

Mécanisme de tolérance à la sécheresse du niébé pendant la phase végétative

TOUDOU DAOUDA Abdoul Karim^(*), ATTA Sanoussi², INOUSSA Maman Maârouhi⁽¹⁾, BAKASSO Yacoubou⁽¹⁾

¹Département de Biologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662, Niamey (Niger)

²Département Formation et Recherche, Centre Régional AGRHYMET, BP 11011 Niamey (Niger)

*Auteur correspondant: toudoudaoudakarim@yahoo.fr

Original submitted in on 10th August 2017. Published online at www.m.elewa.org on 30th September 2017
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v117i1.10>

RÉSUMÉ

Objectif : Au Niger, le niébé joue un rôle socio-économique important en raison de sa richesse en protéines et des revenus qu'il génère aux producteurs. Ce présent travail vise à étudier l'effet d'un stress de déficit hydrique au stade végétatif de cinq variétés de niébé.

Méthodologie et résultats : L'expérimentation a été menée dans des pots de 16 litres troués à la base pour permettre un bon drainage de l'eau. Les pots ont été soumis à deux régimes hydriques : suspension de l'arrosage durant 13 jours au stade de 23 jours après semis et le témoin avec arrosage normal des plants. A la fin de l'application du stress, plusieurs paramètres morfo-physiologiques ont été évalués tels que la teneur en eau et le taux de chlorophylle des feuilles, la surface foliaire, la biomasse racinaire et le rapport biomasse racinaire sur biomasse aérienne. Après imposition du stress hydrique, un mécanisme majeur de tolérance a été observé chez les génotypes tolérants ISV128, IT93K-503-1, Suvita2 et IT96D-610. En effet, ces génotypes ont tendance à maintenir une teneur en eau des feuilles plus élevée (supérieure à 60%) en condition de déficit hydrique par rapport au génotype sensible Tiligré qui a une teneur inférieure à 50%. Les autres paramètres (taux de chlorophylle, surface foliaire et biomasse racinaire) n'ont pas permis de discriminer les génotypes tolérants des sensibles.

Conclusion et application des résultats : A la lumière de nos résultats, les génotypes qui sont capables de maintenir leur teneur en eau élevée en condition de déficit hydrique peuvent être proposés au Niger. Il s'agit de : ISV128, IT93K-503-1, Suvita2 et IT96D-610. Le choix de ces génotypes devrait permettre d'augmenter la production du niébé et lutter contre l'insécurité alimentaire.

Mots clés : Niébé, mécanisme, déficit hydrique, stade végétatif, Niger

Mechanism of drought tolerance in cowpea at vegetative stage

ABSTRACT

Objective: In Niger, cowpea plays an important socio-economic role because of its richness in protein and the income it generates to producers. This work aims to study the effect of stress of water deficit at the vegetative stage of five cowpea varieties.

Methodology and results: Experimentation was carried out in 16-liter pots that are holed at the base to allow good drainage of water. The pots are submitted at two water regimes: regime 0, Suspension of irrigation 23 days after sowing for 13 days at the vegetative stage and regime 1, as witness with well watering of the plants. Some morfo-physiologicals parameters were evaluated such as the water content, chlorophyll level, foliar surface, root biomass and the ratio root biomass on vegetative biomass. After water stress imposition, a major mechanism of tolerance was observed in the tolerant genotypes

ISV128, IT93K-503-1, Suvita2 and IT96D-610 which tend to keep the water content of the leaves higher under water deficit condition to 60%, compared to the sensitive genotype Tiligré which has a water content after 13 days of less than 50%. The other parameters (chlorophyll rate, leaf area and root biomass) did not discriminate tolerant genotypes against sensitive genotypes.

Conclusion and application of results: In the light of our results, genotypes that are able of maintaining high there leaf water content can be proposed in Niger. These are: ISV128, IT93K-503-1, Suvita2 and IT96D-610. The choice of these genotypes should make it possible to increase cowpea production and to combat food insecurity.

Keywords: Cowpea, *Vigna unguiculata*, Drought tolerance mechanism

INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) est la principale légumineuse cultivée en association ou en rotation avec le mil au Niger. Il présente un grand intérêt agronomique, nutritionnel et économique pour les petits producteurs. Cependant, son niveau de production est faible en raison notamment des attaques parasitaires et des variations climatiques. En effet, au Sahel et particulièrement au Niger, le niébé est cultivé uniquement sous pluie. Cependant, la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie se traduit par des sécheresses intermittentes auxquelles s'ajoutent des fortes températures et des problèmes phytosanitaires réduisant son rendement (Ntare et Waliyar, 2000). Le niébé a la capacité de survivre à une sécheresse végétative très longue qui aurait tué la plupart des autres espèces végétales annuelles et à produire après la reprise de l'arrosage un rendement de grain similaire à celui d'un témoin irrigué normalement (Turk et al., 1980). Beaucoup d'efforts ont été consentis pour développer des variétés de niébé tolérantes à la sécheresse (Turk et al., 1980 ; Watanabe et al., 1997). Une méthode de criblage simple pour la

tolérance à la sécheresse chez le niébé a été développée (Singh et al., 1999). Cette méthode qui utilise des observations visuelles de jeunes plants dans des sols peu profonds dans des boîtes permet de sélectionner les génotypes suivant leur capacité de résistance à la sécheresse en fonction des stades de développement de la plante (Singh et al., 1999). La résistance du niébé au stress de déficit hydrique réside dans sa capacité à maintenir la turgescence foliaire (Singh et Matsui. 2002). En dépit de sa capacité à résister à la sécheresse plus que n'importe quelle autre légumineuse cultivée dans les régions tropicales (Hall, 2004 ; Dadson et al 2005), une différence significative existe entre les génotypes de niébé dans l'adaptation à la sécheresse (Watanabe et al., 1997 ; Mai-Kodomi et al 1999). Le recours aux caractères morfo-physiologiques de tolérance au stress hydrique peut permettre dans le cadre d'une approche intégrative d'identifier les plus pertinents d'entre eux pour la recherche de génotypes stables dans des conditions environnementales spécifiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel Végétal : L'étude a porté sur 5 génotypes de niébé dont l'origine et la précocité sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Origine et précocité de génotypes de niébé étudiés

Nom	Origine	Réponse à la sécheresse
ISV128	ISC Niger ¹	Tolérant
IT93K-503-1	IITA Nigeria ²	Tolérant
IT96D610	IITA Nigeria ²	Tolérant
Suvita2	INERA Burkina ³	Tolérant
Tiligré	INERA Burkina ³	Sensible

¹ISC: ICRISAT Sahelian Centre

²IITA: International Institute for Tropical Agriculture

³INERA: Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles

Méthode de culture : Les essais ont été conduits à la station du centre Sahélien de l'ICRISAT (Sadoré, Niger, 13°N, 2°E) pendant la saison pluvieuse 2016 en conditions naturelles d'éclairement, de température et d'hygrométrie. Les plantes ont été cultivées dans des pots de 16 litres troués à la base. Dans chaque pot, 500g de gravier ont été déposés à la base pour permettre un bon drainage de l'eau. Chaque pot est rempli de 17 kg de sol prélevé à 20cm de profondeur dans le champ 8C de la station de Sadoré. Ce sol a été mixé avec de la fumure organique à la proportion de 25g/kg du sol. Les pots ont été installés sur une bâche pour empêcher les racines d'être en contact avec le sol. Les semis ont été effectués à raison de 4 graines par pot suivi d'un démariage à deux plants au 14^{ème} jour après semis (JAS) et à un plant au 23 JAS. Le dispositif expérimental est du type split plot en blocs randomisés à 4 répétitions. Chaque bloc est composé de 20 pots dont 5 pots par répétition. Chaque régime hydrique est appliqué aux plantes d'un même bloc et chaque pot d'une répétition représente une variété. Deux régimes hydriques ont été appliqués aux plantes :

- Régime 0: arrosage normal des plants jusqu'à la récolte. Les pots sont maintenus à la capacité au champ.
- Régime 1: pendant le stade végétatif, suspension définitive de l'arrosage à 23 JAS pendant 13 jours.

Les essais ont été conduits en saison pluvieuse 2016 pendant la période d'Aout à Octobre. Pendant l'imposition du stress les plantes ont été protégées des eaux de pluies par un hangar mobile à toit translucide. Les données climatiques (température et humidité) ont été enregistrées quotidiennement à l'aide d'un thermo hygromètre (Tiny tag Ultra 2 TGU-4500 Gemini Data loggers Ltd, Chichester, UK) installé à coté de l'essai. Pendant l'essai la température moyenne était de 29° C tandis que l'humidité relative était de 75%.

Paramètres mesurés : Avant l'imposition du déficit hydrique, soit le 22 JAS, la surface foliaire d'un plant démarié par pot a été mesurée à l'aide d'un planimètre (LI-3100, Li-Cor, inc, Lincoln, Nebraska, États-Unis). Après la mesure de la surface foliaire, les feuilles et les tiges ont été passées à l'étuve à 80°C pendant 48 h afin de déterminer la biomasse sèche.

RÉSULTATS

Teneur relative en eau des feuilles : La teneur relative en eau des feuilles est pratiquement similaire pour tous les plants témoins, autour de 80% (figure 1). Cependant, le stress hydrique a très significativement ($P < 0,001$) réduit pour l'ensemble

Au lendemain du stress qui correspond au 37^{ème} jour après semis, la teneur relative en eau de différents plants a été déterminé comme suit : 3 disques foliaires de 2 cm de diamètre sur la troisième feuille à partir de l'apex ont été prélevés par plante dans chaque traitement, puis immédiatement enroulés dans du papier aluminium pour éviter toute perte d'eau. Les échantillons ont été amenés au laboratoire afin de déterminer leur poids frais (PF). Les disques ont ensuite été placés dans des flacons contenant 150 ml d'eau distillée laissés à l'obscurité pendant 24h à 4 °C. Puis les disques foliaires ont été retirés pour être pesés à nouveau afin de déterminer le poids de la pleine turgescence (PPT). Le poids sec (PS) a été obtenu après un séjour de 24 heures dans une étuve à 80° C. La pesée des disques foliaires a été effectuée à l'aide d'une balance sartorius de précision 0,001g. La teneur relative en eau des feuilles (TRE) a ensuite été calculée par la formule suivante développée par Turner et Begg (1981) comme suit :

$$TRE = \frac{(PF - PS)}{(PPT - PS)} \times 100$$

La teneur en chlorophylle des feuilles a été déterminée par le SPAD le jour du début de l'imposition du stress et le lendemain de la fin du stress. Lorsqu'une plante est récoltée, sa surface foliaire est immédiatement mesurée. Les racines enlevées, ont soigneusement été lavées et mises à l'étuve pour séchage pendant 48 h à 80° C. La biomasse aérienne, racinaire et le rapport biomasse sèche racinaire/ biomasse sèche aérienne ont été déterminés. La date de récolte de chaque plante a été notée.

Traitement des données : L'analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel JMP version 9.0. La séparation des moyennes pour les différents paramètres mesurés a été réalisée par le test de Student Newman Keuls au seuil de $\alpha = 5\%$. Pour évaluer l'effet du génotype, du traitement et l'interaction génotype \times traitement, une ANOVA par la procédure du modèle linéaire généralisé a été réalisée.

des génotypes la teneur en eau des feuilles des plantes stressées par rapport aux témoins. Cette réduction est particulièrement importante pour Tiligré dont la teneur en eau chute pratiquement de moitié pour se situer à 40%. Les autres génotypes ont une

teneur en eau similaire qui se situe autour de 65% en condition de stress hydrique.

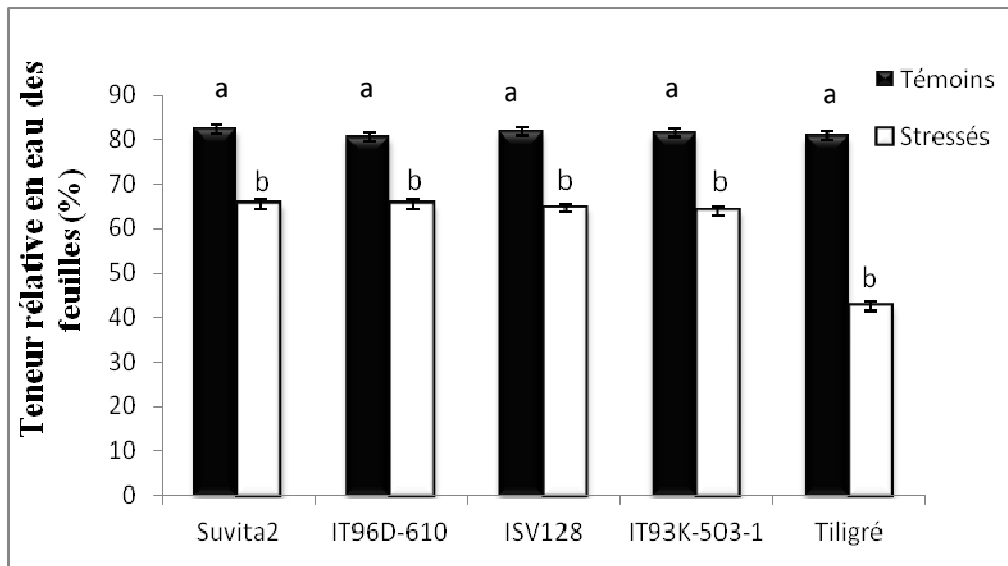


Figure 1 : Comparaison de la teneur relative en eau des feuilles des plants stressés et témoins de cinq génotypes de niébé.

Taux de chlorophylle : Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives de teneur en chlorophylle des feuilles entre les plants stressés et les témoins pour l'ensemble des génotypes étudiés

(figure2). La teneur relative en chlorophylle des feuilles est relativement similaire pour tous les génotypes étudiés Et se situe autour de 40%.

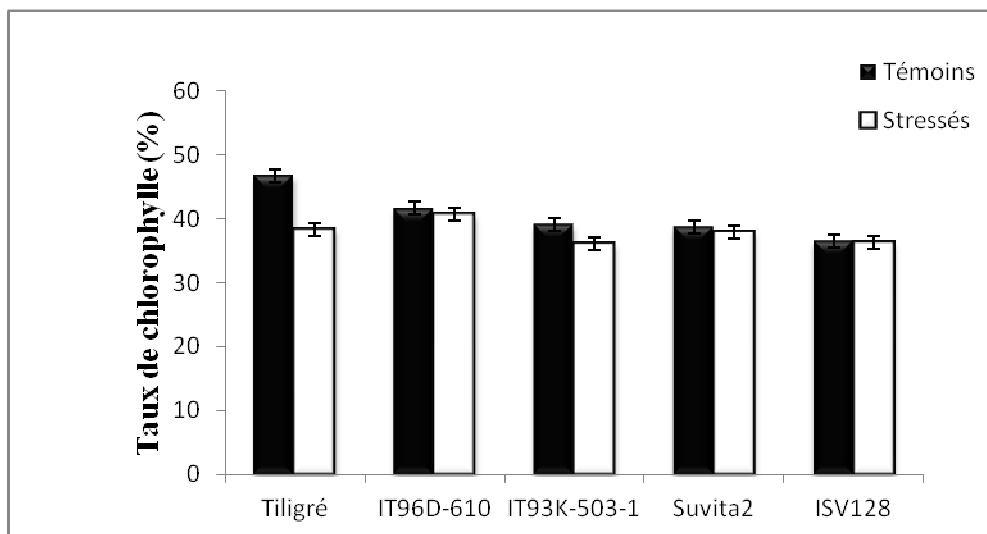


Figure 2 : Comparaison de la teneur en chlorophylle des feuilles des plants stressés et témoins de cinq génotypes de niébé.

Surface Foliaire : Les résultats de la figure 3 indiquent que l'induction du stress de déficit hydrique n'a pas affecté de façon significative la surface foliaire pour l'ensemble des génotypes étudiés, même si une légère augmentation a été observée. Cependant, pour un traitement donné, des différences

importantes de surface foliaire existent entre les génotypes. Après l'imposition du stress, les génotypes IT93K-503-1 et IT96D-610 ont les plus importantes surfaces foliaires (de l'ordre de 230 cm²) et ISV128, la plus faible (150 cm²).

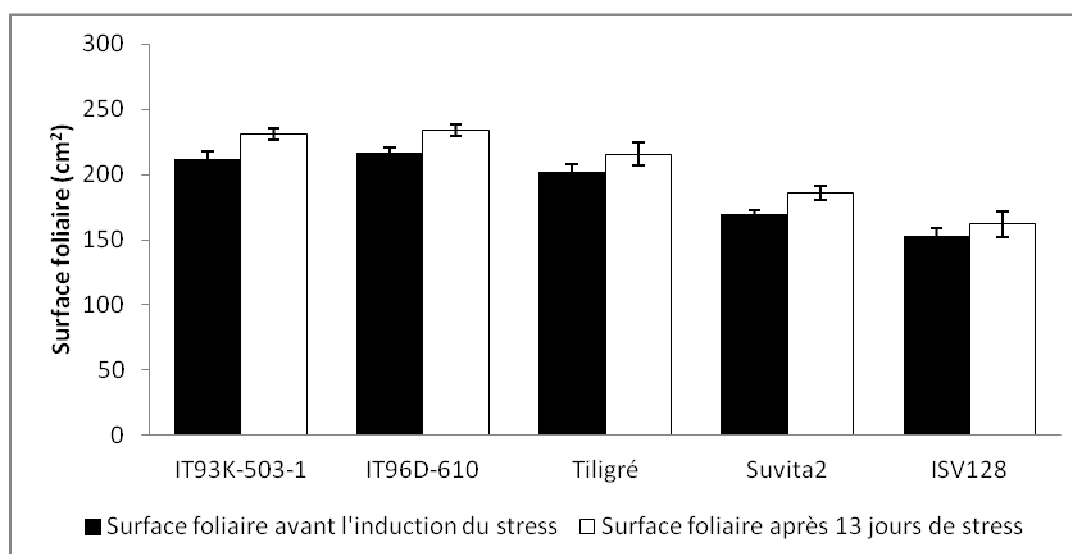


Figure 3 : Comparaison de la surface foliaire de cinq génotypes de niébé avant l'induction du stress et après 13 jours de stress

Variation génotypique de la biomasse racinaire et le rapport biomasse racinaire sur biomasse aérienne en condition de stress hydrique : Les génotypes IT93K-503-1 et Tiligré ont le meilleur rendement en biomasse racinaire et ISV128 et Suvita2 les plus faibles. Il n'existe aucune différence significative entre la biomasse aérienne des

génotypes. La meilleure biomasse aérienne a été enregistrée par IT93K-503-1 et Tiligré. La plus faible est observée chez ISV128. Suvita2 et IT96D-610 ont des valeurs intermédiaires. Lorsqu'on effectue le rapport biomasse aérienne/biomasse racinaire, on observe que IT96D610 a la valeur la plus élevée et la plus faible est observée chez Suvita2.

Tableau 2 : Effet du déficit hydrique sur la biomasse aérienne, biomasse racinaire et le rapport partie racinaire/partie aérienne

Génotypes	BA	BR	BR/BA
ISV128	2,30±0,65	1,05±0,30	0,46±0,04
IT93K-503-1	3,96±1,45	1,77±0,78	0,44±0,11
IT96D-610	3,19±0,60	1,71±0,13	0,55±0,12
Suvita2	3,38±1,28	1,33±0,30	0,43±0,16
Tiligré	3,94±0,30	1,86±0,21	0,48±0,06
Significativité	ns	ns	ns

ns = non significatif ($p > 0,05$). Les chiffres portant la (ou les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de $p < 0,05$. BA : biomasse aérienne BR : poids racinaire, BR/BA : rapport poids racinaire sur biomasse aérienne

DISCUSSION

Les poids racinaires varient d'un génotype à un autre. En condition de stress hydrique on observe une augmentation rapide de la biomasse racinaire chez tous les génotypes. Ce qui a permis une bonne croissance de leur système aérien. Des résultats similaires aux nôtres ont été obtenus par (Meftah, 2012) sur deux populations de niébé Tizi Ouzou et Djanet. Les travaux de Hamidou *et al.*, (2005), étudiant l'effet du stress hydrique sur la formation des gousses de deux variétés de niébé (Gorom et KN1), ont constaté une augmentation de la matière sèche de la racine (13,62% pour Gorom et 29,74% pour KN1).

Le système racinaire est donc moins affecté par le stress hydrique par rapport à la biomasse aérienne. Selon Monneveux (1997), la croissance soutenue du système racinaire en condition de stress hydrique serait un facteur de résistance au stress hydrique. Ce phénomène s'explique par le fait que lorsque le sol s'assèche à la surface, les racines ont tendance à s'enfoncer plus profondément dans le sol à la recherche de l'eau. Bien que intéressant dans l'extraction d'eau, la croissance du front racinaire ne s'aurait permettre de discriminer les génotypes résistants à ceux sensibles surtout en condition de stress terminal. Zaman-Allah *et al.*, (2011) travaillant

sur des collections de pois chiche résistants et sensibles à la sécheresse ont montré qu'il est difficile de discriminer les génotypes résistants aux sensibles sur la base de la longueur et de la densité racinaire en condition de sécheresse terminale. Le déficit hydrique a provoqué un ralentissement de la croissance puisque le déficit hydrique a réduit la turgescence et par conséquent le pouvoir extensif des feuilles. On constate sous l'effet du stress hydrique un rythme de croissance différent entre les génotypes ; les génotypes Suvita2, IT96D-610, ISV128 et IT93K-503-1 ont tendance à maintenir une teneur en eau élevée. Chez ces génotypes, l'expansion foliaire varie respectivement de 11%, 9,58%, 9,05% et 7,88%. Cette expansion foliaire signifie que les cinq variétés étudiées continuent leur croissance même en condition de déficit à un certains temps avant que les conditions ne deviennent de plus en plus difficiles. Ces mécanismes d'adaptation ont

été observés par Mai-Kodomi *et al.*, (1999) chez Dan Ila et Konannado. Le taux de chlorophylle a diminué chez tous les génotypes en condition de stress hydrique par rapport aux témoins. Cette diminution est plus importante chez Tiligré et IT93K-503-1. Les autres génotypes ISV128, Suvita2 et IT96D-610 n'ont que très faiblement réduit leur teneur en chlorophylle. La réduction de la teneur en chlorophylle chez les plants stressés peut s'expliquer selon Impes (1989) par le fait que les chlorophylles sont plus dégradées que synthétisés chez ces derniers alors que chez les plants non stressés ces pigments sont synthétisés au fur et à mesure qu'ils sont dégradés. Par ailleurs, selon Bousba *et al.*, (2009), la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par la transpiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse.

CONCLUSION

L'étude menée n'a pas permis de discriminer les génotypes tolérant et sensibles sur la base du taux de chlorophylle, la surface foliaire et la biomasse racinaire en condition de stress hydrique. Les résultats montrent que ces paramètres varient légèrement d'un génotype à un autre. De ce fait le génotype idéal est celui qui sera apte à maintenir sous conditions défavorables à maintenir une teneur

en eau des feuilles élevée. Suvita2, ISV128, IT96D-610 IT93K-503-1 qui peuvent maintenir leur turgescence foliaire en condition de stress hydrique seraient plus adapté et pourrait être utilisé pour lutter contre l'insécurité alimentaire au Niger où les conditions climatiques sont défavorables à l'agriculture.

Remerciements : Nous exprimons toute notre gratitude à ICRISAT Niger pour nous avoir accordé la bourse de stage.

RÉFÉRENCES

- Bousba, R., Ykhlef, N., and Djekoun, A. 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609-616 p.
- Dadson, R.B., Hashem, F.M., Javaid, I., Allen, A.L., and Devine, T.E. 2005. Effect of water stress on yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in the Delmarva region of the United States. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 210-217.
- Hall, A.E. 2004. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. *Eur. J. Agron.* 21 (4), 447-454.
- Hamidou, F., Mamoudou, H.D., Gérard, Z., Alfred, S.T., Sita, G. 2005. Réponse adaptative de deux variétés de niébé à un stress hydrique. *Cah. Agric.* vol. 14, n° 6. pp. 561-567.
- Impes, R. 1989. Les causes non parasitaires des maladies. In : *Traité de pathologie végétale*. Semad R. (Eds.). Les presses agronomiques de Gembloux. ASBL : 39 – 83
- Mai-Kodomi, Y., Singh, B.B., Myers, O., Yopp, J.H., Gibson, P.J., and Terao, T. (1999). Two mechanisms of drought tolerance in cowpea. *Indian J. Genet & Plant. Br.* 59(3), 309-316.
- Meftah, M.Y. 2012. Effet du stress hydrique sur le comportement de deux populations de niébé (*Vigna unguiculata* L.) inoculées par quatre souches rhizobia autochtones. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère et en agronomie. École Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach-Alger. 97 P;
- Monneveux, P. 1997. La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse: Espoirs et difficultés. pp.29-3. *Sciences et changements planétaires/Sécheresse* 8 (1), 29-37.
- Ntare B.R., et Waliyar, F. 2000. Progrès faits dans l'amélioration de l'arachide en Afrique de

- l'ouest et du centre. *In* : compte rendus de la sixième réunion régionale de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique occidentale et centrale, 5 au 8 octobre 1998, Bamako, Mali. WALIYAR F., et NTARE B.R. (eds). ISBN 92-9066-421-5.
- Singh, B.B., Mai-Kodomi, Y., and Terao, T. 1999. A simple screening method for drought tolerance in cowpea. *Indian J. Genet.*, 59(2): 211-220.
- Singh, B.B., Matsui, T. 2002. Cowpea varieties for drought tolerance. *In*: Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M., Tamo, M. (Eds.), Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production, World cowpea conference III proceedings, 4-8 September. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, pp. 287-300.
- Turk, K.J., Hall, A.E., Asbell, C.W. 1980. Drought adaptation of cowpea. Influence of drought on yield. *Agron. J.* 72, 413-420.
- Watanabe, S., Hakoyama, S., Terao, T., and Singh, B.B. 1997. Evaluation methods for drought tolerance of cowpea. Pp 87-98. *In: Advances in cowpea research, B.B Singh et al. (Eds). IITA/JIRCAS, IITA, Ibadan, Nigeria*
- Zaman-Allah, M., David, M.J., and Vincent, V. 2011. A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for terminal drought tolerance of chickpea. *J. exp. Bot.* 1-14. p