

Réponse physiologique du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) au déficit hydrique appliqué en début de floraison et début de formation de gousses

Falalou HAMIDOU, Gérard ZOMBRE¹, Sita GUINKO

Résumé

La tolérance au déficit hydrique s'exerçant aux stades début de floraison et début de formation de gousses de deux variétés de niébé, KN1 et Gorom, a été étudiée. Des plantes privées d'eau pendant 10 jours durant ces stades ont été comparées à des plantes régulièrement arrosées. Les répercussions de ces traitements sur des paramètres physiologiques et les composantes du rendement ont été étudiées. Le stress hydrique appliqué durant ces deux stades a provoqué une diminution des paramètres physiologiques étudiés chez ces deux variétés. Mais la variété Gorom s'avère moins affectée que KN1. Malgré une teneur en eau spécifique et un poids spécifique en baisse, la variété Gorom a une meilleure production en graine que la variété KN1.

Mots-clés : niébé, déficit hydrique, évapotranspiration réelle, teneur en eau spécifique.

Physiological response of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to water deficit applied at the beginning of flowering and the beginning of forming pods

Abstract

The tolerance of two cowpea varieties, Gorom and KN1, to water deficit applied at the beginning of flowering and beginning of maturation (forming pods) was studied. After ten days by imposing water stress well watered plants were compared to stressed plants. Effects of these treatments on physiological parameters and yield components were studied. All studied physiological parameters were reduced due to water deficit applied in both varieties. But Gorom appears less affected than KN1 and produces more in spite of its low specific water content and specific weight.

Keywords: Cowpea, specific water content, Real evapotranspiration, water deficit.

¹ Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, Université de Ouagadougou, 03 B.P. 7021 Ouagadougou 03

Introduction

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) est une des principales légumineuses alimentaires mondiales. La production de graines dépasse 2,5 millions de tonnes et provient pour les 2/3 d'Afrique (REMY *et al.*, 1997). Au Burkina Faso par exemple, en 1998 (année de bonne pluviométrie) la production était de 338 102 tonnes (MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2000). Selon SUMMERFIELD *et al.* (1985), HALL *et al.* (1997) le niébé est résistant à la sécheresse. Cependant, le déficit hydrique qui sévit fréquemment au Sahel réduit significativement sa production. Les pertes de rendement dues au déficit hydrique, peuvent atteindre 50 % (KONDA, 1987). Par exemple en 1984, année marquée par une sécheresse sévère au Sahel, la production de niébé au Burkina Faso était de 6200 tonnes, soit 2 % de celle de 1998 (MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2000). Il serait important de mener des recherches en vue d'améliorer l'adaptation des variétés cultivées, pour obtenir des rendements élevés et stables malgré les contraintes hydriques.

Les mécanismes qui interviennent dans l'adaptation des plantes cultivées à la sécheresse sont nombreux (MONNEVEUX, 1997). Si les caractères morphologiques et physiologiques qu'ils impliquent sont pour la plupart identifiés, les effets de leur mise en œuvre sur le rendement final sont par contre moins bien connus et par conséquent, l'amélioration génétique du rendement, dans les milieux à fortes contraintes environnementales, reste largement empirique (MONNEVEUX, 1997).

Dans cette étude, deux variétés de niébé, Gorom et KN1, ont été soumises à un déficit hydrique en début de floraison en début de formation de gousses afin de déterminer leur réponse physiologique. L'évapotranspiration réelle (ETR), la teneur en eau spécifique, le déficit naturel de saturation, et le poids spécifique foliaire ont été étudiés. En outre, l'impact de ce stress hydrique sur certains caractères de croissance et de reproduction en fin de cycle a été analysé.

Matériel et méthodes

Matériel

L'étude menée de juillet à septembre 2002 a porté sur les variétés Gorom et KN1, vulgarisées au Burkina Faso. Gorom, dont le cycle est de 65 jours, est connue pour sa tolérance au déficit hydrique tandis que KN1 qui a un cycle de 75 jours est sensible au déficit hydrique (ZOMBRE *et al.*, 1994). Ce matériel a été cultivé sur un sol sableux (84,8 % sable, 8,7 % limon, 6,43 % argile) dont la capacité au champ (CAC) est de 0,24 ml g⁻¹.

Le sol a été préalablement tamisé à 2 mm et séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. Huit kilogrammes de sol séché ont été mis dans des pots en plastique de 10 litres et 30 cm de diamètre dont les fonds sont troués pour laisser égoutter après arrosage afin d'éviter l'engorgement. L'essai a été conduit dans une serre, abri grillagé au toit transparent, pour permettre à la culture d'être dans des conditions quasi naturelles d'éclairement, de température et d'hygrométrie. En outre, la serre assure la protection des plantes contre les attaques d'insectes.

Méthodes de culture

Les graines des deux variétés ont d'abord été stérilisées dans une solution de chlorure mercurique HgCl 0,1 % puis pré-germées sur du coton humidifié dans des boîtes de Pétri. Les graines pré germées ont été repiquées dans des pots dont le sol a été arrosé la veille à 80 % de CAC. Seize pots par variété contenant chacun deux plantes ont servi pour cette étude. Les 16 pots de chaque variété ont été disposés en randomisation totale dans 4 blocs. Chaque bloc a comporté 4 pots qui ont formé l'unité expérimentale. Deux pots de chaque unité expérimentale ont été des témoins, 1 pot a été stressé en début de floraison et l'autre pot en début de formation de gousses. Les plantes ont été régulièrement arrosées jusqu'aux stades phénologiques choisis pour le stress hydrique. Aucune fumure organique ni solution nutritive n'a été apportée aux plantes. Le stress hydrique a consisté à interrompre l'arrosage des plantes des lots à stresser. Le dernier jour d'irrigation, chaque pot contenait 1600 ml d'eau avec une réserve utile de 1040 ml dont 694 ml sont facilement utilisables. L'interruption d'irrigation qui a duré 10 jours est intervenue dès la formation des boutons floraux (37^e jour après semis) pour le stress en début de floraison ou dès la parution des jeunes gousses (43^e jour après semis) pour le stress en début de formation de gousses. Le premier jour d'interruption d'arrosage en début floraison, la température maximale moyenne était de 30 °C et l'humidité relative moyenne 67 %, en début de formation de gousses la température maximale moyenne était de 31°C et l'humidité relative moyenne 64 %.

Le dernier jour du stress hydrique (température maximale moyenne 31°C, humidité relative moyenne 60 %), l'évapotranspiration a été mesurée par pesée des pots, et des feuilles ont été prélevées pour déterminer les autres paramètres physiologiques. La température maximale moyenne était de 31°C le jour des mesures en début floraison et en début formation de gousses, l'humidité était respectivement de 60 % et 50 %. Un des lots témoins alimenté régulièrement en eau n'a subi aucun prélèvement de feuilles pour obtenir les composantes du rendement en conditions optimales. Les plantes stressées ont été réarrosées à la fin de l'interruption d'arrosage.

Méthodes de mesures

La mesure de l'évapotranspiration est effectuée par pesées (balance type OHAUS ARC120, 1/10) des pots heure par heure. Les pertes de poids sol-plante donnent l'évapotranspiration réelle (ETR) en gramme d'eau. Sachant que 1 kg d'eau/m² équivaut à 1 mm de pluie et que les pots ont une surface de 706 cm², l'ETR en mm s'obtient en multipliant la valeur en g d'eau par 0,014.

La teneur en eau spécifique (TE), le déficit naturel de saturation (DNS) et le poids spécifique (PS) ont été mesurés sur la troisième feuille. Ainsi, une des folioles latérales a été prélevée à 6 h, la foliole centrale à 12 h et la troisième à 18h. Le poids frais (PF) des folioles a été immédiatement déterminé.

Aussitôt pesées, elles ont été placées pendant 3 h entre deux éponges humides pour permettre leur saturation en eau. Au bout de ce temps on a déterminé leur poids de saturation (Psat). Les surfaces foliaires (SF) ont été déterminées à l'aide d'un planimètre (Device area meter). Après les mesures de surfaces les folioles ont ensuite été séchées à l'étuve à 105 °C pendant 24 h pour déterminer leurs poids sec (Ps).

Cette température a été choisie pour obtenir un poids sec constant au bout de 24 h. Une balance de type Precisa Instrument AG précision 10⁻⁴ a été utilisée pour les pesées des poids frais et

sec des feuilles. Les moyennes des mesures de chaque paramètre par plante ont été calculées selon les formules suivantes :

$$TE. = PF - Ps / SF.$$

$$DNS = (PF_{sat} - PF / PF_{sat} - Ps) 100$$

$$PS. = P.s / SF$$

Méthodes de collecte des données

Le nombre de gousses, la taille des gousses, le nombre de graines par gousse, le nombre total de graine, le poids moyen de 100 graines et le poids de matières sèches (tiges et racines) ont été déterminés par comptage et par pesée.

Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (variété et régime hydrique) a été effectuée à l'aide du logiciel GENSTAT (Genstat 5, Release 3.2, 7th edition). Le test de Newman Keuls de comparaison des moyennes a été utilisé à l'aide du logiciel SAS (SAS Statistical Institute, Cary, NC) pour les moyennes des facteurs dont les effets ont été significatifs.

Résultats

L'évapotranspiration après 10 jours d'interruption d'arrosage

Dix jours après l'interruption d'arrosage le stress hydrique a significativement réduit l'évapotranspiration réelle chez les variétés KN1 et Gorom aux stades début de floraison et début de formation de gousses (figure 1). Ainsi, l'évapotranspiration journalière moyenne chez Gorom en conditions témoin bien irrigué qui est de 161 g (2,25 mm) a été réduite à 21,75 g (0,3 mm) en conditions de stress au stade début de floraison. Chez KN1, elle est réduite de 163 g (2,29 mm) à 26 g (0,36 mm) au même stade. Au stade début de formation de gousses, l'évapotranspiration journalière de Gorom est de 164 g (2,29 mm) pour les témoins bien irrigués et de 21,05 g (0,29 mm) pour les stressés. L'évapotranspiration journalière de KN1 a baissé de 115,4 g chez les témoins à 15,65 g chez les stressés en début de formation de gousses.

L'évolution de l'évapotranspiration réelle au cours de la journée est différente chez les deux variétés aux deux stades. Chez Gorom, aux deux stades, l'évapotranspiration très faible en début de matinée, augmente pour atteindre un maximum de 27 g d'eau à 12 h ; elle subit ensuite une baisse jusqu'à 18 h. Après un pic à 12 h l'évapotranspiration de Gorom stressée en début de formation de gousses baisse jusqu'à 17 h pour de nouveau subir une hausse à 18 h ; probablement due à une réouverture des stomates.

Chez KN1, au stade début de floraison, l'évapotranspiration faible en début de matinée, subit une hausse légère pour atteindre un maximum de 27 g à 14 h puis baisse régulièrement jusqu'à 18 h. Au stade début de formation de gousses, l'évapotranspiration chez KN stressé reste faible et constante à toutes les heures de la journée sauf à 17 h et 18 h où elle est presque nulle. Le pic de 12 heures observé chez Gorom n'existe pas chez KN1.

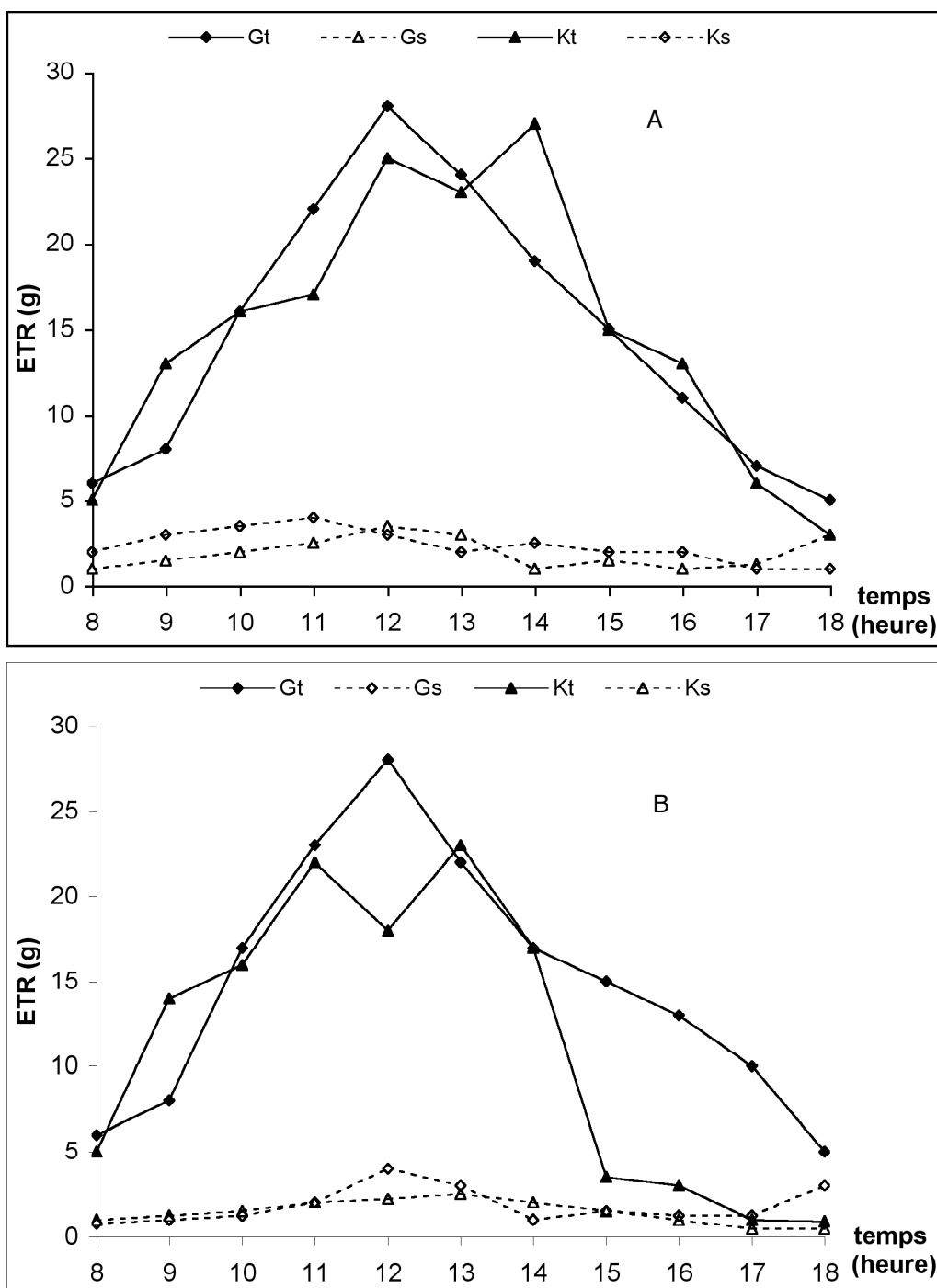


Figure 1. Evapotranspiration (ETR) horaire en fin de stress chez Gorom (G) et KN1 (K) aux stades début de floraison

(A) au 47e JAS et début de formation de gousses (B) au 53e JAS. t = plantes témoins ; s = plantes stressées. Chaque point représente la moyenne de 4 mesures. Au 47e JAS température maximale moyenne = 31°C, humidité relative moyenne = 60 %, au 53e température maximale moyenne = 30°C, humidité relative moyenne = 64%.

La teneur en eau spécifique, le poids spécifique et le déficit naturel de saturation

Après 10 jours d'interruption d'arrosage la teneur en eau spécifique (figure 2) et le poids spécifique (figure 3) chez les variétés KN1 et Gorom stressés ont significativement baissé par rapport aux témoins arrosés à volonté. Ils décroissent au cours de la journée sauf au stade début de formation de gousses où le PS qui est d'ailleurs très faible chez KN1 ne diminue pas de manière significative. Aux deux stades étudiés, la variété KN1 présente les teneurs en eau et les poids spécifiques les plus faibles.

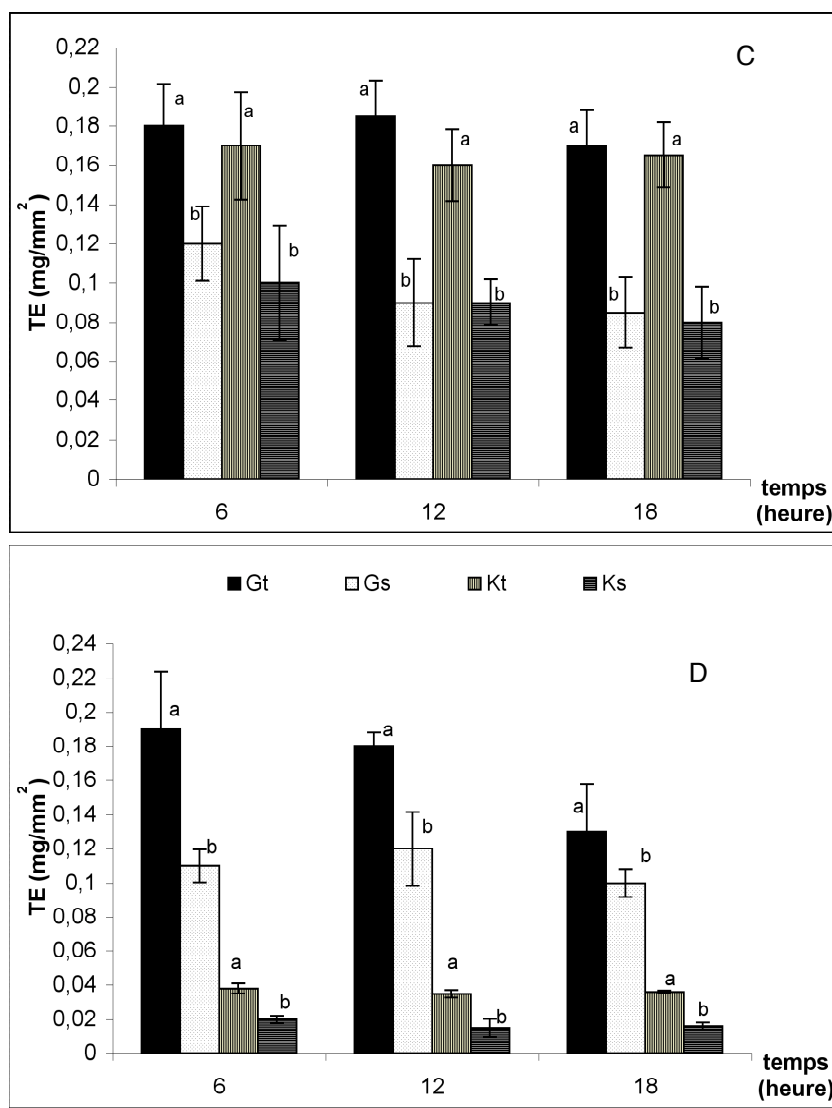


Figure 2. Teneur en eau spécifique en fin de stress chez Gorom (G) et KN1 (K) aux stades début de floraison

(C) au 47° JAS et début de formation de gousses (D) 53° JAS. t = plantes témoins, s = plantes stressées. Les résultats sont les moyennes de 4 mesures \pm écartype, A chaque heure et pour chaque variétés les moyennes de même lettre ne sont pas significativement différentes. Au 47° JAS température maximale moyenne = 31°C, humidité relative moyenne = 60%, au 53° température maximale moyenne = 30°C, humidité relative moyenne = 64 %.

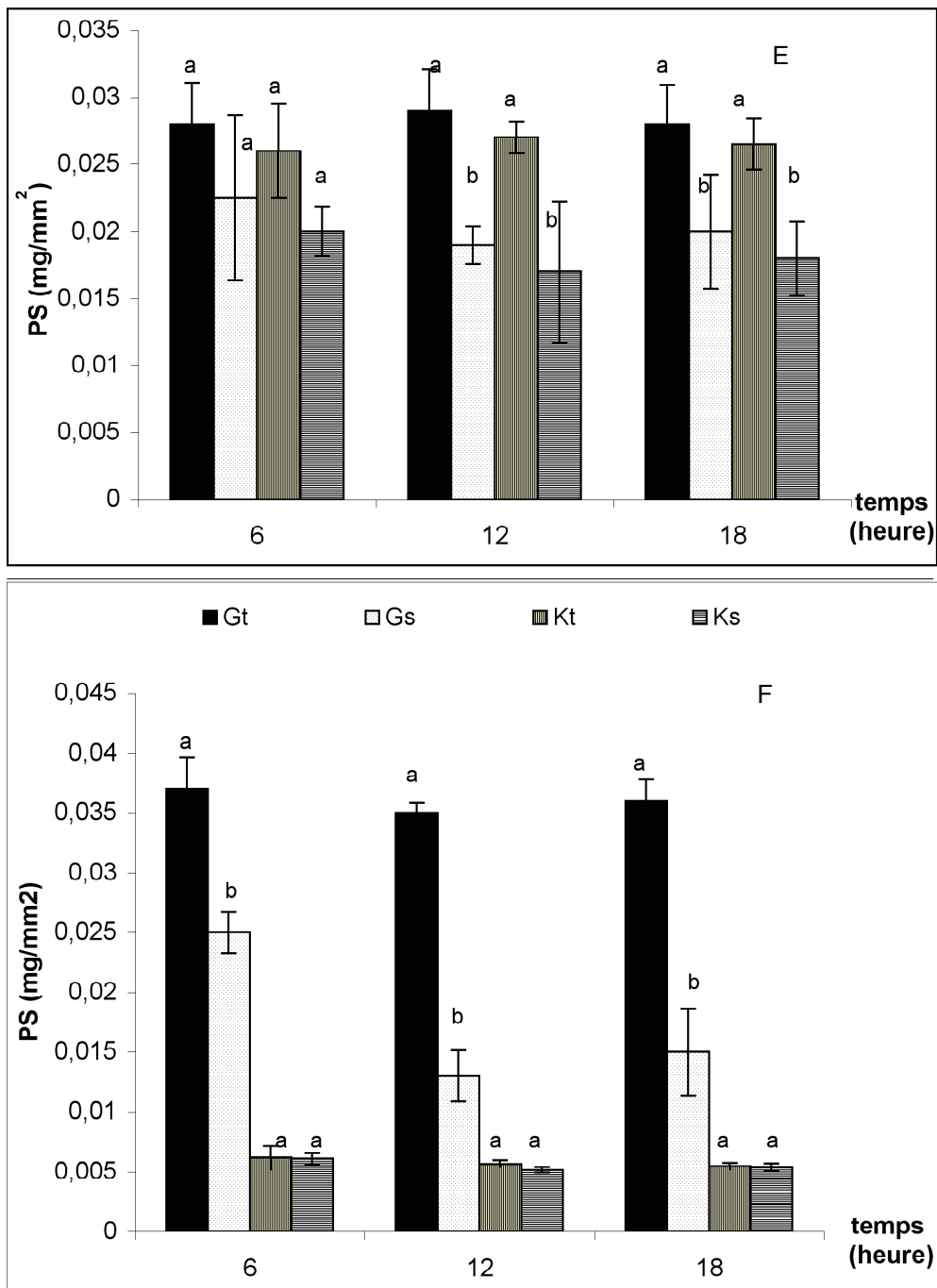


Figure 3. Poids spécifique foliaire en fin de stress chez Gorom (G) et KN1 (K) aux stades début de floraison

(E) au 47° JAS et début de formation de gousses (F) 53e JAS. t = plantes témoins, s = plantes stressées. Les résultats sont les moyennes de 4 mesures \pm écartype, A chaque heure et pour chaque variétés les moyennes de même lettre ne sont pas significativement différentes. Au 47° JAS température maximale moyenne = 31°C, humidité relative moyenne = 60%, au 53e température maximale moyenne = 30 °C, humidité relative moyenne = 64 %.

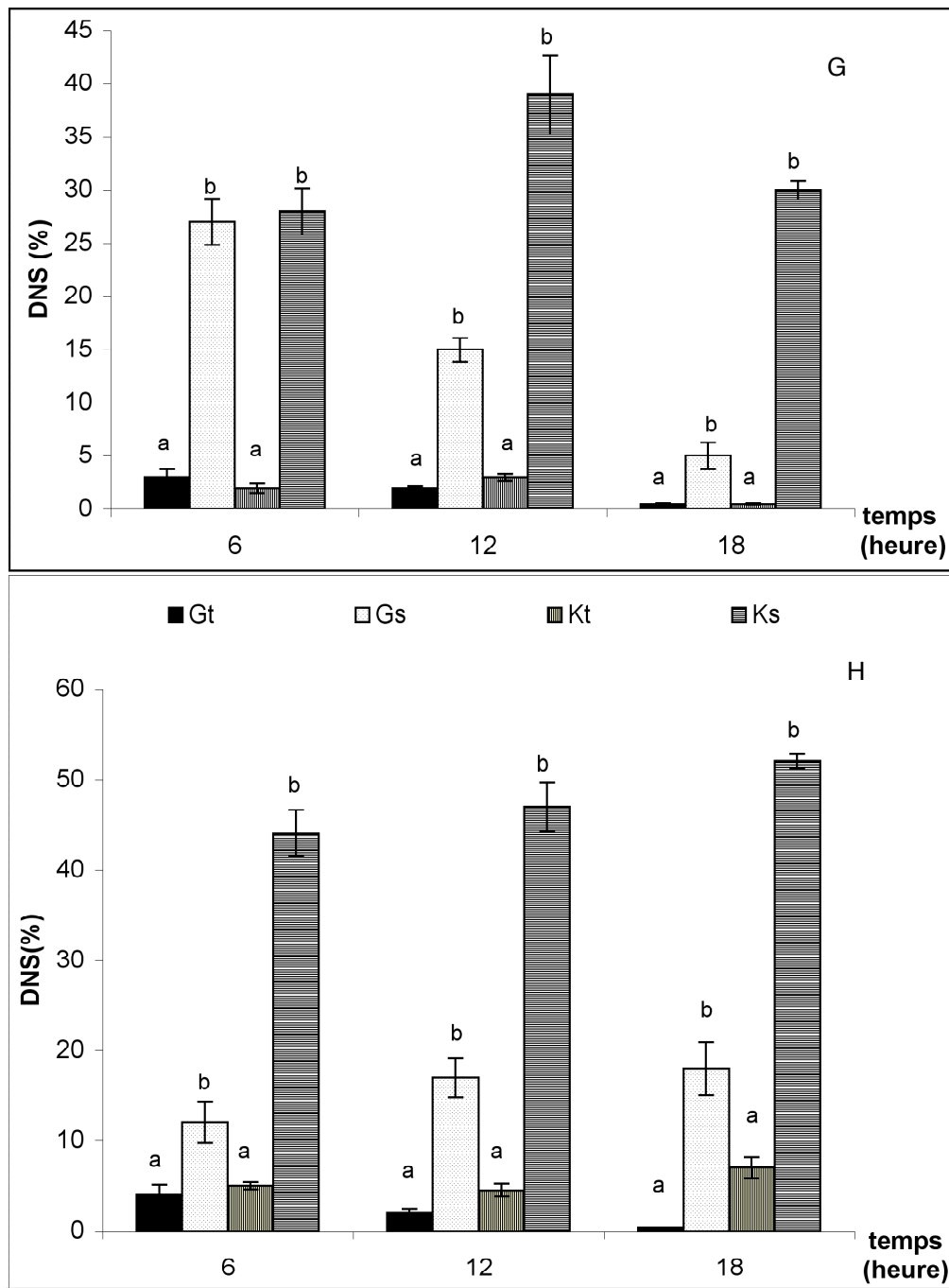


Figure 4. Déficit naturel de saturation (DNS) en fin de stress chez Gorom (G) et KN1 (K) aux stades début de floraison

(G) au 47° JAS et début de formation de gousses (H) 53° JAS. t = plantes témoins, s = plantes stressées.

Les résultats sont les moyennes de 4 mesures \pm écartype, A chaque heure et pour chaque variétés les moyennes de même lettre ne sont pas significativement différentes. Au 47° JAS température maximale moyenne = 31°C, humidité relative moyenne = 60 %, au 53° température maximale moyenne = 30 °C, humidité relative moyenne = 64 %.

Les composantes du rendement

Certains caractères de croissance et de reproduction, le nombre de gousses, le nombre de graines par gousse ainsi que le poids de matières sèches des tiges, ont été significativement réduits ($P = 0,001$) par le déficit hydrique chez les deux variétés (tableau I). La taille des gousses n'a été réduite de façon significative que chez la variété Gorom. Quant au poids de 100 graines et au poids de matières sèches des racines, ils n'ont pas été négativement affectés de façon significative par le stress hydrique. On note que Gorom a même légèrement augmenté le poids de 100 graines et KN1 a augmenté le poids de matières sèches des racines au stade début de formation de gousses. La variété KN1 se révèle très affectée pour la taille des gousses et le nombre de graines par gousse.

Tableau I. Comparaison des caractères de croissance et de reproduction des variétés Gorom et KN1 stressées (s) et témoins (t) en début de floraison et début de formation de gousses.

Paramètres	Gorom				KN1			
	floraison		formation gousse		floraison		formation gousse	
	t	s	t		t	s	t	
Nbre gses/ plante	10±1,4a	6±1,4b	10 ± 1,4a	6±1,70b	15±3,6 a	3±1,3b	15±3,6a	3±1,3b
Taille gses (cm)	11,98±0,8a	11,38±1,6a	11,98±0,8a	12,13±1,6a	17,2±26a	13,3±16b	17,2±2,6a	13,1±1,6b
Nbre graines/ gousse	6±0,81a	3±0,81b	6 ± 0,8a	3 ± 0,81b	5±0,81 a	2±0,8b	5±0,81a	3±0,8b
Poids sec100 graines (g)	12,97±1,6a	12,81±4,1a	12,97±1,6a	15,42±4,1a	11,5±1,3a	10,9±5,3 a	11,5±1,3a	11,54±5,3a
Poids ms tiges (g)	12,94±1,7a	10±1,8 b	12,94±1,7a	10,82±1,8b	19,3±2,6a	24,6±2,5 b	24,6±2,6a	20,12±2,5b
Poids ms/ racines (g)	3,67±1,3a	2,48±1,7a	3,67±1,3a	4,17 ± 1,a	11,6±1,7a	10,8±1,5a	11,6±1,7a	15,05±1,5b

Moyenne de 4 répétitions ± écarts-type de la moyenne des 4 mesures. Pour chaque variété et chaque caractère, les moyennes suivies de même lettre ne sont pas significativement différentes au risque 5%. Nbre = nombre, gses = gousses, ms = matière sèche.

Discussion

La comparaison inter-variétale révèle que les deux variétés de niébé, Gorom et KN1, réduisent considérablement leur évapotranspiration en réponse au déficit hydrique de 10 jours. Cela découle d'une fermeture des stomates, réponse immédiate au manque d'eau, permettant ainsi aux plantes d'échapper à un dommage irréversible (DUTUIT *et al.*, 1994, ASHOK *et al.*, 1999). Selon MONNEVEUX (1997), cette fermeture des stomates entraîne un dysfonctionnement qui est la réduction de l'activité photosynthétique ainsi que l'altération de la croissance et du développement notamment chez la variété KN1. En effet, cette variété, très affectée par le stress présente une teneur en eau spécifique plus réduite au cours de la journée et une augmentation du DNS,

surtout au stade début de formation de gousses. Ces deux paramètres physiologiques affectés entraînent une répercussion négative sur la taille des gousses, le nombre de graines par gousse et le poids de matières sèches des tiges (SARR *et al.*, 2001). La variété Gorom, bien que réduisant considérablement son évapotranspiration après 10 jours de suspension d'arrosage, maintient ses fonctions physiologiques essentielles. Ainsi, l'évolution de son évapotranspiration journalière traduit un comportement normal et classique des stomates en période de stress hydrique. Le maintien de la transpiration pourrait s'expliquer par un bon ajustement stomatique (MONNEVEUX, 1997 ; AHMED, 2001). La forte réduction de l'évapotranspiration permet le maintien d'un minimum d'eau nécessaire aux réactions chimiques et dans les structures cellulaires. Ce minimum d'eau est suffisant pour véhiculer les substances d'un organe à un autre. Celle qui explique l'évolution de son poids spécifique foliaire au stade début de formation de gousses, traduisant une bonne migration des assimilats des feuilles vers les gousses (WINKEL et DO, 1993 ; DEBLONDE *et al.*, 2000). Ce comportement aboutit chez Gorom à un accroissement du poids de 100 graines.

Malgré un poids de racines nettement plus faible que celui de KN1, la variété Gorom produit néanmoins plus de gousses, plus de graines par gousse et présente un poids de 100 graines plus élevé. Ce résultat obtenu avec la variété Gorom atteste que la mise en place par le végétal d'un système racinaire développé implique toutefois que des produits de la photosynthèse soient détournés de la production de grain ce qui représente un coût important en termes de rendement.

Conclusion

Le stress hydrique appliqué aux deux stades a eu un effet dépressif sur les caractères physiologiques et la plupart des composantes de rendement étudiées chez les deux variétés ont été affectées, avec un effet moins marqué chez Gorom que chez KN1. La variété Gorom, en réduisant considérablement sa transpiration et en maintenant une masse racinaire dans des proportions convenables, assure aux feuilles, un potentiel hydrique optimum, ce qui permet de réaliser son cycle de développement durant le stress hydrique et de produire relativement mieux que la variété KN1. Cette dernière, malgré la réduction de sa transpiration, en maintenant une forte masse racinaire le fait au détriment de certains caractères tels que la taille des gousses, le nombre de graines et la masse de matières sèches des tiges. Gorom s'est révélée moins sensible au stress hydrique, ses caractères nombre de gousses et poids sec de 100 graines méritent d'être préservés et renforcés. Quant à KN1, le maintien d'une biomasse importante même en conditions de stress est un caractère à préserver pour en faire du fourrage.

Références citées

- AHMED T.D., PAPA I. S. and HAROLD ROY-MACAULEY, 2001. Water status and stomatal behaviour of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., plants inoculated with two *Glomus* species at low soil moisture levels. *European Journal of soil biology*, 37 (3) : 187-196.
- ASHOK, HUSSAIN I. S.A., PRASAD T. G., KUMAR M. U., RAO R. C. N., and WRIGHT G. C., 1999. Variation in transpiration efficiency and carbon isotope discrimination in cowpea. *Aust. J. Plant Physiol*, 26 : 503-510.
- DEBLONDE P. M. K. et LEDENT J. F., 2000. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *European Journal of Agronomy*, 14 : 31-41.

DUTUIT P., POURRAT Y. et DUTUIT J. M., 1994. La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sécheresse 5 (1) : 23 – 31. Genstat, VSN Intl. Ltd, Rothamsted, Britain, 2003. ISBN 1-904375-11-1, URL <http://www.vsn.intl.com>

HALL A. E., THIAWS S., ISMAIL A. M. and EHLERS J. D., 1997. Water use efficiency and drought adaptation of cowpea : in *Advances in cowpea research*, éd. by SINGH B. B., MOHAN R .D. R., DASHIELL K. E. et JACKAI L. E. N. IITA and JIRCAS, 87-98.

KONDA I., 1987. Contribution à la sélection des lignées précoces et intermédiaires de niébé (*Vigna unguiculata* L.Walp.), tolérance à la sécheresse. Mémoire D'ITDR, Agronomie, Université de Ouagadougou, IDR, Ouagadougou Burkina Faso, 60p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DU BURKINA, 2000. Statistiques sur la production du niébé, direction des études et de la planification, Fiche technique 2000.

MONNEVEUX P., 1997. La génétique face au problème de tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoir et difficultés, *Sécheresse*, 8 (1) : 29-37.

REMY S. P. et BAUDOIN J. P., 1997. L'amélioration des plantes tropicales, éd. CIRAD-ORSTOM, 583 p.

SARR B., DIOUF O., DIOUF M., ROY-MAKAULEY H., 2001. Utilisation des paramètres agromorphologiques comme critères de résistance à la sécheresse chez trois variétés de niébé cultivées au Sénégal et au Niger. *Sécheresse*, 12 (4) : 253-266. SAS, Institute Inc, Cary, NC, USA, 1995.

SUMMERFIELD R. J., PAPE J. S., ROBERT E. N. and WIEN H. C., 1985. The physiology of cowpea. *Cowpea research, production and utilisation*, ed. By SINGH R H and RACHIE K. O., 66-101.

WINKEL T. et DO F., 1992. Caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) Br.) à la sécheresse. *Agronomie tropicale*, 4 : 46-54.

ZOMBRE G., ZONGO J. D. et SANKARA P., 1994. Réponse physiologique du niébé au déficit hydrique s'exerçant au cours du cycle de développement. *African crops sci. Journal*, 2 (3) : 225-231.