 ^b
Moyenne générale	133,08	146,82	105,6
Signification	HS	HS	HS
C.V. %	30,5%	22,1%	26,8%

NB : Les chiffres accompagnés par la même lettre ne sont pas significativement différents.

Tableau 4 : Effets variété sur le rendement en grain au cours des trois années d'expérimentation

Variétés	Moyennes du rendement en grain (q / ha)	Groupes Homogènes
V3	45,03	A
V2	37,88	B
V1	27,96	C
Moyenne générale	39,96	
Signification	HS (Hautement significative)	
CV, %	23,7%	

NB : Les chiffres accompagnés par la même lettre ne sont pas significativement différents.

Tableau 5: Effets variété sur le rendement en biomasse aérienne des années de l'expérimentation

Variétés	Moyennes du rendement en biomasse aérienne (q/ha)	Groupes Homogènes
V3	185,17	A
V2	140,60	B
V1	104,02	C
Moyenne générale	143,26	
Signification	HS (Hautement significative)	
CV, %	29,8 %	

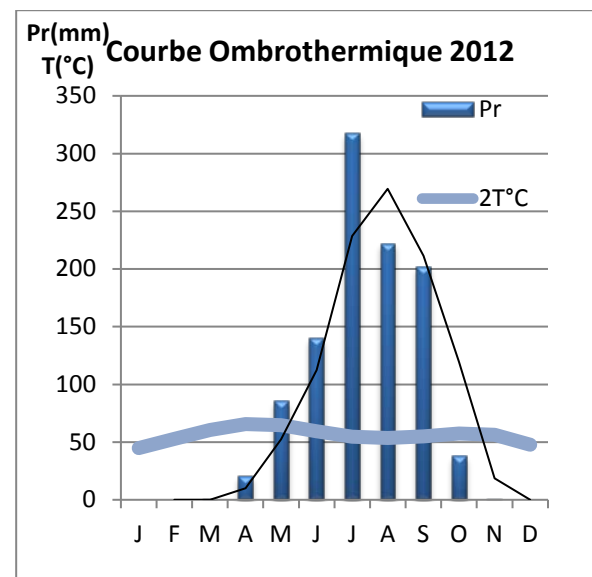


Figure 1 : Courbe ombrothermique de l'année 2012

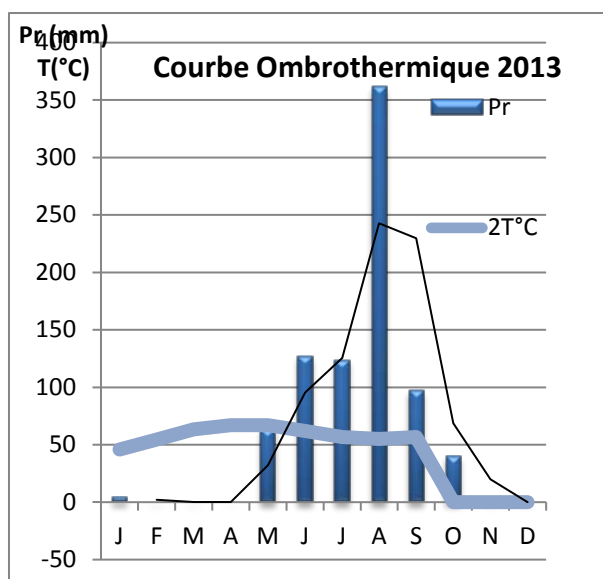


Figure 2 : Courbe ombrothermique de l'année 2013

NB : Les températures mensuelles des mois octobre, novembre et de décembre n'étaient pas disponibles.

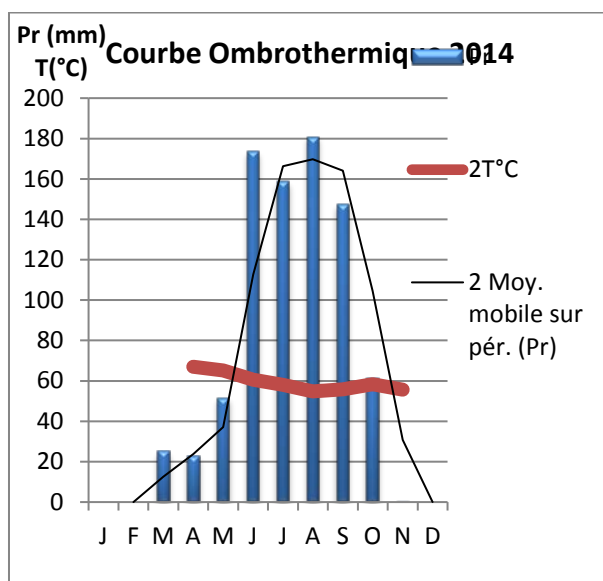


Figure 3 : Courbe ombrothermique de l'année 2014.

Les diagrammes ombrothermiques de trois années de l'essai montrent que les saisons pluvieuses ont été humides à excédentaires du début du mois de juin à la fin du mois de novembre.

5. Conclusion

Aux termes des trois années de l'essai dans la zone agro climatique de l'IPR / IFRA de Katibougou, les facteurs étudiés ont tous eu des effets hautement significatifs sur les variables

mesurées (rendement en grain et production de la biomasse aérienne). Nous constatons que:

- parmi les variétés sélectionnées dans nos institutions de recherche, il y a des variétés à haut rendement qui, si les conditions pluviométriques sont réunies peuvent largement contribuer à l'autosuffisance alimentaire et à l'alimentation animale.
- la variété V3 est la plus performante en rendement grain, et rendement en biomasse aérienne quelque soit l'année;
- La pluviométrie, sa répartition décadaire et le nombre de poches de sécheresse au cours de la saison pluvieuse ont joué un rôle important sur les variables mesurées.

Bibliographie

- [1] ARVALIS –Institut du végétal Variétés ; 2010 - Conduites de culture CHOISIR SORGHO (60 pages).
- [2] CLERGET B., TRAORE S., 2007-2008, Le potentiel de rendement du mil et du sorgho en Afrique de l'Ouest, PROMISO-Projet Mil et Sorgho.
- [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] ERPICUM M., TRAORE S. M., 1999, Analyse du régime des précipitations journalières au Mali, Liège- Belgique, 33-39, 43.
- [7] GIGOU J., COULIBALY L., WENNINCK B., TRAORE K.B. ; 1997, Aménagements des champs pour la culture en courbes de niveau au sud du Mali. *Agric Dévelop* 14 : 47-57.
- [8] 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.
- [9] Bretaudeau A et al. 1988, Laboratoire d'agro-physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou
- [10] LEROUX M., 1996, La dynamique du temps et du climat, Masson, Paris, pages 60-75, 310.
- [11] PEDELABORDE P., 1958, Les moussons, collection ARMAND COLIN, Paris, pages 56-68, 209.
- [12] REYNIERS F., FOREST F., 1990, La pluie n'est pas le seul remède à la sécheresse en Afrique, Sécheresse n°1, Montrouge, France, pages 36 -43.
- [13] SALACK S., MULLER B., GAYE A.T., HOURDIN F., CISSE N., 2012, analyse des pauses pluviométriques au Niger et au Sénégal, Sécheresse vol.23, Montrouge, France 2012, Pages 3 -13.
- [14] VAKSMANN M, TRAORE S.B, NIANGADO O. ; 1996 ; Le photopériodisme des sorghos africains. *Agric Develop* ; 9 : 13-8.
- [15] VERGONJEANNE R., 2011, Les rendements progressent de 11%, Sorgho grain, Terre-net Média.