



Effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum*)

[Effect of water stress on sesame (*Sesamum indicum*) growth and yield production]

ecompaorez@yahoo.fr

Original submitted in 21st October 2010. Published online at www.biosciences.elewa.org on January 10, 2011.

RESUME

Objectif: Le déficit hydrique constitue l'un des facteurs limitants de la production agricole en zone sahélienne. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame.

Méthodologie et résultats: Sept régimes hydriques d'apport d'eau : 100, 80, 60 et 40 % de la capacité au champ (CAC), 60 % CAC avec une application de stress hydrique durant la phase végétative, 60 % CAC avec une application de stress hydrique durant la phase floraison et 60 % CAC avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison, sont comparés selon un dispositif en blocs Fisher avec 4 répétitions. La hauteur, la surface foliaire, l'évapotranspiration potentielle (l'ETc) des plants ainsi que le rendement du sésame ont été déterminés. Les différents traitements de régime hydrique ont eu un effet significatif ($p < 0,0001$) sur la hauteur et la surface foliaire des plants ainsi que sur les rendements. Les traitements se classent suivant cet ordre croissant : 40 % < 60 % < 80 % < 100 % de CAC. Le stress hydrique durant la phase végétative a réduit la croissance de la plante mais n'affecte pas significativement le rendement grain. La phase de floraison est la plus sensible à l'application du stress hydrique. Seul les quantités d'eau apportée au traitement 100 % CAC de 502,89 étaient supérieures à l'ETc du sésame, de 443,51 mm au cours de cette expérience.

Conclusions et application des résultats: Le stress hydrique a eu un effet négatif plus accentué pendant la phase de floraison dans tous traitements soumis au stress. Il serait plus indiqué de contrôler efficacement les apports d'eau pendant cette période afin d'obtenir de bon rendement.

Mots-clés: Sésame, stress hydrique, croissance et développement, évapotranspiration potentielle, rendements.

ABSTRACT

Objective: Water stress is one of the most limiting factors to crop production in the Sahelian zone. The aim of this study was to assess the effect of water stress on sesame growth and yield production.

Methodology and results: Seven water regimes: 100 %, 80 %, 60 % and 40 %, at the field capacity (FC), 60% with stress applied during the vegetative development phase, 60% with stress applied during the flowering phase and 60% with stress applied during the vegetative and flowering phases were compared in a randomized complete block design with four replications. Plant height, leaf area, crop evapotranspiration and yield were determined. The different treatments of water regimes had significant (0.0001) effect on plant height, leaf area and yield. The treatments were ranked according to the following ascending order: 40 % < 60 % < 80 % < 100 % FC. Water stress during vegetative phase

reduced plant growth but did not decrease grain yield significantly. The flowering phase was more sensitive to water stress. Only the quantities of water supplied in 100 % treatment (502.89 mm) were higher than Etc of sesame (443.51 mm) during the experiment.

Conclusion and application: Sesame is sensitive to water stress whose effect was more marked during the flowering stage. It will be useful to manage water supply efficiently during this phase to obtain good yield.

Key words: Water stress, sesame, potential crop evapotranspiration, plant growth, yield.

INTRODUCTION

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante oléagineuse cultivée pour ses graines comestibles dont on extrait aussi de l'huile. La production mondiale de sésame est estimée à plus de trois milliards de tonnes dont 75% sont produits par l'Inde, le Soudan, le Mexique, l'Ouganda et la Chine (Laurentin, 2007). Au Burkina Faso, le sésame est cultivé sur plus de 800 ha et rapporte plus de 8 milliards de FCFA (16 000 000 \$) par an au pays. En dehors de l'alimentation humaine, l'huile de sésame est également utilisée pour la fabrication de divers produits (savons, insecticides, produits pharmaceutiques, entre autre) et les tourteaux constituent un aliment de grande valeur nutritive pour les animaux.

L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, les différences de température et les conditions de sol (sol engorgé, peu aéré, acide) constituent les

principaux facteurs affectant le rendement et les composantes du rendement du sésame dans les régions aride et semi-aride dont le Burkina Faso (Nath and Chakraborty, 2001). Ainsi il a été rapporté qu'un déficit de l'alimentation en eau des plants de sésame réduit significativement le rendement (Tantawy *et al*, 2007; Hassanzadeh *et al*, 2009).

Par conséquent, il est important de déterminer avec précision les besoins réels des plantes et les périodes de développement où les plantes sont plus sujettes au déficit hydrique afin de produire des rendements maximum par unité de surface. C'est dans ce contexte que se situe cette étude qui a consisté à déterminer l'effet de différents régimes hydriques ainsi que l'effet de la période d'application du stress hydrique sur le développement et la productivité du sésame.

MATERIEL ET METHODES

Site expérimental: L'expérimentation a été conduite dans la station de recherche de Farako-Bâ, Burkina Faso située entre la longitude 04° 20 ouest et la latitude 11°06 nord. La température minimale est de 10°C et la maximale de 37°C, l'évapotranspiration assez forte, varie en moyenne de 1700 à 1800 mm par an. Les données météorologiques telles que les températures (maximale et minimale), l'humidité, la vitesse du vent et la durée d'insolation, recueillies dans la dite station de recherche ont été utilisés pour le calcul des différents paramètres.

Sol: Le sol a été prélevé dans l'horizon de surface (0-20 cm) dans une formation naturelle de la station de Farako-Bâ. Il a été séché sur des bâches à la température ambiante puis tamisé à 2 mm. Il est ensuite reparti dans des pots en plastique (diamètre supérieur 25 cm, diamètre inférieur 20 cm et de profondeur 25 cm) à raison de 10 Kg de sol sec par pot. Le sol étudié est un sol ferrugineux tropical lessivé, représentatif de la majorité des sols du Burkina Faso. Les caractéristiques analytiques de ce sol sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques analytiques du sol ferrugineux étudié.

pH	Argile	Limon	Sable	C %	MO	N	C/N	Pt	P Bray I mg P kg ⁻¹	K t
6,39	13,8	33,3	52,9	0,75	1,3	0,06	12,5	185,9	3,1	1336,1

sur les oléagineux annuels et les légumineuses à graines de l'INERA.

Matériel végétal: Le sésame (*Sesamum indicum*) cv S₄₂, variété peu ramifiée ayant un cycle de 95 jours a été utilisé comme plant test.. La semence de sésame a été fournie par le programme national de recherche

Conditions de culture: L'expérimentation a été conduite en serre de novembre 2008 à Mars 2009.

Les pots ont été soumis aux conditions naturelles d'ensoleillement. Les graines de sésame cv. S₄₂ ont

étés semées directement dans les pots. A la levée, nous avons réalisé un démarlage, en laissant seulement un plant par pot. Deux apports de 200 kg/ha chacun d'engrais NPK de formule 14-23-14 ont été apportés à chaque pot comme fumure de fond et d'entretien afin de favoriser une meilleure croissance des plants.

Le dispositif expérimental était un bloc Fischer complètement randomisé avec 4 répétitions et 7 traitements qui sont :

T0 : le sol est maintenu à 100 % de sa capacité de rétention en eau (traitement témoin);

T1 : le sol est maintenu à 80 % de sa capacité de rétention en eau;

T2 : le sol est maintenu à 60 % de sa capacité de rétention en eau;

T3 : le sol est maintenu à 40 % de sa capacité de rétention en eau;

T4 : le sol est maintenu à 60 % de sa capacité de rétention avec une application de stress hydrique durant la phase végétative ;

T5 : le sol est maintenu à 60 % de sa capacité de rétention avec une application de stress hydrique durant la phase floraison ;

T6 : le sol est maintenu à 60 % de sa capacité de rétention avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison.

Tous les jours, les pots sont pesés afin de compléter la quantité d'eau nécessaire au maintien des différentes capacités au champ. Le stress hydrique est provoqué par un arrêt complet de l'irrigation jusqu'à un début de flétrissement du plant. Les pots sous stress sont à chaque fois irrigués, dès qu'on observe le flétrissement des plants et ce, jusqu'à la fin de la phase concernée par le stress.

Paramètres mesurés: Les paramètres mesurés ont été la hauteur des plants, la surface foliaire l'évapotranspiration du sésame et les rendements. (ETo).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les moyennes des hauteurs au 99^{ème} JAS varient de 55,3 à 89,0 cm. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les différents régimes hydriques (100, 60 et 40 % CAC) ($p < 0,0001$). Les traitements se classent dans cet ordre : 100 % > 60 % > 40 % CAC. La hauteur des plants augmente avec les régimes hydriques de plus en plus croissants. Des résultats similaires ont été obtenus par Hireche (2006) sur la vigne et par Attia (2007) sur le cotonnier. Ils avaient observé également une réduction de la taille des plants respectivement avec des doses d'irrigation de 50 et 25 % par rapport au témoin irrigué à 100 %.

L'évapotranspiration du sésame (ETc) a été calculée en utilisant la formule suivante (Allen et al, 1998) :

$$ETc = Kc \text{ ajusté} \times ETo \quad [1]$$

Avec :

Kc ajusté: coefficient cultural du sésame ajusté aux conditions de la région ;

ETo: évapotranspiration de référence (mm).

Kc ajusté =

$$Kc(\text{tab}) + [0,04 (U2 - 2) - 0,004 (Rh_{\min} - 45)](h/3)^{0.3} \quad [2]$$

Kc (tab) est la valeur du Kc des différentes phases du cycle du sésame proposées dans la table de Allen et al. (1998) ;

U2 est la valeur de la vitesse du vent (m/s) à 2 m pendant la phase considérée ;

Rh_{min} est la valeur de l'humidité minimale relative (%) durant la phase considérée ;

h est la hauteur du plant pendant la phase considérée.

Les besoins en eau d'irrigation du sésame (Ir) ont été déterminés par la formule suivante :

$$Ir = ETc - Pe \quad [3]$$

Avec :

- **Ir** : besoin net en eau d'irrigation (mm) ;

- **ETc** : évapotranspiration du sésame (mm) ;

- **Pe** : pluie efficace (mm).

Le sésame étant cultivé sous condition d'irrigation et privé d'eau de pluie, alors Pe = 0 et dans ce cas,

$$Ir = ETc \quad [4]$$

Analyses de données : Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance à l'aide du logiciel XLSTAT 2007. Les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%. Nous avons employé aussi les logiciels Image J (Version 1.34s) pour calculer la surface des feuilles et CROPWAT 4 version 4.2 pour calculer l'évapotranspiration

L'application du stress hydrique aux différentes phases de développement de la plante a accentué la réduction de la croissance et le développement normal du sésame en comparaison avec le régime hydrique initial (60 % CAC). Ces résultats sont conformes avec ceux de Lauer (2005) qui, travaillant sur le comportement du maïs en temps sec a observé que l'application du stress hydrique pendant le développement végétatif a réduit l'expansion des tiges.

Une diminution importante de la taille et de la longueur des entre nœuds des plants sous stress hydrique a également été rapportée (INRA, 2006 ; Lebon, 2006 ; Attia, 2007). La croissance de la plante

est réduite à cause de la réduction de la photosynthèse provoquée par le stress hydrique. Le déficit hydrique induit aussi un déficit de la nutrition minérale (azotée et phosphatée) qui est dû

principalement à des réductions de flux d'éléments vers les racines ce qui a pour conséquence une réduction de la croissance des plants (Gahoona et al, 1994 ; Dugo, 2002).

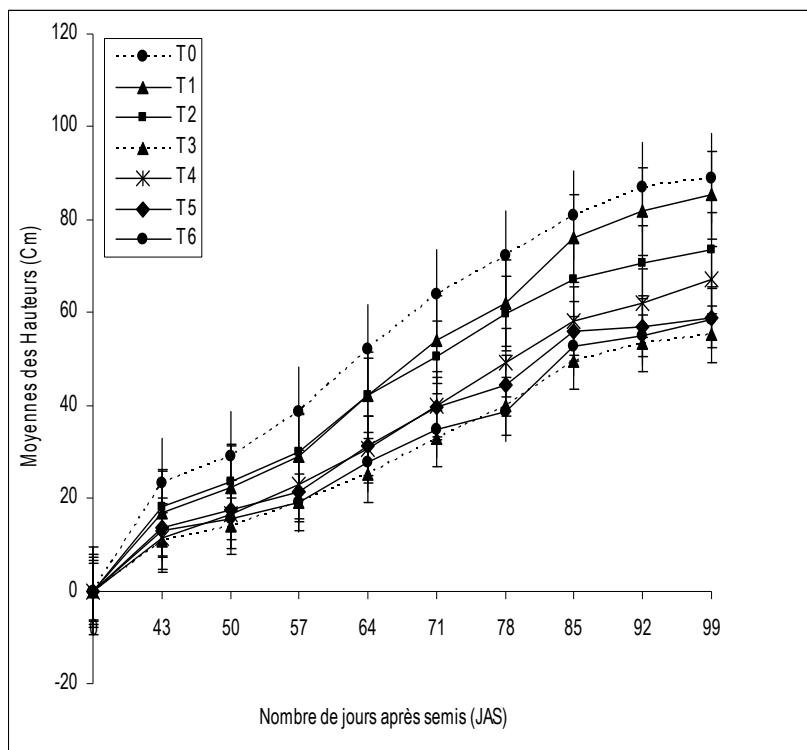


Figure 1 : Evolution de la hauteur des plantes du sésame.

Légende : T0 = 100 % de la capacité au champ ; T1 = 80 % de la capacité au champ ; T2 = 60 % de la capacité au champ ; T3 = 40 % de la capacité au champ ; T4 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative ; T5 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase floraison ; T6 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison.

La surface foliaire des plants a été significativement affectée par le stress hydrique (Figure 2). L'évolution de la surface foliaire s'est faite dans le même sens que celle des hauteurs. Nos résultats sont conformes à ceux rapportés par Matthews (1986) et Chartzoulakisa et al. (2002). La réduction de la surface foliaire pourrait s'expliquer par une réduction de la taille des feuilles et du nombre de feuilles due à une sénescence précoce de ces dernières en condition hydrique limitante.

La réduction de la surface des feuilles par le stress hydrique peut être due à une baisse de l'activité mitotique des cellules épidermiques qui aboutit une réduction du nombre total des cellules de la feuille (Matthews, 1986). Elle peut être due également à une réduction de la taille de la cellule due des changements anatomiques (Chartzoulakisa et al,

2002). Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer (INRA, 2006). Lebon (2006) a montré que la diminution de la surface foliaire sous le régime hydrique limitant est un mécanisme adaptatif des plantes visant à limiter leur transpiration foliaire lorsque les conditions hydriques deviennent défavorables.

Le faible développement de la surface foliaire à partir de 85^e JAS, observé chez tous les plants, pourrait s'expliquer par un début de maturité des capsules d'où une sénescence d'un grand nombre de feuilles. La réduction de la surface foliaire est moins marquée lorsque le stress est imposé au stade végétatif. Le développement foliaire reprend normalement lorsqu'on reprend l'arrosage des plants. C'est

pourquoi on a observé une supériorité du T5 à T4 du 57 au 75^{ème} JAS.

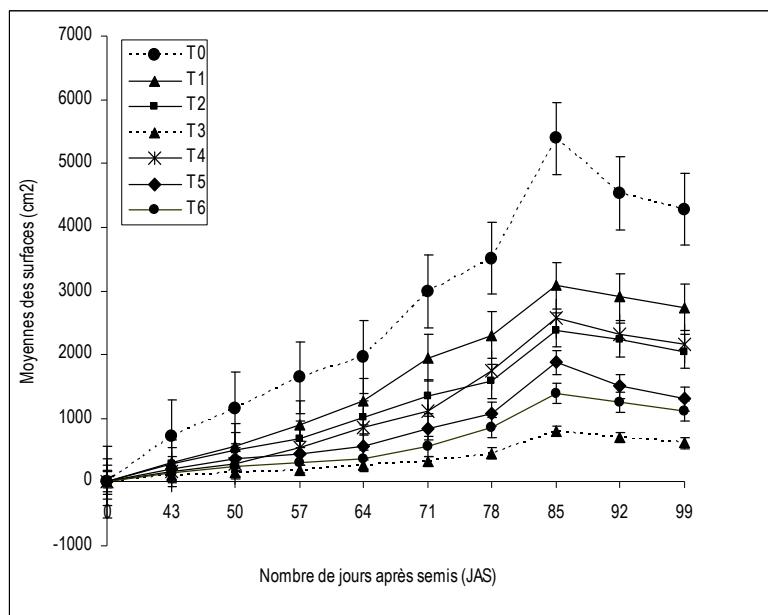


Figure 2 : Evolution de la surface foliaire des plantes du sésame.

Légende : T0 = 100 % de la capacité au champ ; T1 = 80 % de la capacité au champ ; T2 = 60 % de la capacité au champ ; T3 = 40 % de la capacité au champ ; T4 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative ; T5 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase floraison ; T6 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison

L'apport total en eau au cours de l'expérimentation a été de 517,16 mm, 378,70 mm, 322,74 mm, 227,27 mm, 322,58 mm, 303,81 mm et 283,04 mm respectivement pour les traitements T0, T1, T2, T3, T4, T5 et T6. Réviser tous les graphiques, assurez-vous que la police dimensionne minimum Arial 11 étroit sur tous les axes. Également ajouter une légende sous la table pour expliquer quels traitements T1, T2, T3, etc. moyenne. L'évapotranspiration potentielle des plants du sésame (ETc) au cours de cet essai a été de 443,51 mm.

Les besoins en eau des plants ont augmenté légèrement au début des deux premiers mois (novembre - décembre) de mise en essai avant de suivre une croissance exponentielle à partir de janvier pour atteindre un pic maximum à la 1^{ère} décennie du mois de février. Cette période correspond au stade de floraison-capsulaison où le sésame a besoin d'une quantité élevée d'eau. La baisse des

besoins en eau ainsi que l'ETc après cette période, pourrait s'expliquer par la baisse considérable de la vitesse du vent et de l'insolation ainsi que par la fin de la capsulaison et le début de la maturité des capsules où les besoins en eau du sésame commençaient à devenir faibles. Nos résultats sont en conformité avec ceux rapportés par Weiss (1971) qui avait montré que dans le cycle cultural du sésame, les besoins en eau avoisinent les 35 % de la germination à la formation du premier bouton floral, 45% pendant la pleine floraison et 20 % à la maturité. A l'exception du traitement 100 % CAC, les quantités d'eau apportées dans les autres traitements étaient inférieures à l'évapotranspiration potentielle des plants (ETc) (figure 3). Ainsi cela indiquerait que les quantités d'eau apportée dans ces traitements étaient insuffisantes. Dans ces conditions le stress hydrique s'est développé au niveau des plants dont les conséquences furent le ralentissement de la croissance et la baisse de rendement.

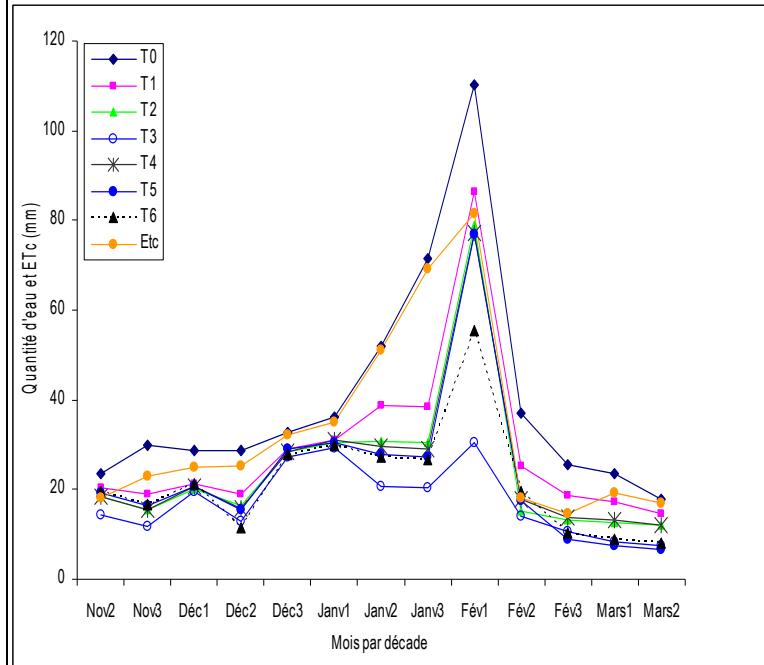


Figure 3: Evapotranspiration potentielle du sésame et quantité d'eau apportée.

Légende : T0 = 100 % de la capacité au champ ; T1 = 80 % de la capacité au champ ; T2 = 60 % de la capacité au champ ; T3 = 40 % de la capacité au champ ; T4 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative ; T5 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase floraison ; T6 = 60 % de la capacité au champ avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison

Tableau 2: Rendement et composantes de rendement du sésame.

Traitements	Nbre capsules	Pds capsules	Pds grains
T0	94a	70,04a	12,40a
T1	81b	46,86b	6,69b
T2	52c	32,16c	4,19c
T3	16f	5,80e	0,89d
T4	40d	21,88d	3,23c
T5	27e	10,67e	1,16d
T6	19f	6,16e	1,01d

Les régimes d'apport d'eau (100, 80, 60 et 40 % CAC) sont significativement différents les uns des autres. Les baisses de rendement grains dans les traitements 80, 60, et 40 % CAC par rapport au témoin (100 % CAC) sont respectivement de 46,0, 66,2 et 92,8 %. Nos résultats sont conformes à ceux de la littérature qui indiquent une déduction du nombre de capsules et des rendements grains (Tantawy et al, 2007; Hassanzadeh et al, 2009).

L'imposition du stress hydrique aux différentes phases de développement de la plante (T4, T5 et T6), a provoqué une réduction significative du nombre de capsules, du poids des capsules mais pas du rendement grain par plant de sésame (tableau 2). Les pourcentages de baisse de rendement grains

dans ce cas par rapport au traitement de référence (60 %) étaient respectivement de 22,9, 72,3 et 75,9 % pour les traitements T4, T5 et T6. La diminution des rendements pourrait s'expliquer surtout par la diminution concomitante de la taille des plantes, du nombre de ramifications, ainsi que par la chute des fleurs. En effet, Hireche (2006) et INRA (2006) ont montré que de la même manière que pour les organes végétatifs, la croissance des jeunes organes reproducteurs (ovules, fleurs puis graines) ainsi que leur nombre sont limités en cas de déficit hydrique et l'effet de la contrainte dépend de son positionnement dans le cycle de développement et de son intensité. Alors INRA (2006) a observé qu'un déficit hydrique après la fécondation réduit la taille des organes et il

en résulte une réduction du nombre de grains, qui aura un effet sur le rendement, même si les conditions hydriques redeviennent favorables.

Les plus grandes valeurs de rendement obtenues avec le traitement 100 % CAC restaient inférieures à celles obtenues par Nongana (1996) et Uçan *et al* (2007) dans des essais au champ. L'obtention de ces faibles rendements pourrait s'expliquer d'une part, par les basses températures. En effet, la période (Novembre - Mars) de conduite de l'essai a coïncidé avec la période de froid où les températures

moyennes variaient entre 15°C la nuit et 30°C le jour. Alors que les températures favorables à une bonne germination du sésame, une meilleure croissance et floraison sont comprises entre 31,9 et 35,1°C (Carvalho *et al*, 2001). Le sésame étant très sensible aux basses températures, la croissance des plants a été freinée et les rendements ont été ainsi affectés. D'autre part, les 10 kg de terre par pot utilisés pour la croissance des plants n'ont apparemment pas favorisé aussi une bonne croissance des plants.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent qu'une réduction des apports d'eau de 20 % CAC affecte non seulement la taille des plants de sésame mais aussi leur surface foliaire. Ce qui confirme le sésame qu'est une plante sensible au stress hydrique. Le déficit hydrique peut contrôler ainsi la croissance végétative en réduisant la vigueur de la plante. Cette réduction a été plus importante pour les plus faibles régimes hydriques. Quelle que soit la phase de développement où le stress hydrique a été appliqué, il a occasionné une réduction de la croissance des plants. Mais cette réduction a été plus importante lorsque le stress est appliqué lors de la phase de floraison que lors de la phase végétative. En affectant de façon significative

la taille des plants de sésame, le nombre de ramifications, ainsi, le déficit hydrique induit des rendements faibles par rapport à des situations de confort hydrique.

Les résultats obtenus, permettent de conseiller la culture du sésame soit effectuée à partir du mois de mars jusqu'en septembre afin d'éviter les basses températures qui affectent négativement les paramètres du rendement du sésame. En cas d'une culture irriguée ou d'un complément d'apport d'eau, ces apports en quantité suffisante doivent être réguliers pendant les phases floraison-maturité des capsules du sésame, car ce sont les phases les plus sensibles au déficit hydrique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen GR, Pereira SL, Raes D, Smith M, 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirement. FAO, Irrigation and Drainage Paper N°56. Rome, Italie, 300 p.
- Attia F, 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement écophysiologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.): Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p.
- Carvalho P.G.B, Borghetti F, Buckeridge M.S, Morhy L et Filho E.X.F, 2001. Temperature dependent germination and Endo- β -Mannanase activity in sesame seeds. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 13(2): 139-148.
- Chartzoulakis K, Patakas A, Kofidisc G, Bosabalidisc A, Nastoub A, 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 95 : 39-50.
- Dugo MVG, 2002. Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse Université de Poitiers (France), 189 p.
- Gahoonia TS, Raza S, Nielsen NE, 1994. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant and Soil* 159: 213-218.
- Hassanzadeh M, Ebadi A, Panahyan-e-Kivi IM, Jarnaati-e-Somarin Sh, Saeidi M, Gholipour A, 2009. Investigation of Water Stress on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan Region. *Research Journal of Environmental Sciences* 3 (2): 239-244.
- Hireche YA, 2006. Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie), 83 p.
- INRA, 2006. Sécheresse et agriculture: réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective, 76 p.
- Lauer J, 2005. Que se passe-t-il dans le plant de maïs par temps sec? University of Wisconsin in Madison, 4 p.

- Laurentin HET, 2007. Genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.): molecular markers, metabolic profiles and effect of plant extracts on soil-borne pathogenic fungi. PhD dissertation, Georg-August-University, Göttingen (Germany), 107 p.
- Lebon E, 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4 p.
- Matthews LR, 1986. The effect of water stress on the leaf area of *cucumis melo*. A thesis Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, 70 p.
- Nath PK, Chakrabotry A, 2001. Effect of climatic variations on yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) at different date of sowing. Agron. J. Crop. Sci., 186: 97-102.
- Nongana A, 1996. Contribution à l'étude de l'élaboration du rendement chez le sesame (*Sesamum indicum* L) : mise en place de la production pour différentes densités et dates de semis. Mémoire d'ingénieur. IDR/UPB, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 100p.
- Tantawy MM, Ouda SA, Khalil FA, 2007. Irrigation Optimization for Different Sesame Varieties Grown under Water Stress Conditions. Journal of Applied Sciences Research, 3(1) : 7-12, Uçan.K, Killi.F
- Gençoglan C. et Merdun H., 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under field conditions. Field Crops Research, 101 : 249-258.
- Weiss E, 1971. Castor sesame and safflower. Leonard Hill books eds. London, 901 p.