

Etude du comportement des variétés de Sorgho à système racinaire long et court dans les conditions de stress hydrique au Mali.

Cissé F. Touré^{1*}, Touré A.², Diallo A. G.³, Karembé M.¹; Timbely D.³, Boubacar A.³, Bamba H.³, Touré A. O.³,
Coulibaly S. B.³, DABO H.³.

¹Faculté des Sciences et Technique / USTTB, Mali ; ² ICRISAT Bamako ; ³Institut d'Economie Rurale

*Correspondant courriel : antacisd@yahoo.fr

RESUME : Au Mali, le sorgho cultivé (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) représente plus du quart des surfaces emblavées en céréales. Il représente la deuxième céréale pluviale après le mil. Il est cultivé dans les isohyètes comprises entre 400 et 1200 mm et aussi en décrue. Cette étude a été menée à la Station de Recherche Agronomique de Sotuba. Elle avait pour objectif d'évaluer en pots sous irrigation contrôlée six (6) variétés de sorgho dont trois (3) à système racinaire long et trois (3) à système racinaire court. Ceci vient en complément à l'étude des systèmes racinaires de cent (100) variétés de sorgho réalisée à Sotuba [16].

Les résultats ont montré que l'interaction variété/régime d'irrigation est significative pour le nombre de feuilles vertes. Concernant la hauteur des plants, toutes les variétés (racines longues ou courtes) se sont comportées de la même manière pour tous les régimes d'irrigation. Par contre, pour toutes les variétés confondues, il a été observé une différence significative entre les différents régimes d'irrigation. La plus faible hauteur des plants a été enregistrée sous régime d'irrigation1 (Ir1) avec 0,60 m. L'interaction variété /irrigation n'est pas significative pour la biomasse. Il a été par contre observé une augmentation du poids paille sèche en fonction du régime d'irrigation.

Les résultats obtenus, n'ont pas permis de mettre en évidence la relation entre la longueur des racines et la tolérance au stress hydrique.

Mots clés : *Sorghum bicolor*, Système racinaire, Stress hydrique, Mali.

1. INTRODUCTION

Le sorgho (*Sorghum bicolor ssp* (L.) Moench) est l'une des principales denrées alimentaires des populations de la zone sahélienne. Parmi toutes les cultures pluviales du Mali, le sorgho représente la deuxième céréale la plus cultivée et la plus consommée après le petit mil. Il est cultivé en condition pluviale entre les isohyètes 400 et 1200 mm et en décrue [1]. Le sorgho est une céréale adaptée aux conditions climatiques difficiles et aux sols pauvres. En plus, il a un bon niveau de tolérance aux principaux insectes et maladies. La faiblesse de son rendement est due à plusieurs contraintes d'ordres biotiques et abiotiques. Il est en effet bien établi que l'une des principales contraintes à la production du sorgho est le déficit pluviométrique. L'eau est la ressource naturelle qui limite le plus, les rendements en agriculture [23].

Dans le but d'améliorer sa productivité, plusieurs travaux ont été réalisés [2, 3, 4, 22, 13]. L'existence de souches tolérantes à la sécheresse a été mise en évidence. C'est ainsi que la CSM 205 s'est révélée tolérante à la sécheresse au stade plantule et la CSM 63-E au stade post-floral [15].

De nombreux travaux [4, 13] ont montré que l'adaptation du sorgho provient du calage des cycles sur les dates de début et de fin de saison des pluies. Ceci est dû au caractère photopériodique des écotypes locaux.

Le photopériodisme apparaît comme appartenant à un nouveau type de caractères de tolérance à la sécheresse non prévu par Lewitt qui valoriserait au mieux les ressources pluviométriques [18].

Les variétés locales possèdent un caractère d'adaptation essentiel, le photopériodisme, qui assure la synchronisation de la floraison avec la fin

de la saison des pluies quel que soit la date de semis [4, 16, 22].

Avec les résultats d'une première étude effectuée sur la caractérisation du système racinaire de cent (100) variétés de sorgho locales et améliorées, cultivées au Mali [16], il a été jugé important et nécessaire d'étudier la relation existante entre la longueur des racines et la tolérance au stress hydrique.

Les racines, organes souterrains, sont nettement moins bien connues que les organes aériens. Cela tient, entre autre aux difficultés d'accès aux systèmes racinaires dans le sol [3]. En complément à la première étude menée en 2007 par Touré, les travaux actuels ont permis d'évaluer le comportement de six variétés de sorgho à systèmes racinaires différents dans les conditions de stress hydrique au Mali.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Site

L'étude a été conduite à la Station de Recherche Agronomique de Sotuba (SRA/Sot) de 2009 à 2010. La SRA/Sot est située sur la rive gauche du fleuve Niger à environ 7 km du centre-ville de Bamako et couvre une superficie d'environ 268 ha. Le climat est du type soudanien avec une pluviométrie variant de 800 à plus de 1000 mm (latitude 12° 38' Nord, longitude 7° 56' Ouest et une altitude de 320 m). Le sol de la station est de type limoneux, argileux et sablo argileux. La température annuelle est comprise entre 20°C (janvier) et 42°C (Avril et Mai) (Agro climatologie Sotuba, 2009).

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de six variétés dont 4 issues de la collection malienne de sorgho (Malisor) de 1978 et 2 issues du programme national d'amélioration génétique de sorgho (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des variétés

Variétés	Race	Groupes	Longueur racinaire (m)	Densité racinaire (g/m ³)
97-ML0106	Guinea	RL	1,18	2944
97ML0219	Durra	RL	1,17	3470
97ML1736	Durra	RL	1,12	3783
97ML1514	Guinea-caudatum	RC	0,31	845
97-SB-F5DT-138 (Yeninio)	Guinea-caudatum	RC	0,43	999
02-SB-F4DT-275 (Grinkan)	Guinea-caudatum	RC	0,47	300

Source : Programme Sorgho: IER/, 1978 ; RL : racines longues ; RC : racines courtes

2.3. Méthodologie

Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé est un split-plot avec deux facteurs en deux répétitions. Le facteur principal est le niveau d'irrigation avec 4 régimes et les variétés au nombre de six (6) constituent le facteur secondaire (tableau 1).

Régime d'irrigation

Quatre niveaux d'irrigation ont été utilisés :

- niveau d'irrigation 1 (T1) : les plants ont été irrigués du semis jusqu'au 45^{ème} jour ;
- niveau d'irrigation 2 (T2) : les parcelles ont été irriguées du semis au stade épiaison ;
- niveau d'irrigation 3 (T3) : les parcelles ont été irriguées du semis au stade floraison ;
- niveau d'irrigation 4 (T4) : les plants ont été soumis à un régime d'irrigation

continue du semis à la maturité physiologique.

La parcelle élémentaire est constituée de 5 poquets (tuyaux). La distance entre les tuyaux est de 0,50 m sur la ligne et de 0,75 m entre les lignes, soit une parcelle unitaire de 76,5 cm².

Les variétés retenues ont été soumises à une irrigation contrôlée d'octobre 2009 à janvier 2010. Pendant cette période la température moyenne maximale variait entre 35°C (octobre) et 25°C (janvier) (Mali Météo, année 2010).

Pour la fréquence d'arrosage, deux arrosages ont été effectués par semaine soit tous les trois jours.

Le semis a été réalisé le 24/10/2009 avec cinq graines par poquet contenant du terreau provenant de la SRA/Sot. Chaque poquet se trouve dans un tuyau PVC mesurant 100 cm de long et 20 cm de diamètre. Les semences ont été traitées avec de l'Apron Star à la dose de 1 sachet de 10 g pour 4 kg de semences. Après germination, il a été réalisé un démariage à un plant par poquet dans le tuyau.

Les paramètres mesurés sont : Nombre de feuilles vertes, Hauteur des plants, quantité de paille. Les données recueillies ont été soumises à l'analyse de variance. Les logiciels Excel et GenStat ont été utilisés pour effectuer les calculs statistiques.

3. RESULTATS

3.1. Variations du nombre de feuilles en fonction du régime hydrique

L'analyse de variance a montré que l'interaction variété/régime d'irrigation est significative ($P=0,004$) pour le nombre de feuilles vertes. Le coefficient de variation est de 2%.

Pour tous les régimes d'irrigation confondus, les variétés 97ML0106 et 97ML1514 ont enregistré les

plus grands nombres de feuilles vertes (6 feuilles vertes) (tableau 2). Par contre, la variété Grinkan a enregistré le plus petit nombre de feuilles vertes (3). En ce qui concerne le régime d'irrigation, c'est le régime 4 (Ir4) qui a présenté en moyenne le plus grand nombre de feuilles vertes (6).

Les feuilles vertes du sorgho jouent un grand rôle dans la synthèse des substances organiques (photosynthèse). Les variétés 97ML0106 (race Guinée) et 97ML1514 (naturelle race Guinée-Caudatum) qui ont le nombre élevé de feuilles vertes aux différents régimes d'irrigation présentent respectivement une longueur racinaire de 1,18m et 0,31m. Il n'y a pas une tendance des variétés à système racinaire long et dense ayant un nombre le plus élevé de feuilles vertes.

Tableau 2: Nombre de feuilles vertes/variété /régime d'irrigation

Variétés	IR1	IR2	IR3	IR4	Moyenne
97ML0106	6	7	4	7	6
97ML0219	2	3	3	6	4
97ML1736	6	4	5	6	5
97ML1514	5	5	4	8	6
97SBF5DT 138	3	4	4	5	4
Grinkan	3	1	3	4	3
Moyenne	4	4	4	6	5

3.2. Perte de feuilles en fonction du régime d'irrigation

L'observation du tableau 4 a montré que le nombre de feuilles vertes diminue en fonction du régime d'irrigation excepté, le régime d'irrigation 4.

3.3. Variation de la hauteur des plants

L'analyse de variance n'a pas montré de différences significatives entre les variétés pour toutes irrigations confondues ($P=0,094$). L'interaction variétés/irrigations n'est pas significative ($P=0,78$). Par contre, il existe une différence hautement significative entre les régimes d'irrigations ($P=0,001$). Le coefficient de variation est de 27,87%.

La plus petite hauteur a été observée sous le régime d'irrigation 1 (Ir1) avec 0,60 m. Quel que soit le régime hydrique, toutes les variétés se sont comportées de la même manière.

Tableau 4: Nombre de feuilles vertes par régime d'irrigation

Irr	MF1	MF2	MF3	MF4	Nbre total de feuilles perdues
Ir1	9	7	5	4	5
Ir2	8	6	5	4	4
Ir3	9	6	5	4	5
Ir4	7	7	6	6	1

MF1 : Nombre de feuilles vertes au premier comptage ; MF2 : Nombre de feuilles vertes au deuxième comptage ; MF3 : Nombre de feuilles vertes au troisième comptage ; MF4 : Nombre de feuilles vertes au quatrième comptage.

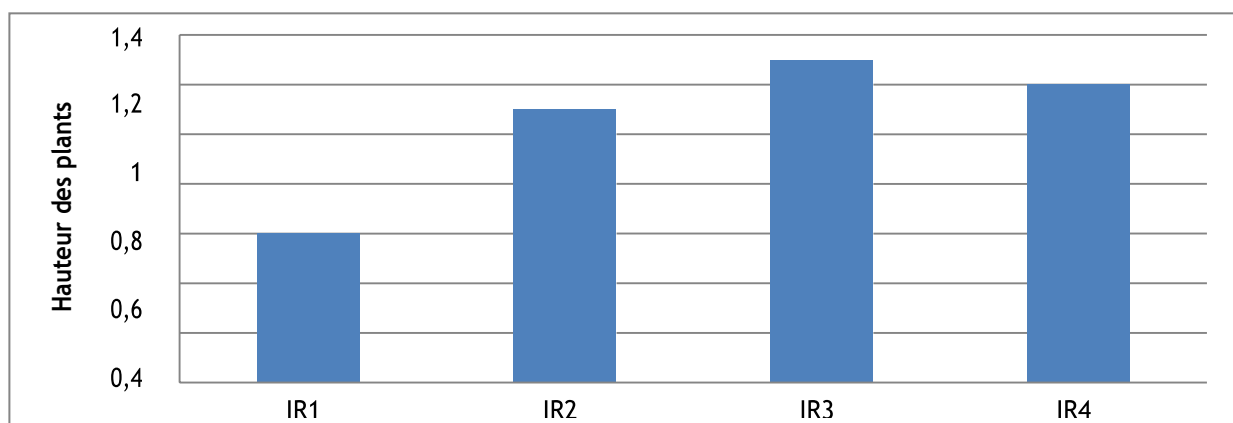


Figure 1 : Hauteur des plants par régime d'irrigation

3.3 Variation de poids paille (tige et feuilles sèches en gramme) des plants sous irrigation contrôlée

L'analyse statistique a montré que l'interaction variétés/irrigations n'est pas significative ($P=0,078$) pour ce paramètre. Cependant, il existe des différences hautement significatives ($P=0,004$) entre les variétés pour tous les régimes d'irrigation confondus et entre les régimes d'irrigation pour toutes les variétés

confondus avec un coefficient de variation de 15,8%.

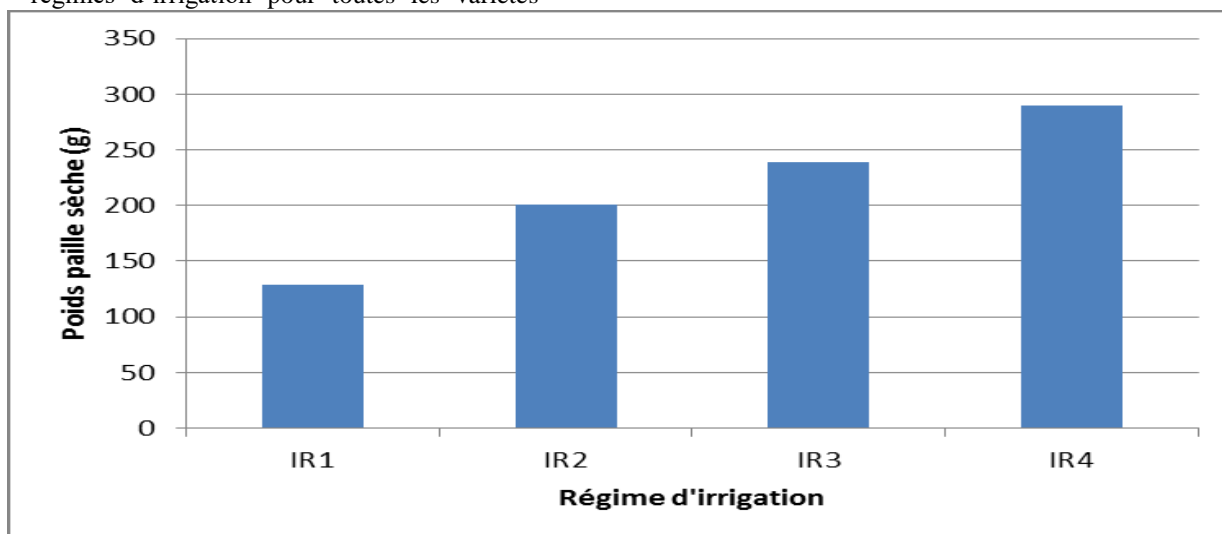


Figure 2 : Poids paille sèche pour tous régimes confondus

L'observation de la figure 2 indique une augmentation du poids de la paille sèche en fonction du régime d'irrigation. Le poids de la

paille sèche le plus élevé a été enregistré en régime d'irrigation 4 (Ir4) avec 290 g et le plus faible en Ir1 avec 129,2 g.

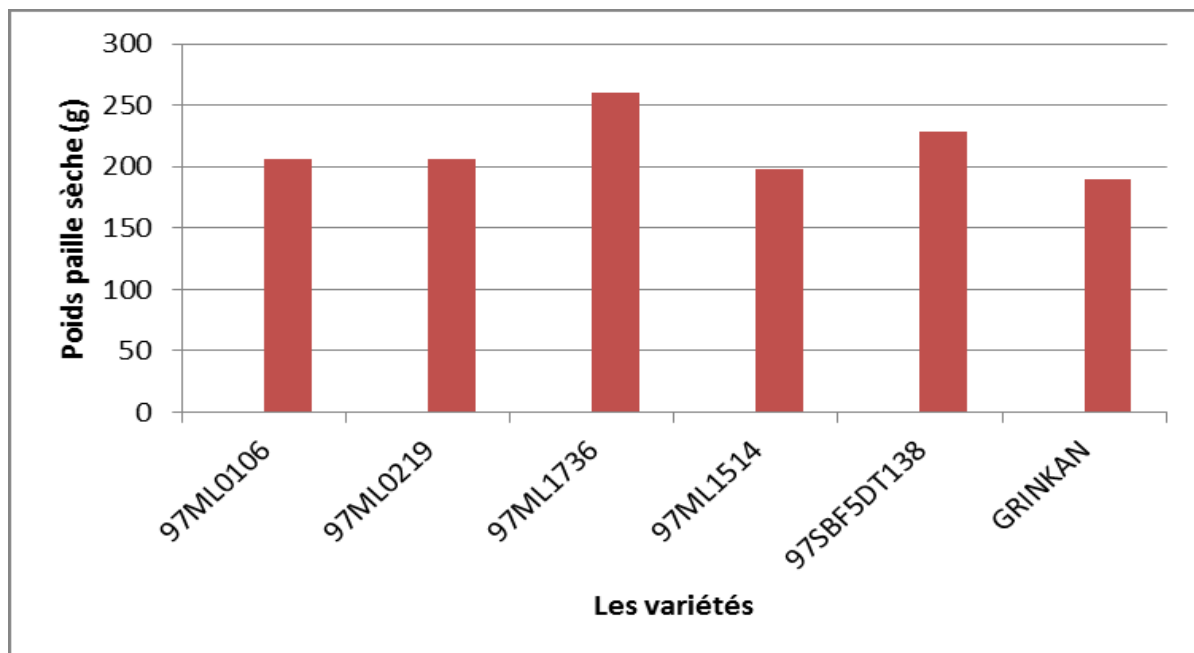


Figure 3 : poids paille sèche par régime d'irrigation pour toutes variétés confondues.

La 97ML1736 (variété à racine longue) a enregistré la plus grande valeur du poids de la paille sèche (260 g) tandis que les plus faibles valeurs ont été obtenues par Grinkan (variété à racine courte) et 97ML1514 (variété racine courte) respectivement 190 g et 197,5 g (figure 3). Avec ces résultats, des variétés à système racinaire long et dense ne montrent pas une biomasse aérienne élevée.

4 Discussion

Selon l'analyse de la variance sur le nombre de feuilles vertes, les variétés à système racinaire long et court se sont comportées de la même manière quel que soit le régime d'irrigation. Quel que soit la longueur du système racinaire, les variétés produisent toujours le même nombre de feuilles vertes signifiant qu'il n'y a pas d'effet système racinaire sur la production de feuilles vertes chez le sorgho. Autrement dit, les variétés soumises aux différents régimes d'irrigation de l'étude n'ont pas montré une tendance des variétés à système racinaire long et dense ayant un nombre plus élevé de feuilles vertes.

Ainsi, l'arrêt précoce de l'apport d'eau entraîne d'une diminution du nombre de feuilles vertes participant à la photosynthèse.

Par rapport à la hauteur des plants, les variétés ont été statistiquement égales. Sous les autres régimes d'irrigation (Ir2, Ir3, Ir4), les plants ont eu respectivement 1,07 m; 1,05 m et 1,04 m.

La plus faible taille en Ir1 pourrait s'expliquer par le fait de l'installation du stress dès le 45^{ème} jour après semis et les plants n'ont pas eu suffisamment de temps pour leur croissance. Cette réduction de taille confirme les résultats obtenus par Falalou et al. (2005) [6], qui ont trouvé qu'un déficit hydrique durant la croissance végétative réduit la taille du sorgho (*sorghum bicolor* (L.) Moench.).

Le besoin en eau du mil est faible (300 mm par an au minimum) alors que le sorgho (400 mm) est un peu plus exigeant [20].

Pour le poids de la paille sèche, toutes les variétés se sont comportées de la même manière quel que soit le régime d'irrigation. Mais par contre, il y a une différence significative de poids paille sèche sous les différents régimes d'irrigation pour toutes

les variétés et par rapport aux différentes variétés pour tous les régimes d'irrigation. Le rendement de nombreuses variétés a été amélioré grâce au raccourcissement des longueurs de cycle (précocité) et ceci chez pratiquement toutes les espèces cultivées annuelles [21], sur les légumineuses [12], comme sur les céréales [7, 8].

Aussi, l'étude n'a pas montré une tendance des variétés à système racinaire long et dense ayant une biomasse aérienne élevée. Mais l'étude a indiqué une augmentation du poids de la paille sèche en fonction du régime d'irrigation. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Laouar et Abdelguerfi (1999) [10] qui ont trouvé que le stress hydrique cause une réduction significative de la quantité de matière sèche.

La variation observée au niveau de la hauteur des plants peut s'expliquer par les différents régimes d'irrigation. Les plants du premier traitement (45^{ème} jour) ont des tailles plus réduites comparées à celles des plants des autres traitements. Ceci pourrait être expliqué par l'installation précoce du stress sur cette parcelle. On remarque toujours un rapprochement de tailles des plants du deuxième traitement et du troisième traitement dû au délai très court existant entre l'épiaison et la floraison du sorgho. Cependant, l'amélioration individuelle des caractères associés à l'adaptation ne conduit pas toujours à des rendements augmentés en conditions de déficit hydrique [11, 19].

5 CONCLUSION

L'étude de la résistance à la sécheresse de six variétés de sorgho (dont 4 variétés issues de la collection malienne de 1978 et 2 variétés améliorées) à système racinaire long (RL) et court (RC) a donné des résultats intéressants sous différentes conditions d'irrigation contrôlée en pots à Sotuba.

L'étude n'a pas permis de mettre en évidence une relation entre la tolérance au stress hydrique et la longueur des racines de la plante.

REFERENCES

[1] Bretaudeau A., Traoré B., Ousmane N., Adama B. et Sako D., Variabilité génétique des sorghos de décrue au Mali, Réunion de travail du 11 au 15 mars 2001 à Nouakchott ; Agence Espagnole de Coopération Internationale ; ISBN 84-7232-898-8 123-129pp, 2001.

[2] Cirad-Irat. 1971. Les variétés de sorgho vulgarisables en Haute Volta. Supplément à l'agronomie Tropicale 26(4). C. Agr Pays Chauds ; 2 : 77-96.

[3] Chopart, J.L. 1980. Etude des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial) Thèse, INAP, Toulouse.

[4] Cochemé J. Franquin P. 1967. A study of agroclimatology of the semiarid area south of Sahara in West Africa. Rome: FAO: 325.

[5] Curtis D L. 1968. The relation between yield and heading in Nigerian Sorghums. *Expl Agric*; 4:93-101.

[6] Falalou H., Gérard Zombré, Sita guinko, Omar Diouf, N'deye N. Diop et Serge Braconnier, 2005. (Réponse adaptative à deux variétés de niébé à un déficit hydrique. *Cahiers d'Agriculture* Volume 14 N° 6. 561-5677)

[7] Fukai, S., Cooper, M., 1995. Development of drought-resistant cultivars using physio-morphological traits in rice. *Field Crops Research* 40, 67–86.

[8] Fukai S, Pantuwan G, Jongdee B, Cooper M (1999) Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. *Field Crop Res* 64: 61–74

[9] Gapili N., Sawadogo M., Nanema K. R., Nebie B., Sawadogo N., and Zongo J.D., 2015. Etude du photopériodisme des écotypes de sorgho du Burkina faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 13 No. 4 Dec. 2015, pp. 901-909

[10] Laouar, M. et Abdelguerfi, A., 1999. Ecology and distribution of *Medicago ciliaris*-*M.intertexta* complex in Algeria. Dans: Proc of XIII Eucarpia *Medicago* Spp. Group Meeting "Lucerne and Medics for the XXI centry Perugia (Italy), pp. 162-169.

[11] Ludlow MM, Muchow R. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. *Adv Agron* 1990 ; 43 : 107-53.

[12] Sabburao GV, Johansen C, Slinkard AE, Rao RCN, Saxena NP, Chauhan YS. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critical Reviews in Plant Science* 14, 469-523.

[13] Scheuring J.F. 1996. The dilemma of daylength. In: National Research council. *Lost crops of Africa. Volume1: grains* Washington: National Academy Press; 54 p.

[14] USDA, 2016. *World Agricultural Production*, novembre 2016.

[15] Touré A. 1998. Potentiel of local cultivar in sorghum improvement in Mali, *African Crop Science journal*, 6 (1) PP: 1-7.

[16] Touré F. 2007. Etude du système racinaire de cent variétés de sorgho locales et améliorés cultivées au Mali. (DEA, FAST/Université de Bamako). 59 pages.

[17] Vaksman, M., Traoré S., Niangado O., (1996), Le photopériodisme des sorghos africains, *Agriculture et Développement*, n°9, 13-18

[18] Vaskmann, M., Koné, B., Sidibé, A., Yoroté, A., Yattara, K., Traoré, S.B., Reyniers, F-N. and Koureyssy, M. 2000. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorghos au Mali. *Sécheresse* 11, 227-237.

[19] Turner NC, Wright GC, Siddique KHM. Adaptation of grain legume to water-limited environments. *Adv Agron* 2001 ; 71 : 193-231.

[20] WWW. Le Sahel "Rivage" Du Sahara Mil Et Sorgho Plantes Résistantes Du Sahel.

[21] Lewitt J., 1972. Responses of plants to Environment stresses. Academic Press. N.Y., USA.

[22] Andrews D.J. 1973. Effects of date of sowing on photosensitive Nigerian Sorghums. *Expl Agric*; 9: 337

[23] Boyer J. 1982. Les sols ferrallitiques. Tome X. Facteurs de fertilité et Utilisation des sols. *Initiation. Documentations techniques* N° 52, 384p.