

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique
(MESSRS)

Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso
(UPB)

Institut du Développement Rural
(IDR)



MEMOIRE

Présenté par **SON Diakalia**
pour l'obtention du
Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)
en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN)
Option : Systèmes de Productions Végétales
Spécialité : Science du Sol

THEME

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

Présenté le 29 Janvier 2010 devant le jury composé de :

Président : Pr. NACRO Hassan Bismarck, Maître de Conférence, IDR/UPB

Membres : Dr COMPAORE Emmanuel, Chargé de recherche, INERA/CNRST

: Dr DEMBELE Youssouf, Maître de recherche, INERA/ CNRST

Janvier 2010

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	iv
REMERCIEMENTS	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vii
LISTE DES FIGURES, PHOTOS ET TABLEAU.....	viii
<i>SUMMARY</i>	x
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	4
1.1. Généralités sur la plante	4
1.1.1. Botanique et systématique.....	4
1.1.1.1. L'appareil végétatif	5
1.1.1.2. L'appareil reproducteur.....	5
1.1.2. Facteurs influents la croissance et le développement.....	5
1.1.2.1. La température.....	5
1.1.2.2. La lumière	6
1.1.2.3. L'eau.....	6
1.1.3. Maladies et insectes du sésame	6
1.2. Rôle de l'eau pour la plante.....	7
1.2.1. Le stress hydrique.....	7
1.2.1.1. Définition	7
1.2.1.2. Mécanismes d'adaptation au déficit hydrique.....	8
- Stratégie qu'adoptent les plants pour éviter le déficit hydrique.....	8
- Stratégie qu'adoptent les plants pour tolérer le déficit hydrique.....	9
- Stratégie que l'homme doit disposer pour éviter le déficit hydrique des plantes	9
1.2.2. Paramètres affectés par le stress hydrique.....	9
1.2.2.1. La photosynthèse.....	9
1.2.2.2. L'alimentation minérale.....	10
1.2.2.3. La croissance végétative.....	10
1.2.2.4. La croissance des organes reproducteurs	10
1.2.2.5. Le rendement et la composition du grain	10
1.3. Conclusion.....	11
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	12
2.1. Site d'étude.....	12

2.2. Matériels.....	12
2.2.1. Le sol.....	12
2.2.2. Le matériel végétal.....	12
2.3 Méthodes.....	13
2.3.1. Dispositif expérimental.....	13
2.3.2. Conditions de culture.....	14
2.3.3. Paramètres mesurés.....	15
2.3.3.1. La croissance végétative du sésame.....	15
- <i>La hauteur</i>	15
- <i>La surface foliaire</i>	15
2.3.3.2. Détermination des besoins d'eau d'irrigation du sésame.....	16
- <i>Evapotranspiration (ETc) des plants du sésame</i>	16
- <i>Besoins en eau d'irrigation du sésame (Ir)</i>	18
- <i>Quantités d'eau à apporter pour l'irrigation du sésame</i>	18
- <i>Transpiration potentielle (Tp) du sésame</i>	18
2.3.4. Mesure de la biomasse sèche des tiges et rendements grains.....	19
2.4. Analyse de données.....	19
CHAPITRE III- RESULTATS ET DISCUSSION.....	20
3.1. Impact du stress hydrique sur la croissance végétative du sésame.....	20
3.1.1. Résultats.....	20
3.1.1.1. Impact du stress hydrique sur la hauteur des plants.....	20
3.1.1.2. Impact du stress hydrique sur la surface foliaire.....	22
3.1.2. Discussion.....	23
3.2. Besoins d'eau d'irrigation du sésame.....	24
3.2.1. Résultats.....	24
3.2.1.1. L'évapotranspiration potentielle du sésame (ETc) et quantité d'eau à apporter.....	24
3.2.1.2. Transpiration potentielle (Tp) des plants du sésame.....	25
3.2.2. Discussion.....	26
3.2.2.1. Evapotranspiration potentielle du sésame et quantité d'eau à apporter.....	26
3.2.2.2. Transpiration potentielle (Tp) des plants du sésame.....	27
3.3. Effet du stress hydrique sur les rendements.....	28
3.3.1. Résultats.....	28
3.3.1.1. La biomasse sèche des tiges.....	28

3.3.1.2. Le nombre et le poids des capsules	29
3.3.1.3. Le rendement grain.....	30
3.3.2. Discussion	31
3.3.2.1. La biomasse sèche des tiges	31
3.3.2.2. Le nombre de capsules, le poids des capsules et le rendement grain.....	31
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35
ANNEXES	40

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à mon père et à ma mère prématurément arrachés
à mon affection.

Qu'ALLAH tout puissant leur accorde sa grâce.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document a été possible grâce aux actions conjuguées d'un certain nombre de personnes, qui de par leur soutien, leur conseil et leur disponibilité n'ont ménagé aucun effort pour que je puisse conduire à bien ce travail. Qu'elles trouvent à travers ces pages l'expression de ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord exprimer ma profonde gratitude au Dr COMPAORE Emmanuel, chercheur au département GRN/SP, Coordonnateur du programme Oléo-Protéagineux, au sein de la station de recherche de Farako-Bâ (Bobo-Dioulasso), mon maître de stage qui a accepté la tutelle scientifique de ce travail et qui, en dépit de ses multiples charges, a bien voulu m'encadrer. Ses critiques et ses suggestions m'ont été d'un grand intérêt.

Je voudrais également remercier le Pr. SEDOGO P. Michel, Directeur de recherche au département GRN/SP, pour nous avoir accepté au sein de son équipe, ainsi que le Dr SANOU Jacob, chef de centre de l'INERA Farako-Bâ et son personnel pour l'accueil au sein de cette station de recherche.

Mes remerciements vont aussi au Dr DEMBELE Youssouf, au Dr HEMA Drissa, et à Mr. OUEDRAOGO Issouf, tous chercheurs à l'INERA Farako-Bâ, pour leurs suggestions, conseils et appuis dans la recherche bibliographique.

Je ne saurais oublier :

- Mr. OUATTARA Seydou responsable administratif et chargé de la formation à la Station de Recherche de Farako-Bâ, pour ses suggestions et corrections.
- Mr SANGARE Sheck et LOMPO Désiré, étudiants en thèse pour toutes les discussions enrichissantes, et les connaissances qu'ils ont partagées avec moi.
- Mon cousin HIE Abou Bakary, élève magistrat qui m'a consacré ses week-ends pour les mesures phénologiques.
- Mr SOULAMA Djidama, BAMA Hervé et MILOUNGOU Marc pour leur collaboration dans la mise en place puis le suivi de l'essai.
- Mr TRAORE Adama, pour son appui dans l'analyse des données.
- Mr IOGO Valentin informaticien du programme VREO pour tous ses encouragements et son amitié depuis notre rencontre.
- La collaboration et l'amitié des frères BONDE Désiré et BOUINDE Alain avec qui m'ont soutenu dans les moments difficiles.

Mes remerciements vont enfin à mes parents et connaissances qui m'ont soutenu durant mes années d'études, puis aux enseignants – chercheurs de l'IDR qui ont contribué à ma formation, ainsi qu'à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du projet FSP-déchets. Je tiens à remercier les responsables de cette structure.

SIGLES ET ABREVIATIONS

BUNASOL	:	Bureau National des Sols
CIRAD	:	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNRST	:	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
FAO	:	Food and Agriculture Organisation
FSP	:	Fonds de Solidarité Prioritaire
GIRN	:	Gestion Intégrée des Ressources Naturelles
GRET	:	Groupe de recherche et d'échanges technologiques
IDR	:	Institut du Développement Rural
INERA	:	Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles
INRA	:	Institut National de Recherche Agricole
UPB	:	Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso
VREO	:	Programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest

LISTE DES FIGURES, PHOTOS ET TABLEAU

Figure 1 : Dispositif expérimental en bloc Fisher.....	14
Figure 2 : Evolution de la hauteur des plantes.....	20
Figure 3 : Evolution de la surface foliaire des plantes.....	22
Figure 4 : Evapotranspiration potentielle du sésame et quantité d'eau apportée.....	24
Figure 5 : Evolution de la transpiration potentielle des plants.....	25
Figure 6 : Poids moyen de la tige sèche.....	28
Figure 7 : Nombre de capsules/plant.....	29
Figure 8 : Poids moyen des capsules/plant.....	29
Figure 9 : Poids moyen des grains/ plant.....	30
Photo 1 : Plante de sésame au stade floraison capsulaison.....	4
Photo2 : Plant sous stress hydrique.....	15
Photo 4 : Effet de la dose d'irrigation sur le développement du sésame.....	21
Tableau I : Caractéristiques analytiques du sol ferrugineux étudié.....	12

RESUME

Le déficit hydrique est l'un des principaux facteurs limitants de la production agricole au Burkina Faso. Par conséquent, il est important d'optimiser les apports d'eau en fonction des besoins réels de la culture en tenant compte des conditions environnementales. L'objectif de cette étude, est d'évaluer l'effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame. A cet effet sept (7) régimes hydriques d'irrigation : 100% (T0), 80% (T1), 60% (T2), 40% (T3) de la capacité au champ (CAC), 60% CAC avec une application de stress hydrique durant la phase végétative (T4), 60% CAC avec une application de stress hydrique durant la phase floraison (T5) et 60% CAC avec une application de stress hydrique durant la phase végétative-floraison (T6), sont comparés selon un dispositif expérimental en bloc Fisher à la Station de Recherche de Farako-Bâ.

La hauteur, la surface foliaire des plants, les coefficients culturaux (kc), l'évapotranspiration potentielle (l'ETc), ainsi que les rendements ont été déterminés.

Les résultats obtenus montrent que les différents traitements de régime hydrique ont eu un effet sur la hauteur et sur la surface foliaire des plants ainsi que sur les rendements grains. Les traitements se classent suivant cet ordre croissant : $40\% < 60\% < 80\% < 100\%$.

Le stress hydrique durant la phase végétative réduit la croissance de la plante mais n'affecte pas significativement le rendement. La phase floraison est la plus sensible à l'application du stress hydrique.

Les quantités d'eau apportées assimilées au CAC ont été de 502,89 ; 378,70 ; 322,74 ; 227,27 ; 322,58 ; 303,81 ; 283,04 mm respectivement pour les traitements T0, T1, T2, T3, T4, T5 et T6 pour la période allant de la mi-novembre à la mi-mars. Quant à l'ETc du sésame, elle a été de 443,51mm.

Le stress hydrique ayant un effet négatif plus accentué pendant la phase floraison, il serait plus indiqué de contrôler efficacement les apports d'eau sur le sésame pendant cette période afin de produire des rendements les plus élevés par unité de surface.

Mots-clés : sésame ; stress hydrique ; évapotranspiration potentielle ; croissance et développement des plants ; rendements.

SUMMARY

Water shortage is one of the most limiting factors of crop production in Burkina Faso. Therefore, it is important to determine the right amounts of water supplies needed for plants during the plant cycle. This work aims to study the effect of water stress on the growth and the production of sesame. So that, seven water regimes: 100% (T0), 80% (T1), 60%(T2), 40% (T3), at the field capacity, 60% with drought imposed during the vegetative stage (T4), 60% with drought imposed during flowering (T5) and 60% with drought imposed during the vegetative stage and during flowering (T6). All the treatments, replicated four times, were distributed in a randomized complete block design.

Plants height, leaf area, crop coefficient, potential crop evapotranspiration, water needs and yield were determined.

The results obtained showed that the different treatments of water regime had an effect on plant growth, leaf area and yield. The treatments are ranged according this ascending order: 40% < 60% < 80% < 100%.

The imposition of water shortage at the different stages of plant cycle (vegetative, flowering and vegetative - flowering), reduced plant growth and final yield. The imposition of drought during vegetative stage reduced plant growth but had no significant effect on yield. The flowering stage is more affected by the water stress imposition.

The water quantities added comparable at the field capacity were 517.16, 378.70, 322.74, 227.27, 322.58, 303.8, 283.04 mm respectively for T0, T1, T2, T3, T4, T5 and T6 for the time between 15 November to 15 March. About Etc of sesame, it was 443.51mm.

Water stress had an more effect on flowering stage, therefore, it will be interesting to monitor efficiently the irrigation of sesame during this stage in the objective to produce high yield per unite of area.

Key words: *sesame, water stress, potential crop evapotranspiration, plant growth, yields.*

INTRODUCTION GENERALE

Le sésame (*Sesamum indicum L.*) est probablement la plus ancienne oléagineuse connue et utilisée par l'homme (Bedigian, 2003). Il est actuellement cultivé de façon extensive en Afrique, en Asie et en Amérique latine pour ses graines comestibles dont on extrait aussi de l'huile (Romain, 2001). La production mondiale est estimée à plus de 3 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 constitue avec les autres cultures oléagineuses (karité, coton et arachides), les rares produits d'exportation et rapporte plus de 8 milliards de FCFA comme devises au pays. La graine de sésame renferme 50% d'huile et 25% de protéines jouant ainsi un rôle important dans l'alimentation humaine (Alobo, 2001 ; Tunde et Akintunde, 2004). En dehors de l'alimentation humaine, l'huile de sésame est aussi utilisée dans les industries pour la fabrication de divers produits (savons, peintures, insecticides, produits pharmaceutiques, etc.). Les tourteaux constituent des aliments de grande valeur nutritive pour les vaches laitières (Omar, 2002 ; Djidingar, 2003 ; El-Habbasha *et al*, 2007 ; Laurentin, 2007). Sur le plan agronomique, il augmente la rétention de l'eau et l'ameublissement du sol pour la culture suivante et lutte contre la pourriture racinaire de coton et les nématodes des racines (Naturland, 2000 ; Langham *et al*, 2008). Il permet aussi de réduire le *Striga hermontica* dans les champs cultivés (Massaladji, 2002 cité par Djidingar 2003 ; Hess et Dodo, 2004).

Depuis plusieurs années, les climatologues constatent des modifications climatiques à l'échelle mondiale, et surtout régionale, (insuffisance et mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies) entraînant un réchauffement de la planète. Ainsi l'utilisation de l'eau à des fins agricoles se trouve de plus en plus en compétition avec les autres usages (domestiques et industriels). En outre, l'approvisionnement en eau d'irrigation est limité par des nappes peu fournies et l'insuffisance des eaux de surface. Ces exemples illustrent la nécessité de la gestion rationnelle des eaux d'irrigation des cultures irriguées (Martin *et al*, 1989 cités par Messaoudi et EL Fellah, 2002).

Il est donc indispensable de produire un maximum de rendement par une gestion efficace de l'eau, car les terres arables et cette ressource sont en perpétuelle diminution à cause de la démographie et de l'industrialisation galopante. Par conséquent, il est important d'optimiser les apports d'eau en fonction des besoins réels de la culture en tenant compte des conditions environnementales.

Cette nécessité environnementale et économique de raisonner les apports d'eau au même titre que tous les autres intrants (produits phytosanitaires, fumures...), constitue l'agriculture de précision (Luquet, 2002).

En plus d'une détermination correcte des intervalles d'irrigation et des besoins réels des plantes, il est nécessaire de déterminer la période de croissance où les plantes sont les plus sensibles au déficit hydrique afin de produire des rendements les plus élevés par unité de surface.

Le sésame est habituellement cultivé dans des régions arides et semi-arides du monde et pourrait être considéré aussi à cet effet comme une culture irriguée dans ces régions. Il est très sensible aux conditions environnementales tels que les basses températures, l'humidité et la qualité du sol, qui peuvent affecter son rendement et sa qualité (CIRAD, 2002). La connaissance des besoins réels en eau de cette plante et ses périodes de croissances les plus sensibles aux déficits hydriques pourraient aider à maximiser son rendement par une gestion efficace de l'eau.

C'est au vu de cette problématique et afin de répondre ne serait-ce que partiellement à l'attente de la filière sésame que le thème : « Effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum*) » a été proposé. L'objectif global de cette étude est donc, de déterminer la réponse de la plante à différentes applications d'irrigation dans les conditions de l'Ouest du Burkina Faso.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- Evaluer l'effet de la dose d'irrigation sur le développement et la productivité du sésame ;
- Evaluer l'effet de la période d'application du stress hydrique sur le développement et la productivité du sésame.

Ces objectifs spécifiques sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- Une réduction des apports d'eau d'irrigation affecte négativement la croissance et la production du sésame ;
- Le stress hydrique a un effet plus marqué sur la croissance et la production à la phase floraison qu'à la phase végétative de la plante.

Le présent mémoire qui est l'aboutissement de nos travaux s'article comme suit:

- Une introduction générale qui situe le contexte de l'étude et présente le sujet;
- Un premier chapitre consacré à la synthèse bibliographique;
- Un deuxième chapitre qui présente le matériel et la méthodologie adoptée pour atteindre les objectifs fixés ;
- Un troisième chapitre présentant l'essentiel des résultats et leur discussion ;
- Une conclusion générale qui résume les principaux acquis de cette étude, les limites et les perspectives d'utilisation de ses résultats.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur la plante

1.1.1. Botanique et systématique

Le sésame (*Sesamum indicum.L*) est probablement l'espèce la plus anciennement connue et utilisée par l'homme. Les plus vieux documents disponibles sur la culture du sésame sont des tablettes de Babylone datant de 2350 avant J.C. Son centre d'origine primaire serait l'Afrique où l'on rencontre les types les plus primitifs (Baudouin et *al.*, 2002 cité par SAMA 2006). D'autres auteurs lui attribuent une origine asiatique. Il appartient à l'ordre des Tubiflorales, à la famille des Pedaliacées et au genre *Sesamum*.



Photo 1 : Plante de sésame au stade floraison – capsulaison.

1.1.1.1. L'appareil végétatif

Le sésame est une plante annuelle au port érigé, de 0,5 à 2 m de hauteur. Son cycle varie de 80 à 180 jours. Le système racinaire du sésame est de type pivotant avec un réseau dense de racines secondaires. La tige a une section quadrangulaire. Elle est cannelée, plus ou moins velue, unique ou ramifiée selon les variétés (Santens, 1980 ; Romain, 2001 ; CIRAD, 2002).

La morphologie des feuilles change selon la variété et l'âge de la plante. Les feuilles inférieures sont opposées, larges et palmilobées, tandis que celles situées sur la partie supérieure de la plante sont alternes, étroites et lancéolées. Elles mesurent 3 à 17,5 cm de long sur 1 à 1,7 cm de large. La longueur du pétiole est de 1 à 1,5 cm.

1.1.1.2. L'appareil reproducteur

Les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles à la partie supérieure de la tige principale et des rameaux. Solitaires, elles sont occasionnellement groupées en inflorescences de 2 à 3 fleurs par axile. Elles sont blanches, roses ou pourpres selon les variétés (Santens, 1980 ; Nongana, 1996 ; Romain, 2001 ; CIRAD, 2002).

Les fruits sont des capsules érigées d'environ 2,5 à 4 cm. Ils possèdent normalement quatre loges, mais ce nombre peut atteindre 6 à 8 selon les variétés. Le nombre de capsules par plante dépend de la variété et de l'environnement. Elles sont déhiscentes ou indéhiscentes à maturité selon les variétés et contiennent de nombreuses petites graines ovales, lisses ou réticulées, blanches, jaunes, brunes ou noires. Le poids de mille grains varie entre 2 et 4 g (Romain, 2001 ; CIRAD, 2002).

1.1.2. Facteurs influant sur la croissance et le développement

Le sésame est cultivé aussi bien dans les régions tropicales que dans les régions tempérées chaudes. Une pluviosité de 250 à 800 mm suffit au sésame pendant le cycle végétatif. La réussite de la culture dépend aussi du sol et de la lumière. Les sols doivent être perméables, bien aérés et peu acides (pH, 5,5 à 8). D'une façon générale, en l'absence de photothermopériodisme capable de troubler profondément l'évolution physiologique du végétal, le développement est sous la dépendance étroite de la température.

1.1.2.1. La température

Le sésame est une plante de régions chaudes et requiert de ce fait, certaines conditions de température durant sa croissance et son développement. A l'instar des autres plantes, la

température agit sur la vitesse de développement du sésame. La valeur minimum de température pour la germination de la plante est comprise entre 12,8°C et 13,2°C alors que le maximum est compris entre 45,5°C et 46°C (Naturland, 2000 ; Carvahlo *et al.*, 2001). Selon les mêmes auteurs, une température de 31,9°C à 35,1°C favorise une germination rapide, la croissance et la floraison. La germination et la croissance des plantes sont freinées à des températures inférieures à 20° C et inhibées à 10° C.

1.1.2.2. La lumière

Le sésame est une plante de jour court et fleurit après environ 45 jours si la longueur des jours est de 10 heures (Romain, 2001 ; Caliskan, 2004). La lumière règle la photosynthèse selon la capacité d'interception du peuplement végétal qui dépend de l'indice foliaire. L'utilisation de la lumière va donc dépendre de la densité et de la structure du peuplement. Une densité trop forte ne permet pas une exploitation maximale de la lumière.

1.1.2.3. L'eau

D'une manière générale, le manque d'eau influence fortement la croissance et la production du sésame. Il résiste à la sécheresse grâce à son système racinaire bien développé. Néanmoins, certaines conditions pluviométriques doivent être remplies pour une bonne croissance et un meilleur rendement. Selon Weiss, 1971 cité par Sama (2006), le rendement maximum du sésame est atteint avec une pluviosité répartie sur le cycle dans les proportions suivantes :

- 35% : de la germination à la formation du premier bouton floral ;
- 45% : pendant la pleine floraison ;
- 20% : à la maturité.

La période critique couvre les deux premières phases pendant lesquelles les besoins en eau sont plus élevés. Le stade plantule est très sensible au stress hydrique. Le sésame est très sensible à l'inondation et aux fortes pluies, même pendant des durées relativement courtes (Somé, 2000).

1.1.3. Maladies et insectes du sésame

Les maladies les plus dangereuses du sésame sont les taches foliaires causées par la bactérie *Pseudomonas sesami* et les champignons *Cercospora sesami* et *Alternaria spp.* *P.sesami* et *C.sesami* attaquent les feuilles et les capsules. Les espèces d'*Alternaria* attaquent les tiges, les

feuilles et les capsules vertes (Romain, 2001). D'autres agents pathogènes sont *Phytophthora nicotianae var. sesami* et *Helminthosporium sesami*.

Les insectes ravageurs les plus dangereux du sésame sont la cécidomyie (*Asphondylia sesami*), qui pond ses œufs dans l'ovaire des fleurs ; la pyrale (*Antigastra catalaunalis*), dont les larves minent les jeunes feuilles et les pointes des rejets ; la punaise verte (*Nezara viridula*), qui provoque des dégâts sérieux aux capsules ; les pucerons et les thrips.

1.2. Rôle de l'eau pour la plante

1.2.1. Introduction

L'eau est l'élément vital pour la croissance et le développement des plantes. Elle permet le transport des substances nutritives, d'éléments issus du métabolisme et des déchets, etc. (Calu, 2004).

La variation de stock d'eau dans le sol pendant une période considérée est le résultat du bilan entre les apports (pluie, irrigation, remontées capillaires) et les pertes d'eau (évapotranspiration réelle et le drainage profond).

Dans la pratique, l'équation de bilan s'écrit :

$$\Delta S = P + I - ETR - D \quad [1]$$

avec :

- ΔS = variation de stock d'eau dans le volume du sol pendant la période considérée;
- P = pluie ;
- I = irrigation ;
- ETR = évapotranspiration réelle ;
- D = drainage.

Le déficit hydrique intervient à partir du moment où les entrées (pluie et irrigation) n'arrivent pas à couvrir l'évapotranspiration réelle et à assurer le stock d'eau dans la plante. A partir de ce moment les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles pour les racines (Gay et Bloc, 1992).

1.2.2. Le stress hydrique

1.2.2.1. Définition

Pour Girardin (1999) cité par Pindard (2000), il y a un stress chez la plante quand l'état hydrique perturbe le métabolisme. Cela sous-entend qu'il y a des répercussions directes plus

ou moins rapides sur la croissance des organes et leur développement. La première manifestation du stress hydrique chez une plante est le flétrissement mais des recherches ont montré qu'on ne peut se baser sur le flétrissement du feuillage pour détecter le stress, car les fonctions métaboliques sont affectées chez une plante stressée avant que le stress ne soit visible. Il faut avoir recours à des mesures au niveau de la plante, du sol ou à des estimations (Pindard, 2000). Parmi les méthodes de mesure de l'état hydrique, on peut citer :

- *La micromorphométrie* : elle consiste à mesurer les micro-variations du diamètre de la tige de la plante qui révèlent des variations de l'état hydrique du végétal ;
- *La mesure de flux de sève* : méthode fondée sur la mesure du débit de sève dans le xylème.

1.2.2.2. Mécanismes d'adaptation au déficit hydrique

Le déficit hydrique se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporative. La tolérance à la sécheresse est la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques épisodiques (Chaves *et al*, 2002, Tardieu *et al*, 2006). Ainsi dans les zones arides, les plantes ont développé des mécanismes de régulation assurant leur survie, en général aux dépens de la productivité. Mais les stratégies d'adaptation mises en œuvre par la plante pour se protéger d'un stress hydrique dépendent de l'intensité du déficit auquel elle est soumise. Elles seront différentes pour une plante qui subit un stress sévère mettant en cause sa survie, que pour une plante cultivée qui, choisie en fonction du risque climatique local, ne sera soumise qu'à un déficit hydrique plus modéré. La principale réaction de la plante soumise à un manque d'eau est de réduire de manière active sa transpiration, par la fermeture de ses stomates dès que le déficit hydrique apparaît et par une réduction de sa surface foliaire : réduction de la vitesse de croissance des feuilles ou de leur nombre, sénescence accélérée des feuilles (INRA, 2006). La première stratégie d'adaptation des plantes à la sécheresse consiste à « éviter » tout stress hydrique et la deuxième la capacité à le « tolérer ».

a) Stratégie qu'adoptent les plants pour éviter le déficit hydrique

La première façon d'éviter le déficit hydrique est l'esquive (Grieu *et al*, 2008). L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. Le développement phénologique rapide avec une floraison précoce, permet à la plante d'éviter les périodes

sèches. Cette stratégie appliquée aux espèces cultivées a amené à décaler la date de semis et/ou à sélectionner des variétés plus précoces permettant d'éviter les déficits hydriques de fin de cycle.

La deuxième façon d'éviter ce déficit est la capacité de la plante à maintenir un état hydrique satisfaisant. Cette stratégie adoptée par les plantes est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration (fermeture des stomates, réduction de la surface foliaire et diminution de la conductance stomatique) et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines (masse et volume, ramification, profondeur).

b) Stratégie qu'adoptent les plants pour tolérer le déficit hydrique

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (Passioura, 2006). Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne.

c) Stratégie dont l'homme doit disposer pour éviter le déficit hydrique des plantes

Différentes stratégies agronomiques et génétiques ont été développées par l'homme dans le but d'accroître le rendement et d'esquiver la contrainte hydrique. Il s'agit entre autres : l'anticipation des dates de semis, l'usage des brise-vent, le binage, le désherbage, le paillage ou l'association des cultures (effet oasis).

1.2.3. Paramètres affectés par le stress hydrique

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. La teneur en eau du sol dans la zone racinaire décroît et induit une diminution de la transpiration ainsi que du potentiel hydrique foliaire. Les paramètres affectés par le stress hydrique au niveau de la plante sont : la photosynthèse, l'alimentation minérale, la croissance végétative, etc.

1.2.3.1. La photosynthèse

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante. Plusieurs travaux permettent de voir comment les organes végétaux sont affectés par la sécheresse. La baisse du

potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Donc un stress hydrique, en provoquant la fermeture des stomates se traduit par un ralentissement de la photosynthèse en même temps que la transpiration (Teulat *et al*, 1997).

1.2.3.2. L'alimentation minérale

Le déficit hydrique induit un déficit de nutrition azotée qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de la transpiration (Dugo, 2002 ; INRA, 2006). Le facteur d'aridité peut affecter la nutrition phosphatée dans les zones semi-arides en réduisant de manière drastique les possibilités de désorption des ions phosphate depuis la phase solide du sol et de leur transfert vers la racine (Fardeau et Frossard, 1991). En effet 95% du phosphore prélevé doit être désorbé avant d'être transféré vers la plante.

1.2.3.3. La croissance végétative

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (Chaves *et al*, 2002 ; Lebon *et al*, 2006). On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (INRA, 2006 ; Lebon *et al*, 2006 ; Attia, 2007). Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer ; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (Kramer et Boyer, 1995 ; Bouchabke *et al*, 2006 ; INRA, 2006).

1.2.3.4. La croissance des organes reproducteurs

De la même manière que pour les organes végétatifs, la croissance des jeunes organes reproducteurs (ovules, fleurs puis graines) ainsi que leur nombre (défini par des processus de ramification) sont limités en cas de déficit hydrique. Il en résulte une réduction du nombre de grains, qui aura un effet sur le rendement même si les conditions hydriques redeviennent favorables (INRA, 2006).

1.2.3.5. Le rendement et la composition du grain

Selon le positionnement dans le cycle de développement et l'intensité de la contrainte hydrique, les stress hydriques influencent les rendements ainsi que la composition biochimique des graines. Un déficit hydrique après la fécondation réduit la taille des organes

et si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, elle affecte leur composition. Les différents métabolismes étant inégalement affectés par le déficit hydrique (le métabolisme carboné l'est davantage que le métabolisme azoté), les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (Hireche, 2006 ; INRA, 2006).

1.3. Conclusion

De cette étude bibliographique il ressort que :

- L'eau est un élément vital pour les plantes ;
- Le manque d'eau affecte la croissance normale ainsi que les paramètres du rendement des plantes ;
- Bien que le sésame ne soit pas trop exigeant en eau, un stress hydrique peut affecter sa croissance et sa production normale.
- Les plantes peuvent développer certains mécanismes pour faire face au stress hydrique.

Ainsi connaissant l'importance de l'eau pour les plantes, les conséquences d'un stress hydrique sur la croissance et la productivité du sésame, il nous convient d'étudier l'effet d'un stress hydrique sur la croissance et la production de cette plante.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été conduite en serre à la Station de Recherche de Farako-Bâ, situé à 10 km sur l'axe Bobo-Banfora (4°20 longitudes Ouest, 11°06 de latitude Nord et une altitude de 405 m). Le climat est du type soudanien et la saison des pluies se situe entre mi-mai et mi-octobre (Morant, 1984). La pluviosité moyenne annuelle des dix dernières années est de 996,3 mm. Durant l'année d'étude (2008), la pluviométrie a été de 1139,6 mm. Les données climatiques sont fournies en Annexe I.

2.2. Matériels

2.2.1. Le 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 tamisée à 2 mm. Il est ensuite reparti dans des pots en plastique (diamètre supérieur 25cm, diamètre inférieur 20 cm et 25 cm de profondeur) 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 déterminées au laboratoire de la Station de Recherche de Farako-Bâ et au BUNASOL sont présentées dans le Tableau I.

Tableau I : Caractéristiques analytiques du sol ferrugineux étudié

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

2.2.2. Le matériel végétal

La variété de sésame utilisée est le *Sesamum indicum* cv S₄₂. C'est une variété peu ramifiée ayant un cycle végétatif de 95 jours. Les rameaux primaires sont au nombre de 2 à 4. Les feuilles sont entières, en position mixte, de couleur verte-foncée et disposée horizontalement par paire sur chaque nœud. On distingue une fleur par axile, aboutissant à une capsule par axile. Les capsules, composées de quatre loges, sont déhiscents à maturité. Les graines sont

blanches. Le rendement en grains est généralement faible : 400 kg en milieu paysan ; 1000 kg/ ha en Station de recherche.

2.3. Méthodes :

2.3.1. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental était un bloc Fischer complètement randomisé avec 4 répétitions et comportant 7 traitements de régimes hydriques 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.

NB : La capacité au champ (CAC) de notre sol est de 0,3.

Les traitements sont assignés aux parcelles élémentaires comme l'indique la figure 1.

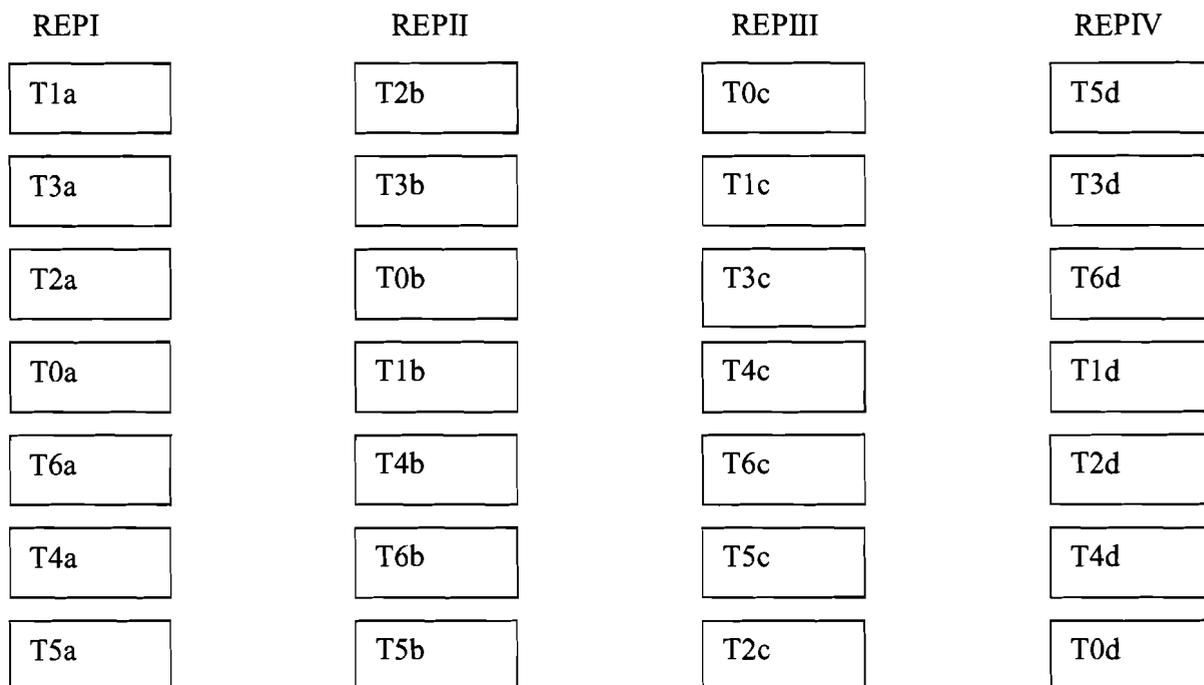


Figure1 : Dispositif expérimental en bloc Fisher

2.3.2. 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 S₄₂ ont été semées directement dans les pots le 14-11-08. Deux apports de 200kg/ha chacun d'engrais NPK de formule 14-23-14 ont été apportés à chaque pot comme fumure de fond et d'entretien. Les quantités d'eau des différents traitements sont complétées tous les jours après pesée des pots afin de les maintenir.

Le stress hydrique est provoqué par un arrêt complet de l'irrigation jusqu'à un début de flétrissement de la plante (photo 2). Les pots sous stress sont à chaque fois irrigués, dès qu'on observe le flétrissement des plants, et ceci, jusqu'à la fin de la phase concernée par le stress.



Photo 2: Plant sous stress hydrique

2.3.3. Paramètres mesurés

2.3.3.1. La croissance végétative du sésame

La caractérisation du développement et de la croissance du sésame a été réalisée au travers de différents types de mesures :

- **La hauteur**

La hauteur totale des plants est mesurée une fois par semaine avec un ruban métrique depuis le début de la phase de croissance. La mesure de la hauteur a concerné la partie de la plante située depuis le collet jusqu'au dernier bourgeon de la tige principale.

- **La surface foliaire**

Les mesures de la surface foliaire ont été effectuées sur six (6) séries de feuilles de chaque plant soit deux grandes feuilles, deux feuilles moyennes et deux petites feuilles. Les mesures ont été effectuées chaque semaine. Ces mesures ont porté sur la longueur (L) et la largeur (l) de chaque feuille. Aussi, le nombre total des feuilles de chaque plante est déterminé après mesure.

Pour calculer la surface foliaire (S_f) du sésame, 90 feuilles fraîches ont été récoltées soit 30 grandes feuilles, 30 feuilles moyennes et 30 petites feuilles. Les croquis des feuilles récoltées ont été scannés et la surface de chaque feuille a été calculée à l'aide du logiciel Image J

(Version 1.34s). Les surfaces moyennes ont servi à déterminer le coefficient de correction (k) du sésame grâce à la formule de Fakorede *et al.* (1977) :

$$S_F = L \times l \times k \quad [2]$$

avec :

- **L** = Longueur de la feuille ;
- **l** = Largeur maximale de la feuille ;
- **k** = coefficient de correction pour la culture concernée.

Enfin par la méthode de Kumar *et al.* (2002), nous avons calculé la surface foliaire finale :

$$S_F = L \times l \times N \times k \quad [3]$$

avec :

- **L** = Longueur de la feuille ;
- **l** = largeur maximale de la feuille ;
- **N** = nombre de feuilles ;
- **K** = coefficient de correction (estimé à 0,64 pour le sésame).

2.3.3.2. Détermination des besoins d'eau d'irrigation du sésame

- Evapotranspiration (ETc) des plants du sésame

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

$$ETc = Kc \text{ ajusté} \times ETo \quad [4]$$

Avec :

- **Kc ajusté**: coefficient cultural du sésame ajusté aux conditions de la région ;
- **ETo**: évapotranspiration de référence (mm).

L'évapotranspiration de référence a été calculée en utilisant la formule de FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998 ; Laere, 2003). Elle est calculée au moyen du logiciel CROPWAT 4 version 4.2.

L'utilisation de la formule de Penman-Monteith nécessite les données climatiques standard suivantes :

- Températures maximale et minimale de l'air (°C) ;
- Humidité de l'air (%) ;
- Vitesse du vent à 2 m d'altitude (m/s) ;

- Durée d'insolation (h).

La vitesse du vent a été ramenée à 2 m du sol par la formule suivante (Allen *et al.*, 1998) :

$$U_2 = U_z \times 4,87 / [\ln (67,8 \times Z - 5,42)] \quad [5]$$

avec:

- **U₂** = la vitesse du vent à 2 m du sol;
- **U_z** = la vitesse du vent à Z m du sol;
- **Z** = la hauteur.

Les données climatiques qui ont été utilisées dans le calcul de l'ET_o proviennent de la station Météorologie de l'INERA Farako-Bâ et de l'aéroport de Bobo-Dioulasso.

Choix des coefficients culturaux :

Le logiciel CROPWAT 4 version 4.2 utilise trois (03) valeurs du coefficient cultural K_c correspondant aux trois phases de croissance du sésame:

- **La phase initiale** qui s'étale depuis le semis jusqu'à ce que la culture couvre environ 10% de la surface du sol (**K_{c ini}**);
- **La phase de mi-saison** qui commence à la fin de la phase de développement : elle comprend la floraison et la formation des capsules (**K_{c mid}**);
- **La phase d'arrière saison** qui va de la fin de la phase de mi-saison et se termine au dernier jour de la récolte; elle comprend le mûrissement (**K_{c end}**).

Nous avons utilisé l'équation proposée par Allen *et al.* (1998) pour calculer ces K_c:

$$K_{c \text{ ajusté}} = K_c(\text{tab}) + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (Rh_{\min} - 45)](h/3)^{0,3} \quad [6]$$

avec:

- **K_{c ajusté}** est la valeur du K_c à la phase considérée;
- **K_{c (tab)}** est la valeur du K_c des différentes phases proposées dans la table par 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.

Ces valeurs de K_c reflètent mieux le contexte climatique de la Station de Recherche de Farako-Bâ (Annexe II).

- **Besoins en eau d'irrigation du sésame (Ir)**

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

$$Ir = ETc - Pe \quad [7]$$

Avec :

- **Ir** : besoin net en eau d'irrigation (mm) ;
- **ETc** : besoin en eau de la culture (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, $Ir = ETc$ [8]

- **Quantités d'eau à apporter pour l'irrigation du sésame**

Les quantités d'eau d'irrigation du sésame apportées au cours de l'essai ont été déterminées par la formule suivante :

$$\text{Volume d'eau (V}_E\text{)} = \text{volume du sol} \times \text{CAC} \quad [9]$$

Elles ont été ramenées en mm par la formule suivante

$$\text{Qté d'eau (mm)} = \text{Qté d'eau apportée (litres)} / \text{surface de la plantation (cm}^2\text{)}. \quad [10]$$

- **Transpiration potentielle (Tp) du sésame**

La transpiration potentielle de la culture est déterminée par la formule suivante :

$$Tp = ETc - Ep \quad [11]$$

avec :

- **Tp** = transpiration potentielle de la plante (mm/jr) ;
- **ETc** = l'évapotranspiration potentielle de la culture (mm/jr) ;
- **Ep** = l'évaporation potentielle de la culture (mm/jr).

L'évaporation potentielle de la culture est déterminée par la formule suivante :

$$Ep = ETc \cdot \exp(-0,6 \cdot LAI) \quad [12]$$

avec :

L'indice foliaire (Leaf Area Index, LAI) qui est une variable adimensionnelle, définie souvent comme la surface unilatérale totale des tissus photosynthétiques par unité de surface du sol (Spaskhah et Andam, 2001 ; Khabba et al, 2006).

Elle a été calculée en utilisant la formule proposée par Parcevaux et Catsky (1970) cité par Stephan (1997) :

$$\text{LAI} = \text{Sf} / \text{Sp} \quad [13]$$

avec :

- **Sf** = surface foliaire ;
- **Sp** = surface de plantation.

2.3.4. Mesure de la biomasse sèche des plants et rendement en grains

La matière sèche des plants coupés au collet est déterminée, après passage à l'étuve à 80°C pendant 24h. Le poids des échantillons secs est déterminé à l'aide d'une balance de précision électronique.

Les paramètres du rendement mesurés sont :

- Le nombre et le poids total des capsules (NC et PC) par traitement ;
- Le poids total des graines par traitement (PG/T) ;

2.4. Analyse de données

Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance à l'aide du logiciel XLSTAT 2007. Pour la comparaison des moyennes, nous avons utilisé le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%. Nous avons utilisé aussi les logiciels Image J (Version 1.34s) pour calculer la surface des feuilles et CROPWAT 4 version 4.2 pour calculer l'évapotranspiration (ET_o).

CHAPITRE III- RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Impact du stress hydrique sur la croissance végétative du sésame

3.1.1. Résultats

3.1.1.1. Impact du stress hydrique sur la hauteur des plants

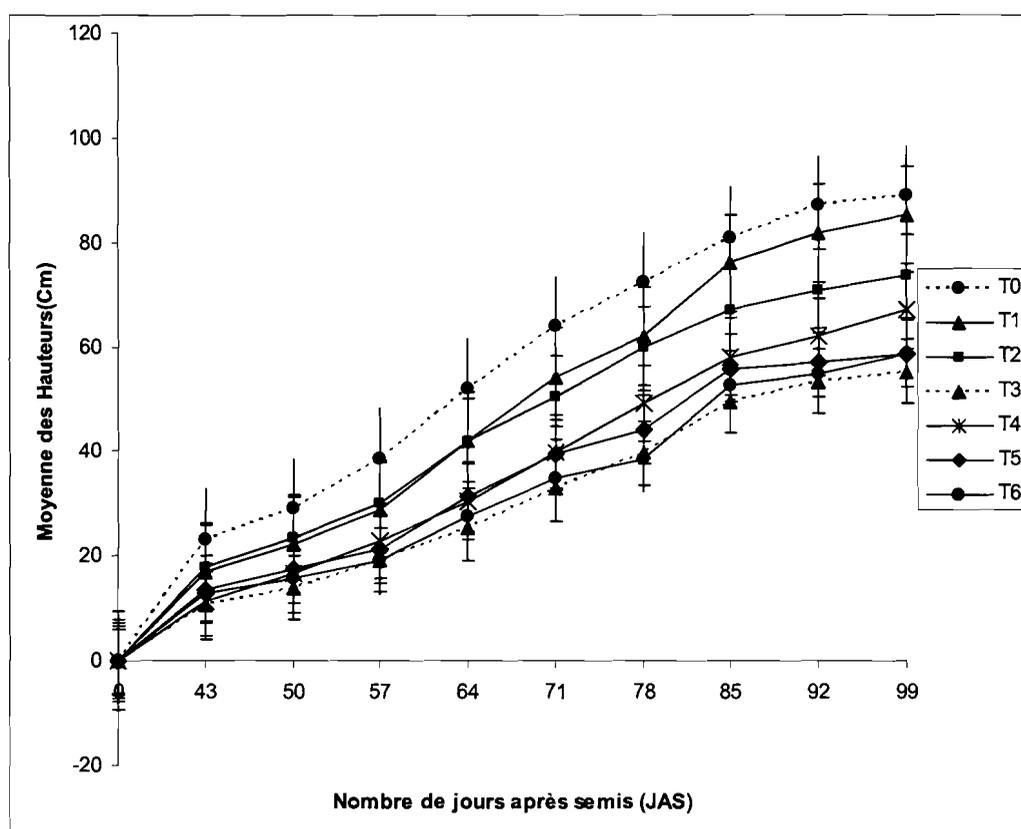


Figure 2 : Evolution de la hauteur des plantes du sésame.

Les résultats de l'effet du stress hydrique sur la croissance des plants, sont illustrés par la figure 3. Les moyennes des hauteurs du semis au 99^{ème} JAS varient de 89,0 à 55,3 cm, soit 89,0 cm pour le T0 ; 85,25 cm pour le T1 ; 73,50 cm pour le T2 ; 55,26 cm pour le T3 ; 67,0 cm pour le T4 ; 58,75 cm pour le T5 et 58,50 cm pour le T6. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les traitements avec une probabilité de $p < 0,0001$ au seuil de 5%. La meilleure croissance des plants, est observée au niveau du T0.

Il est suivi de T1 et de T2 qui sont statistiquement égaux jusqu'au 78^{ème} JAS et enfin de T4, T5, T6 et T3. Il apparaît donc une influence du stress hydrique sur la croissance et le développement des plants (photo 4). Au 78^{ème} JAS, on a observé une différence significative ($p = 0,003$; $p = 0,043$) respectivement entre T4 et T6 et entre T5 et T6, mais aussi, entre T4 et T5 ($p = 0,010$) et entre T4 et T6 ($p = 0,022$) au 99^{ème} JAS.



Photo 3 : Effet du régime hydrique sur le développement du sésame

3.1.1.2. Impact du stress hydrique sur la surface foliaire

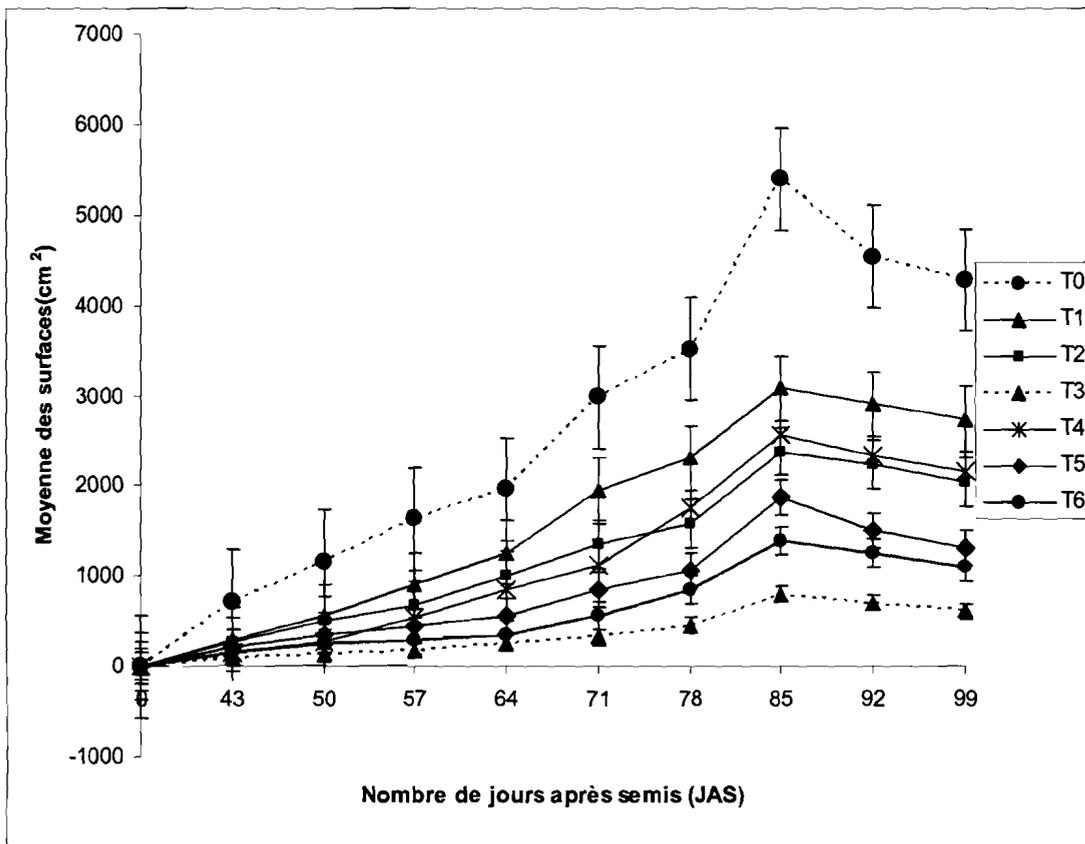


Figure 3: Evolution de la surface foliaire des plantes du sésame

La figure 3 illustre les résultats de l'effet du stress hydrique sur le développement de la surface foliaire des plants de sésame du semis au 99^{ème} JAS. Les surfaces moyennes obtenues donnent 4281,92 cm² pour le T0 ; 2737,53 cm² pour le T1 ; 2048,90 cm² pour le T2 ; 613,48 cm² pour le T3 ; 2168,79 cm² pour le T4 ; 1303,93 cm² pour le T4 et enfin 1109,41 cm² pour le T6. L'analyse statistique de variance au seuil de 5%, indique une différence hautement significative entre les traitements ($p < 0,0001$).

Dans l'ensemble, on a noté une évolution progressive de la surface foliaire des plants dans tous les traitements jusqu'au 85^{ème} JAS avant qu'elle ne commence à décroître jusqu'à la fin des mesures. Le traitement T0 a engendré la surface foliaire la plus grande suivi de T1, T2 et T4 et enfin de T5, T6 et T3. Hormis le témoin absolu (T0), la différence hautement significative entre les traitements a été observée à partir du 57^{ème} JAS.

3.1.2. Discussion

Les résultats de la figure 2 ont montré qu'une réduction de la quantité d'eau apportée entrave la croissance et le développement normal du sésame en comparaison avec le régime hydrique non limitant. On a observé une faible croissance des plants en fonction de la dose d'irrigation ou de la période d'application du stress hydrique, notamment les plants de T3 et de T6. Ainsi pour 100% d'eau apportée, les plants de T0 mesurent 89,0 cm par contre pour 40% d'eau, les plants de T3 ont une hauteur de 55,3 cm. Cette faible croissance pourrait être liée à une insuffisance des quantités d'eau apportée comparativement au témoin. La limitation de la croissance des plants de T6 pourrait aussi s'expliquer par le fait qu'en plus du stress hydrique déjà appliqué, ces plants n'ont pas bénéficié d'un apport d'eau continu. Lauer (2005) travaillant sur le comportement du maïs en temps sec a observé que l'application du stress hydrique pendant le développement végétatif réduit l'expansion des tiges et la surface foliaire. 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'évolution de la surface foliaire (Figure 3) en fonction de la dose d'irrigation ou de la période d'application du stress hydrique pourrait s'expliquer par une réduction du nombre de feuilles ou une sénescence précoce de ces dernières en condition hydrique limitante. Kramer et Boyer (1995), Lebon (2006) ont montré également 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. Des résultats similaires ont été obtenus par Hireche (2006) chez la vigne et Attia (2007) sur le cotonnier.

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 et une sénescence de la majorité des feuilles. La supériorité de T5 par rapport à T4 du 57^e au 75^e JAS pourrait s'expliquer par l'arrêt momentané du système d'arrosage pendant la phase végétative sur les plants de T4. L'inversion de cette tendance à partir du 75^e JAS pourrait s'expliquer par la fin d'application du stress hydrique précédemment appliqué sur les plants de T4 à la fin de la phase végétative et l'application de celle-ci sur les plants de T5.

3.2. Besoins d'eau d'irrigation du sésame

3.2.1. Résultats

3.2.1.1. L'évapotranspiration potentielle du sésame (ETc) et quantité d'eau à apporter

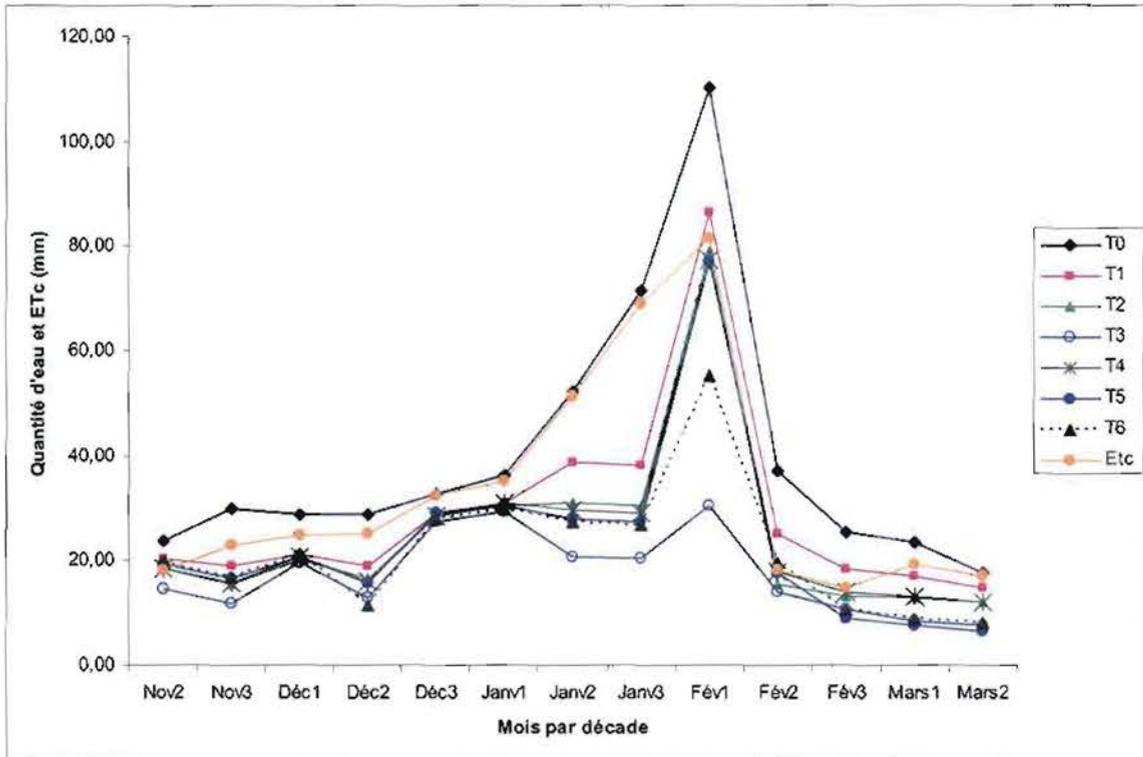


Figure 4 : Evapotranspiration potentielle du sésame et quantité d'eau apportée

L'analyse de l'évapotranspiration potentielle (ETc) ainsi que les quantités d'eau apportées aux plants du sésame durant tout le cycle de développement ont montré une différence hautement significative entre le témoin (T0) avec les autres traitements (Figure 4). Ainsi, si l'on tient compte des régimes d'irrigation appliqués dans les conditions de l'essai, l'apport total effectif en eau au cours de la saison de croissance a été de 517,16mm ; 378,70mm ; 322,74mm ; 227,27mm ; 322,58mm ; 303,81mm ; 283,04mm, respectivement pour les traitements T0, T1, T2, T3, T4, T5 et T6 . Par contre l'évapotranspiration potentielle des plants du sésame (ETc) au cours de cet essai a été de 443,51mm.

Les besoins en eau du sésame sont faibles au début. Cette phase est suivie d'une augmentation jusqu'à la première décennie du mois de février avant de subir une baisse jusqu'à la fin du cycle. Hormis T0, l'évapotranspiration potentielle des plants (ETc), a été supérieure aux quantités d'eau apportées dans le reste des traitements.

Hormis la 1^{ère} décade du mois de février, on a observé une différence hautement significative ($p < 0,0001$) entre le traitement T0 avec les autres traitements. En dehors de T0, la différence entre les traitements a été observée de la 1^{ère} décade du mois de Janvier à la 2^{ème} décade du mois de février. Aucune différence significative n'a été constatée entre T2, T4 et T5, hormis le mois de mars. De la dernière décade du mois de décembre à la 1^{ère} décade du mois de janvier, les quantités d'eau de T5 ont été supérieures à celles de T4 et T6, mais à partir de la 2^{ème} décade du mois de février, on remarque que les quantités d'eau de T4 deviennent supérieures à celles de T5 ensuite à celles de T2 à partir de fin février. Les plus faibles valeurs d'eau ont été obtenues avec le traitement T3 (40% CAC).

3.2.1.2. Transpiration potentielle (Tp) des plants du sésame

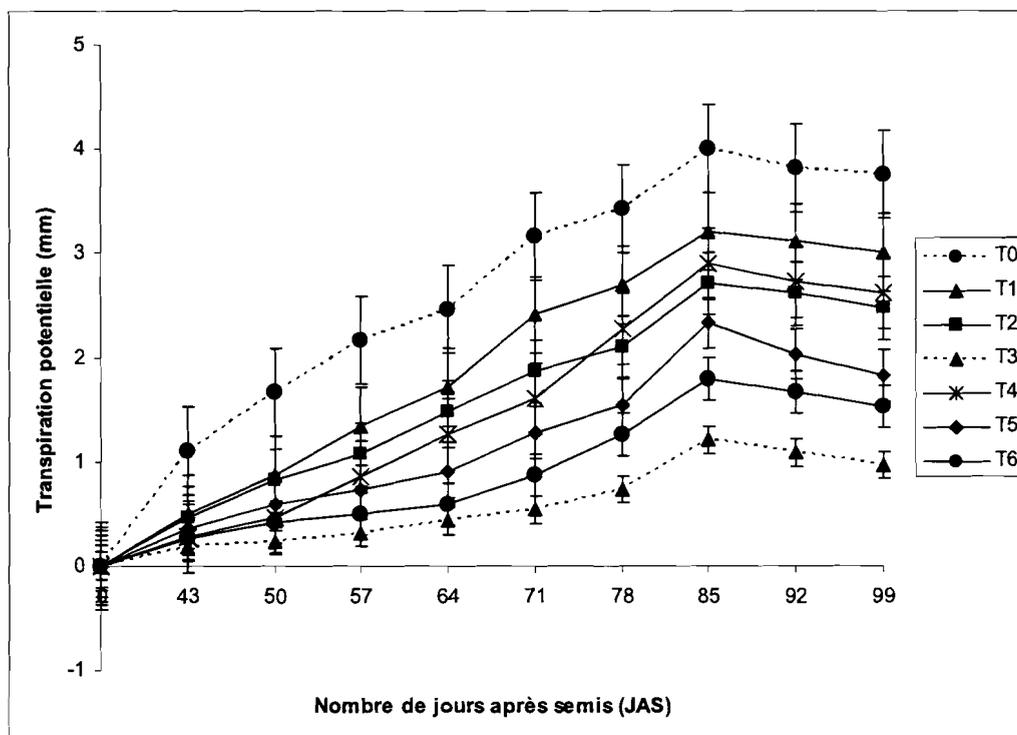


Figure 5 : Evolution de la transpiration potentielle des plantes du sésame.

Le régime hydrique a affecté de façon significative la transpiration potentielle des plants du sésame dans les conditions de l'essai avec une probabilité de $p < 0,0001$ (Figure 5). Dans l'ensemble, le traitement T0 a engendré la plus grande transpiration tandis que celui de T3 a induit la valeur la plus faible. Comme la surface foliaire, on a noté une évolution progressive de la transpiration des plants dans tous les traitements jusqu'au 85^{ème} JAS avant de subir une

baisse jusqu'à la fin des mesures. A ce niveau également, trois groupes de traitements peuvent être distingués : les plants de T0 ont enregistré la plus grande transpiration suivie de ceux de T1, T2 et de T4 par rapport à T3, T5 et T6. Jusqu'au 57^{ème} JAS, hormis T0, aucune différence significative n'a été observée entre les autres traitements sauf T3. Du semis au 75^{ème} JAS, T5 est resté supérieur à T4. Mais à partir du 75^{ème} JAS et 78^{ème} JAS, on remarque que T4 devient légèrement supérieur respectivement à T5 et à T2. Les transpirations moyennes obtenues au 85^{ème} JAS donnent des valeurs de 3,99 mm/jr pour T0 ; 3,21 mm/jr pour T1 ; 2,71 mm/jr pour T2 ; 1,21 mm/jr pour T3 ; 2,90 mm/jr pour T4 ; 2,33 mm/jr pour T5 et enfin 1,79 mm/jr pour T6.

3.2.2. Discussion

3.2.2.1. Evapotranspiration potentielle du sésame et quantité d'eau à apporter

Comme le montrent les résultats de la figure 4, hormis T0, les quantités d'eau apportées pour la production du sésame au cours de cet essai, se situent en dessous de l'évapotranspiration potentielle du sésame. Cela pourrait s'expliquer par l'effet d'application du stress hydrique sur ces plants.

Les quantités d'eau augmentent légèrement du semis 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 plein de floraison-capsulaison où le sésame a besoin d'une quantité importante d'eau. De plus, cela pourrait s'expliquer par l'augmentation de l'évapotranspiration due à l'effet conjugué de certains éléments climatiques dont les valeurs sont élevées à cette période: vitesse du vent, insolation et températures. La variation de l'Etc, en plus des facteurs ci-dessus cités, pourrait être due également aux valeurs du coefficient cultural (kc) du sésame qui est supérieur à 1 à cette période. En effet, les Kc du sésame qui ont été utilisés dans le calcul de ETc étaient de 0,56 ; 1,18 et 0,33 respectivement pour la phase initiale, la phase de mi-saison et la phase d'arrière saison.

La baisse des besoins d'eau ainsi que l'ETc après cette période, pourrait s'expliquer en plus de la baisse considérable de la vitesse du vent et de l'insolation, par la fin de la capsulaison et le début de la maturité des capsules où les besoins en eau du sésame commencent à devenir faibles. Nos résultats sont en conformité avec les observations de Weiss, 1971 cité par Sama, 2006 qui avait montré que dans le cycle cultural du sésame, les besoins avoisinent les 35% de la germination à la formation du premier bouton floral ; 45% pendant la pleine floraison et 20% à la maturité. La variation des quantités d'eau dans les traitements (T4, T5 et T6)

pourrait s'expliquer par l'effet d'application du stress hydrique avec des arrêts d'irrigation momentané.

3.2.2.2. Transpiration potentielle (Tp) des plants du sésame

Les résultats obtenus au cours de cette expérience montrent qu'une plante placée sous condition de stress hydrique a une faible activité transpiratoire et plus l'humidité du sol diminue, plus cette activité diminue également.

Les courbes de la transpiration foliaire présentent les mêmes allures que celles de la surface foliaire montrant ainsi l'influence de cette dernière sur la transpiration. Les pourcentages d'humidité relative de l'air sont d'autant plus élevés que la surface est importante, donc la transpiration de la plante est en relation directe avec ses feuilles, et plus précisément le nombre de stomates qu'elles contiennent. En effet, les stomates permettent la majeure partie de la transpiration foliaire, or plus la surface des feuilles augmentent, plus le nombre de stomates augmentent et donc plus la transpiration est importante. Cette transpiration chute après le 85 JAS. Cela pourrait s'expliquer par une défoliation presque totale des plants montrant ainsi la corrélation entre la surface foliaire et la transpiration. Belissont *et al*, (2006) ont montré que la transpiration foliaire, mécanisme fondamental du métabolisme végétal subit l'influence de l'humidité du sol, de la température et varie avec la surface foliaire.

3.3. Effet du stress hydrique sur les rendements

3.3.1. Résultats

3.3.1.1. La biomasse sèche des plants

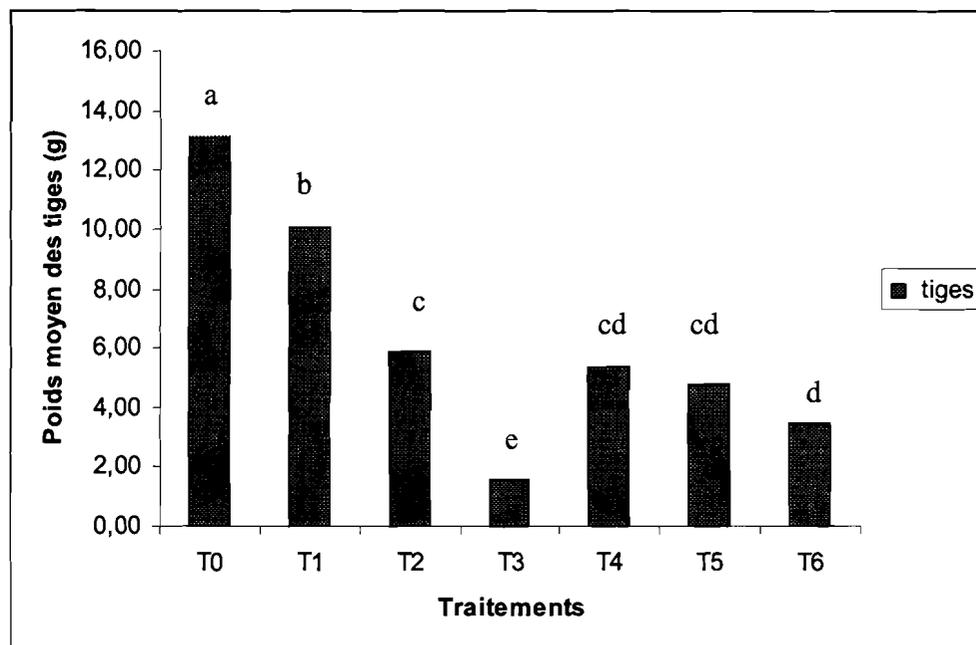


Figure 6 : Poids moyen des plants sèche de sésame

NB : La différence n'est pas significative entre les histogrammes affectés par les mêmes lettres au seuil de 5 %.

Comme pour la hauteur, la biomasse sèche des plants de sésame est influencée négativement par l'insuffisance de l'eau (Figure 6). Les plants stressés produisent moins de biomasse en comparaison avec le régime hydrique non limitant (T0). Dans les traitements T0, T1, T2 et T3, nous avons noté une différence hautement significative entre les différents traitements. Les traitements T2 et T3 ont enregistré les plus faibles valeurs. Par contre dans les traitements (T4, T5 et T6) où le stress hydrique a été appliqué, l'analyse n'a pas relevé une différence significative entre les traitements T4 et T5 avec le traitement T2. Mais on a noté une différence significative ($p < 0,050$) entre T6 avec les autres traitements.

3.3.1.2. Le nombre et le poids des capsules

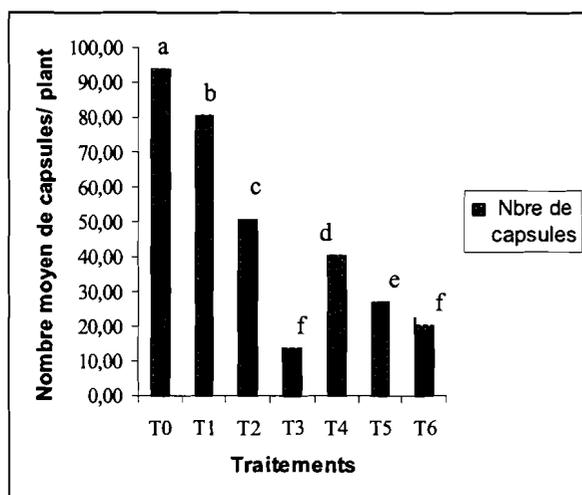


Figure 7 : Nombre de capsules/plant

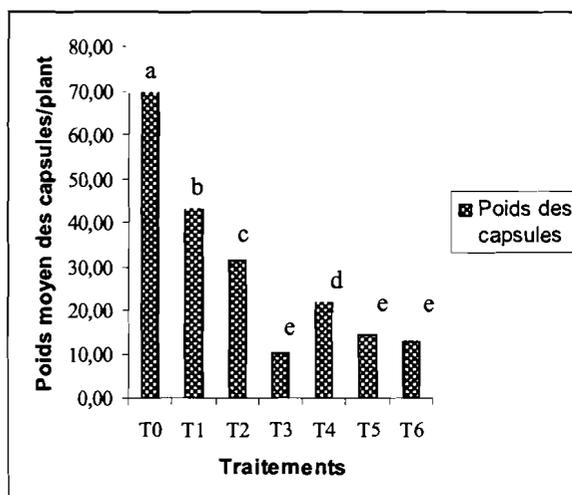


Figure 8 : Poids moyen des capsules/plant

NB : La différence n'est pas significative entre les barres affectées par une même lettre au seuil de 5 %.

L'analyse de la variance appliquée aux résultats obtenus a révélé des différences hautement significatives ($p < 0,0001$) entre les traitements pour le nombre et le poids des capsules par plants (Figure 7 et 8). Nous avons noté que quelle que soit la dose d'irrigation appliquée (T0, T1, T2 et T3) ou la période d'application du stress hydrique (T4, T5 et T6), le stress a provoqué une réduction de la production des capsules, mais la réduction a été plus importante lorsque le stress est appliqué respectivement durant la phase végétative-floraison (T6), floraison (T5) que lorsqu'il est appliqué durant la phase végétative.

L'analyse du nombre de capsules (Figure 7) a montré une différence hautement significative entre tous les traitements sauf entre T3 et T6 où aucune différence significative n'a été observée.

Quant au poids de capsules (Figure 8), on a noté une différence hautement significative ($p < 0,0001$) entre T0 avec tous les traitements. Aucune différence significative n'a été observée entre T3, T5 et T6. A ce niveau, l'analyse a révélé une différence significative ($p < 0,000$) entre T1 et T2. On a noté également une différence significative ($p < 0,0001$; $p < 0,001$) respectivement entre T1 et T3 et entre T2 et T3.

Dans les traitements T4, T5 et T6, l'analyse a révélé une différence significative ($p < 0,002$; $p < 0,000$) respectivement entre T2 avec ces trois derniers traitements. De même, On a noté une

différence significative ($p < 0,003$; $p < 0,001$) respectivement entre T4 et T5 et entre T4 et T6. Par contre aucune différence significative n'a été observée entre T5 et T6.

3.3.1.3. Le rendement en grain

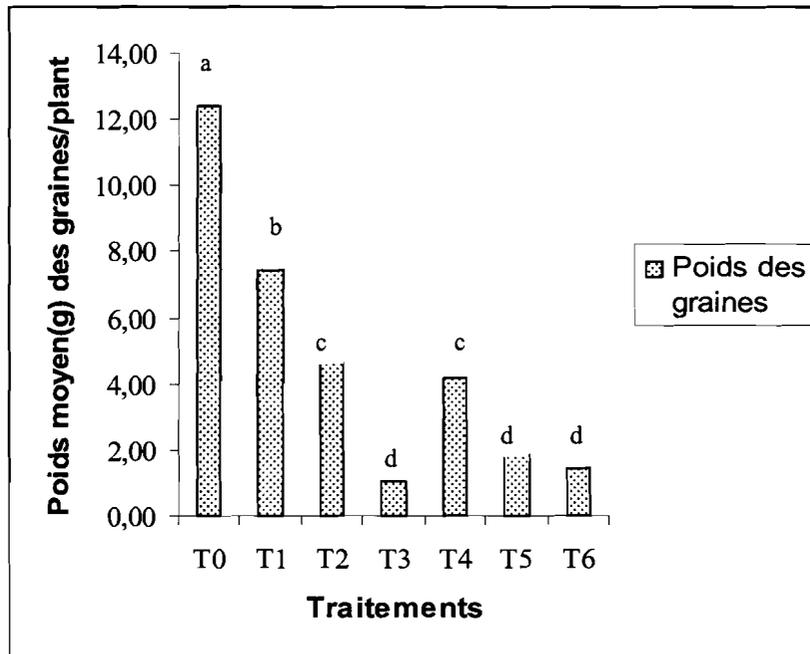


Figure 9 : Poids moyen des grains/ plant

NB : La différence n'est pas significative entre les barres affectées par une même lettre au seuil de 5 %.

L'analyse de la variance appliquée au rendement en grains a révélé des différences hautement significatives ($p < 0,0001$) entre les traitements. A ce niveau également, nous avons noté que quelle que soit la dose d'irrigation appliquée (T0, T1, T2 et T3) ou la période d'application du stress hydrique (T4, T5 et T6), le stress a provoqué une réduction de la production des capsules et des graines, mais la réduction a été plus importante lorsque le stress est appliqué respectivement durant la phase végétative-floraison (T6), floraison (T5) que lorsqu'il est appliqué durant la phase végétative. On a noté une différence hautement significative entre T0 et T1 avec les cinq autres traitements ($p < 0,0001$). Aucune différence significative n'a été observée entre T2 et T4 ainsi que entre T5, T6 et T3. Par contre l'analyse a révélé une différence significative ($p = 0,000$) entre T2, T4 et T5 et une différence hautement significative ($p < 0,0001$) entre T2, T4 avec T3 et T6.

3.3.2. Discussion

3.3.2.1. La biomasse sèche des plants

L'effet du stress hydrique sur la biomasse sèche des plants a été significatif. Le poids obtenu pourrait s'attribuer à notre avis, en plus de la faible vigueur des plants, à la faible ramification chez ces plantes stressées. Ceci a déjà été observé sur la luzerne annuelle (Hireche, 2006). Les pourcentages de baisse de la biomasse sèche des plants par rapport au témoin (T0) sont de 14,70% ; 39,28% ; 78,92% ; 43,27% ; 47,76% et 59,38% respectivement avec T1 ; T2 ; T3 ; T4 ; T5 et T6.

3.3.2.2. Le nombre de capsules, le poids des capsules et le rendement grain

Les résultats des figures 7, 8 et 9 ont montré que quelle que soit la dose d'irrigation appliquée (T1, T2 et T3) ou la phase pendant laquelle le stress hydrique a été imposé (T4, T5 et T6), le stress hydrique a provoqué une réduction de la production des capsules et des graines comparativement au témoin. 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 (défini par des processus de ramifications) sont limités en cas de déficit hydrique et que selon le positionnement dans le cycle de développement et l'intensité de la contrainte, les stress hydriques influencent les rendements en grains des cultures.

Dans les pots où on a appliqué la dose d'irrigation (T0, T1, T2 et T3), on a observé une décroissance des valeurs des paramètres du rendement en fonction du régime hydrique. Les pourcentages de baisse de rendement en grains par rapport au témoin (T0) sont de : 24,89% ; 45,31% et 84,59%, respectivement pour T1, T2 et T3.

La diminution des rendements observés avec l'augmentation du stress hydrique s'explique surtout par la diminution concomitante au niveau de la taille des plantes, le nombre de ramifications, le nombre et le poids des capsules. Des résultats similaires ont été obtenus par Messaoudi et EL Fellah (2002) sur la vigne avec quatre régimes d'irrigation (100%, 80%, 60% et 40% Etc) et Varasoot *et al*, (2003) avec trois applications du régime hydrique (100% CAC, 50% CAC et 25% CAC) sur l'arachide.

Dans les pots où le stress hydrique a été imposé en fonction de la période de croissance (T4, T5 et T6), la réduction des paramètres du rendement a été plus importante lorsque le stress est appliqué respectivement durant la phase végétative-floraison (T6), floraison (T5) que lorsqu'il est appliqué durant la phase végétative (T4). Les pourcentages de baisse de

rendement en grains par rapport au témoin (T0) sont de : 49,49% ; 73,88% et 79,00% respectivement pour T4, T5 et T6. Par contre comparativement au traitement T2 où on a apporté les mêmes pourcentages d'eau (60% CAC), les baisses de rendement en grains par rapport à T2 sont de : 5,39% ; 42,96% et 52,47% respectivement pour T4 (application du stress hydrique pendant la phase végétative), T5 (application du stress hydrique pendant la phase de floraison) et T6 (application du stress hydrique pendant la phase végétative – floraison).

Cela pourrait s'expliquer, en plus de la réduction de la croissance normale des plants due au stress hydrique, par la chute des fleurs avec l'application du stress. Luquet (2002) en travaillant sur l'effet du stress hydrique sur le cotonnier, avait montré que la période allant du début jusqu'au pic de la floraison était très sensible au stress hydrique, affectant la durée de floraison utile, le nombre de sites fructifères et, *in fine*, de capsules. De même, INRA (2006) a montré 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. Des résultats similaires ont été obtenus par Chebouti et Abdelguerfi (2000), Chebouti *et al*, (2001) chez les populations de *Medicago* soumises à un déficit hydrique durant les phases végétatives et de floraison.

Dans l'ensemble que ce soit la hauteur des plants ou les paramètres du rendement, nos plus grandes valeurs obtenues avec T0 restent inférieures à celles obtenues par Nongana (1996); Uçan *et al*, (2007); Caliskan *et al*, (2004) tous ayant travaillé sur le sésame en milieu réel. Cela pourrait s'expliquer d'une part, par l'effet de la date de semis et d'autre part, par le volume de nos pots. En effet, la date de mise en place de notre essai (novembre) a coïncidé avec la période de froid. Le sésame étant très sensible aux basses températures, cela pourrait affecter sa croissance normale et partant de là, tous les paramètres du rendement. En outre le sol étant tamisé à 2mm, cela pourrait réduire la porosité du sol défavorisant ainsi une bonne ramification des racines et l'aération du sol. De même, les pots utilisés ayant un volume moyen de 10dm³, cela pourrait réduire la croissance normale des racines et défavoriser une bonne alimentation hydrique et minérale des plants.

CONCLUSION

L'agriculture au Burkina Faso souffre non seulement de sa faible intensification (liée au manque de moyens matériels et financiers) mais aussi des aléas climatiques (sécheresse). La baisse du niveau de pluviosité accumulée à partir d'une période donnée s'accroît d'année en année. De nos jours, elle est considérée comme le stress abiotique d'incidence majeure sur les plantes cultivées. Ce déficit hydrique se pose avec beaucoup plus d'acuité dans les régions sahéliennes où des cycles récurrents de sécheresse posent d'énormes difficultés à la production agricole, provoquant des périodes récurrentes de famine. Pour remédier au problème de déficit pluviométrique et à la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, une des solutions majeures est la bonne gestion de ressources d'eau existantes.

Cette économie d'eau passe inéluctablement par une détermination des besoins réels en eau de la culture et de la période de croissance où les plantes sont plus susceptibles au déficit hydrique tout en tenant compte des conditions environnementales. D'où l'intérêt de notre étude sur l'effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame.

La présente étude nous a permis de mettre en évidence l'effet du stress hydrique sur la phénologie, la transpiration potentielle et sur les paramètres des rendements du sésame en fonction de la dose d'irrigation ou de la période d'application du stress hydrique.

Des résultats obtenus, nous pouvons retenir que :

- Une réduction des apports d'eau d'irrigation de plus de 20% CAC affecte non seulement la taille des plants de sésame mais aussi la surface foliaire;
- Une plante de sésame placée sous condition hydrique limitante, a une faible activité transpiratoire et plus l'humidité du sol diminue, plus cette activité diminue également ;
- En affectant de façon significative la taille des plants de sésame, le nombre de ramifications, ainsi que le nombre de capsules et le poids moyen des capsules, le déficit hydrique induit des rendements faibles par rapport à des situations de confort hydrique.
- Quelle que soit la phase de développement où le stress hydrique a été appliqué, il a occasionné une réduction de la croissance des plants et des rendements du sésame. Mais cette réduction a été plus importante lorsque le stress est appliqué lors de la phase floraison que lors de la phase végétative.

A l'issue des résultats obtenus, nous préconisons que 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, les apports d'eau en quantité suffisante doivent être réguliers pendant les phases floraison-maturité des capsules du sésame, car ce sont ces phases les plus sensibles au déficit hydrique.

PERSPECTIVES :

A l'issue de cette étude, nous suggérons que les recherches se poursuivent pour vérifier nos résultats. L'expérimentation peut être menée au mois de Mars à Septembre afin d'éviter l'effet des basses températures qui affectent négativement la croissance et le développement du sésame.

Le comportement des plants sur le terrain devrait être étudié afin de valider les résultats obtenus sous conditions contrôlées. Cela permettra de voir la différence entre un sol perturbé et un sol non perturbé quant à la gestion de l'eau, ainsi que la croissance et la résistance des plants au stress hydrique.

Les quantités d'eau apportées au cours de cette étude étant calculées en fonction de la capacité au champ, nous suggérons que l'étude soit réalisée en fonction des besoins réels en eau du sésame.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen G.R., Pereira S.L., Raes D. & Smith M., 1998.** Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper N°56. Rome, Italie, 300 p.
- Alobo A.P., 2001.** Effect of sesame seed flour on millet biscuit Characteristics. *Plant Foods for Human Nutrition* 56 : 195–202.
- Attia F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p.
- Bedigian D., 2003.** Evolution of sesame revisited: domestication, diversity and prospects. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 779-787.
- Belissont R., Martin L. & Rahmann E., 2006.** Influence de l'humidité du sol, de la surface foliaire et de la température sur la transpiration foliaire, 19p.
- Bouchabke O., Tardieu F. & Simonneau T., 2006.** Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water-saturated soil. *Plant Cell and Environment*, 29 (6): 1138-1148.
- Caliskan S., Arslan M., Arioglu H. & Isler N., 2004.** Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*sesamum indicum* L.) in a Mediterranean Type of Environment. *Asian Journal of Plant Science* 3 (5): 610-613.
- Calu G., 2004.** L'eau, le sol et les plantes. Diplôme de Master 1 en sciences végétales. *SpectroScience : Free online library* 21p.
- Carvalho P.G.B., Borghetti F., Buckeridge M.S., Morhy L. & Filho E.X.F., 2001.** Temperature dependent germination and Endo- β -Mannanase activity in sesame seeds. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 13(2): 139-148.
- Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.L., Ricardo C.P.P., Osorio M.L., Carvalho I., Faria T. & Pinheiro C., 2002.** How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
- Chebouti A., Abdelguerfi A. & Mefti M., 2001.** Effet du stress hydrique sur le rendement en gousses et en graines chez trois espèces de luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truncatula*, Institut National de la recherche Agronomique d'Algérie CRP Baraki, Alger, Algérie : 163-166.

- Chebouti A. & Abdelguerfi A., 2000.** Effet du stress hydrique sur la production de gousses et de graines chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L) Gaertn, *Institut National Agronomique El-Harrach, 16200, Alger, Algérie* : 237-240.
- CIRAD, 2002.** Memento de l'Agronome, Ministère des Affaires Etrangère GRET 1691 p.
- Djidingar R., 2003.** Diversification des systèmes de culture : cas du sésame (*Sesamum indicum* L) et du Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L) et estimation des rendements par la méthode de Télédétection à basse altitude. Mémoire de DESS, *Université Abdou Moumouni (Niger)*, 63p.
- Dugo M.V.G., 2002.** Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse *Université de Poitiers (France)*, 189p.
- El-Habbasha, S.F., Abd El Salam M.S. & Kabesh M.O., 2007.** Response of Two Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.) to Partial Replacement of Chemical Fertilizers by Bio-organic Fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6): 563-571.
- Fakorede M.A.B., Mulamba N.N. & Mock J.J., 1977.** A comparative study of methods used for estimating leaf area of maize (*Zea mays* L.) from non destructive measurements. *Maydica* XXII: 37-46.
- Fardeau J.C. & Frossard E., 1991.** Processus de transformation du phosphore dans les sols de l'Afrique de l'Ouest semi-arides : Application au phosphore assimilable. In Tiessen H and Frossard E (eds) "Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems: regional workshop 4: Africa" *S.C.O.P.E./UNEP Nairobi Kenya*, pp 18-22.
- Gaye J.P. & Bloc D., 1992.** La tolérance au stress chez le maïs. *Perspectives agricoles*, 175: 100-106.
- Grieu P., Maury P., Debaeke P. & Sarrafi A., 2008.** Améliorer la tolérance à la sécheresse du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique. *Innovations Agronomiques* 2: 37-51.
- Hess D.E. & Dodo H., 2004.** Potential for sesame to contribute to integrated control of *Striga hermonthica* in the West African Sahel. *Crop Protection* 23: 515-522.
- Hireche Y.A. , 2006.** Reponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, *Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie)*, 83p.
- 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*, 76p.

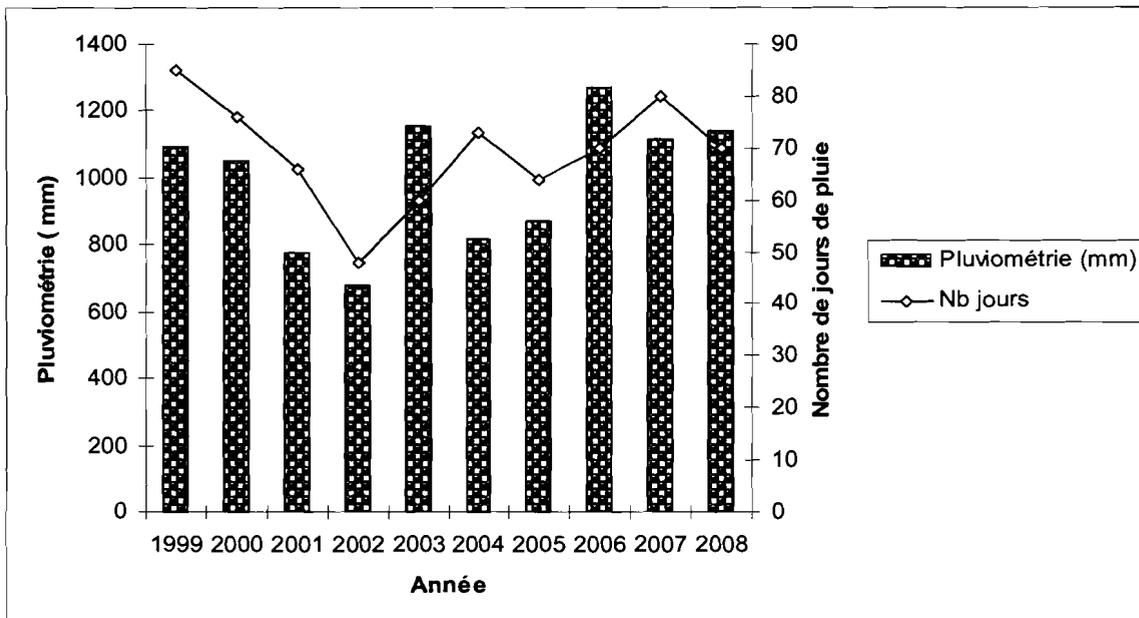
- Khabba S., Duchemin B., Lahrouni A., Boulet G., Hadria R. & Er-raki S., 2006.** Evaluation de l'indice foliaire d'un couvert d'oranger, 6p.
- Kramer J.P. & Boyer J.S., 1995.** Water Relations of Plants and Soils *Academic Press, Inc. A Division of Harcourt Brace & Company 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495*: 482p.
- Kumar N., Krishnamoorthy V., Nalina L. & Soorianathasundharam K., 2002.** A new factor for estimating total leaf in banana. *INFOMUSA* 11(2): 42-43.
- Laere P.E.V., 2003.** Mémento de l'irrigation. *Collection "Manuels Techniques"*, 15p.
- Langham D.R., Riney J., Smith G. & Wiemers T., 2008.** Sesame grower guide, 30p.
- Lauer J., 2005.** Que se passe-t-il dans le plant de maïs par temps sec? *University of Wisconsin in Madison*, 4p.
- Laurentin H.E.T., 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)*, 107p.
- 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*, 4p.
- Luquet D., 2002.** Suivi de l'état hydrique des plantes par infrarouge thermique. Analyse expérimentale et modélisation 3D de la variabilité des températures au sein d'une culture en rang de cotonniers. Thèse de doctorat *INAPG (France)*, 167p.
- Messaoudi Z. & El Fellah, 2002.** Besoin en eau et effet d'un stress hydrique modéré sur la croissance et la production de la vigne dans la région de Meknès. *H.T.E N° 123* : 52-55.
- Morant P., 1984.** Station de Farako-Ba, 6p.
- Naturland, 2000.** Sesame Organic Farming in the Tropics and Subtropics Exemplary Description of 20 Crops © *Naturland. 1st edition* 16p.
- 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.
- Omar J.M.A., 2002.** Effects of feeding different levels of sesame oil cake on performance and digestibility of Awassi lambs. *Small Ruminant Research* 46: 187-190.

- Passioura J., 2006.** The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives; Journal of Experimental Botany, first published; *Oxford Journals* 5p.
- Pindard A., 2000.** La relation stress hydrique– rendement du maïs en Bresse : quelle perspective de spatialisation ? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'ingénieur. *Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon (France)*, 61p.
- Romain H.R., 2001.** Le sesame (*Sesamum indicum* L) in « Agriculture en Afrique Tropicale » édition CERAAS 1634p.
- Uçan K., Killi F. Gençoglan C. & 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.
- Sama O., 2006.** Diagnostic rapide de fertilité des sols pour une gestion intégrée de l'eau et des nutriments dans le Bassin arachidier du Sénégal. Mémoire de DEA, *Université Cheikh Anta Diop, Dakar Sénégal*), 68p.
- Santens P., 1980.** Le sésame; le voandzou et le fonio. Agriculture spéciale, Fascicule 13. Institut Pratique de Cycle : *Agent Technique de Développement Rural-Kolo (Niger)*, 22p.
- Sepaskhah R.A., Andam M., 2001.** Crop coefficient of sesame in semi-arid region of I.R. Iran. *Agricultural Water Management* 49 : 51-63.
- Somé N.H., 2000.** Contribution des facteurs biotiques aux pertes de rendement du sesame (*Sesamum indicum* L), mémoire d'ingénieur en agronomie. *IDR/UPB, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)*, 60p.
- Stephan J., 1997.** Influence de la modalité de fertigation du concombre sous serre sur le bilan hydrique. Mémoire de DEA, *Universités Libanaises, Liban*, 44p.
- Tardieu F., Cruiziat P., Durand J.L., Triboï E., Zivy M., 2006.** Perception de la sécheresse par la plante. Conséquences sur la productivité et sur la qualité des produits récoltés, pp 49-67.
- Teulat B.B., Monneveux P., Wery J., Borries C., Souyriss I., Charrieri A. & This D., 1997.** Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. *New Phytol* 137: 99-107.
- Tunde-Akintunde T.Y. & Akintunde B.O., 2004.** Some Physical Properties of Sesame Seed. *Biosystems Engineering* 88 (1): 127–129.

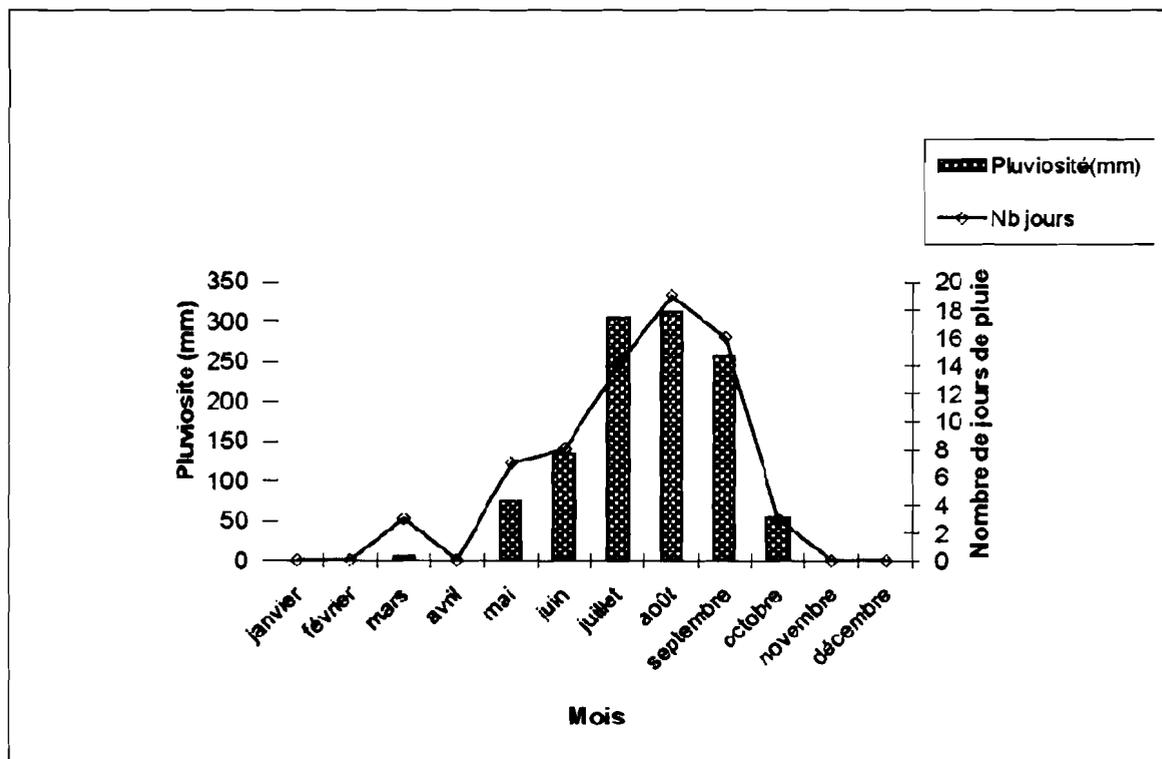
Varasoot N., Songsri P., Akkasaeng C., Jogloy S. & Patanothai A., 2003. Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.) *Songklanakarin J..Sci. Technol.* 25 (3): 283-288.

ANNEXE

Annexe I



Pluviométrie de la dernière décennie (1999-2008) de la Station de Recherche de Farako-Bâ



Pluviométrie et nombre de jours de pluie en 2008

Annexe II

Tableau I: Coefficients cultureux du sésame

Phase de croissance	Kc calculé							Kc FAO
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Phase initiale	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,5
Phase de mi-saison	1,18	1,18	1,18	1,17	1,18	1,17	1,17	1,1
Phase arrière saison	0,33	0,33	0,33	0,32	0,33	0,33	0,33	0,25

Tableau II : Différentes phases de croissance du sésame au cours de l'essai

Traitement	Date de semis	Date de germination	Date de floraison	Date de capsulaison	Date de récolte
T0	14/11/2008	18/11/2008	29/12/2008	31/12/2008	16/03/2009
T1	14/11/2008	18/11/2008	29/12/2008	31/12/2008	27/03/2009
T2	14/11/2008	18/11/2008	29/12/2008	31/12/2008	27/03/2009
T3	14/11/2008	18/11/2008	04/01/2009	07/01/2009	21/03/2009
T4	14/11/2008	18/11/2008	04/01/2009	08/01/2009	27/03/2009
T5	14/11/2008	18/11/2008	04/01/2009	09/01/2009	24/03/2009
T6	14/11/2008	18/11/2008	04/01/2009	07/01/2009	23/03/2009