

## Evaluation de la tolérance de *sesamum indicum* L. au stress hydrique aux stades germinatif et végétatif

### *Evaluation of sesamum indicum L. tolerance to water stress at the germinative and vegetative stages*

Laila ELHANAFI<sup>1,2</sup>, Kenza BOUAYAD<sup>1</sup>, Chaimae RAIS<sup>3</sup>, Mariame HOUHOU<sup>4,5</sup>, Ismail MANSOURI<sup>1</sup>, Lahsen ELGHADRAOUI<sup>1</sup>, Hassane GRECHE<sup>6</sup>

1. Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc (laila-elhanafi@hotmail.fr)
2. Laboratoire d'Ingénierie, d'Electrochimie, de Modélisation et d'Environnement. Faculté des sciences dhar Elmahraz. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc
3. Laboratoire de botanique, Agence Nationale des Plantes Aromatiques et Médicinales, Taounate, Maroc
4. Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement. Faculté poli-disciplinaire de Taza. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc
5. Laboratoire des Molécules Bioactives. Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc
6. Laboratoire de Chimie Organique Appliquée. Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc

**Résumé.** *Sesamum indicum* est l'une des plus importantes cultures oléagineuses dans le monde. En effet, il s'agit d'une plante qui est largement utilisée à des fins alimentaires, médicinales et industrielles. En outre, le stress hydrique est parmi les facteurs limitant la germination et la croissance des plantes, ce qui devient de plus en plus une problématique inquiétante. Dans ce sens, le présent travail est réalisé afin d'évaluer le comportement des graines de *sesamum indicum*, aux deux stades : germinatif et végétatif. Avant de lancer la germination, une caractérisation morphologique, microscopique et biochimique de la plante testée a été réalisée. Ensuite, un stress hydrique a été simulé à l'aide du polyéthylène glycol 6000 (PEG 6000) suivant différents niveaux du potentiel hydrique (0, -0,1, -1, -1,6 MPa). Le taux de germination, la moyenne journalière de germination, le temps à 50% de germination et le poids frais des graines germées ont été évalués. L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre les graines de l'échantillon témoin et celles germées dans des conditions de déficit hydrique faible et modéré (-0,1 et -1MPa). Par contre, un stress hydrique prononcé (-1,6MPa) a montré un effet significativement négatif sur les paramètres de germination étudiés. De même, pour évaluer l'effet d'un déficit hydrique sur les paramètres de croissance au niveau de la phase végétative, une expérimentation a été réalisée en plein champ, où trois niveaux d'irrigation sont apportés : 100% de la capacité au champ (CC), 50% CC et 20% CC. Les résultats ont montré que le sésame est une plante qui peut tolérer des niveaux de stress hydrique allant jusqu'au 50%. Par contre, l'exposition à un déficit hydrique de 20%CC peut être traduite par une diminution de la longueur des plantes, du nombre de capsules par plante, du nombre de graines par capsule, de la longueur des capsules et également du rendement en graines.

**Mots clés:** *Sesamum indicum* L., germination, stade végétatif, croissance, stress hydrique.

**Abstract.** The present study was conducted to evaluate the behaviour of *sesamum indicum* under water stress at the germination and vegetative stages. Water stress was simulated using polyethylene glycol 6000 (PEG 6000), according to different levels of water potential (0, -0.1, -1, -1.6 MPa). High Water stress had a negative effect on the germination potential of seeds. On the other hand, to study the vegetative stage, a field experiment was carried, at the National Agency of Medicinal and Aromatic Plants in Morocco, based on a randomized complete block design using three irrigation levels (100% of Field Capacity (FC), 50% (FC) and 20% (FC)). Growth attributes (plant height, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, capsules length and seedyield) were evaluated. The results of analysis of variance showed that moderate stress water (50%FC) had no effect in the plant growth, but high stress water (20%FC) affected significantly all measured characters.

**Keywords:** *Sesamum indicum*, germination, vegetative stage, growth, water stress.

#### Abridged English version

Plants are exposed to a multitude of natural biotic (bacteria, fungi...) and abiotic stresses (drought, high soil salinity, deforestation...). Drought is one of the major problems that seriously influencing on crop production, especially in arid and semiarid regions (Blum 1988). Drought tolerance consists of plant ability to growth under water deficit conditions (Stewart 1992).

Before going on to discuss the effect of water stress on sesame germination and growth, it was important to look at the morphometric, macroscopically and biochemical characterization of this plant. In fact, the *sesamum indicum* plant (Fig. 1.a) is a Pedaliaceae of genus *Sesamum*. It is a branched annual plant, with 1.5 m in height, and a developed root system (Fig. 1.b). The sesame fruit is a capsule containing a number of small seeds with 3 mm long by 2 mm wide (Fig. 1.c), with a brown tegument (Fig. 1.d) consisting of a layer

of bee cells which covers the cotyledon surface as visualized by SEM in Figure. 1.e and f. In terms of nutritional potential, the proximate chemical composition of seeds is illustrated in Table 4; total oil, total protein, total soluble sugars and some mineral elements were found to be important.

Also in this work, the effects of drought on germination of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) were carried out using different concentrations of polyethylene glycol at 0, -0.1, -1, -1.6 MPa water potential. The germination was conducted in a growth chamber under a temperature of 25 °C ± 2, and a photoperiod of 16 hours/day and 8h/night. Germination rate, mean daily germination, the average time of germination and fresh weight of the seeds were evaluated.

It showed that moderate stress (-0.1, -1 MPa) had no effect on germination attributes. However, higher osmotic conditions (-1.6 MPa) reduced significantly the germination rate, the

mean daily germination, the average time of germination and the fresh weight.

On the other hand, in order to study the effect of different levels of irrigation on growth and sesame yield, a field experiment based on a randomized complete block design using three levels of irrigation: 100% FC, 50%FC and 20% FC, was

## INTRODUCTION

La sécheresse est l'une des principaux problèmes qui influencent gravement la production végétale, particulièrement dans les régions arides et semi-arides (Blum 1988). L'eau joue un rôle primordial dans le cycle vital des plantes, en effet c'est un élément essentiel qui intervient dans la majorité des réactions biochimiques influençant ainsi beaucoup de paramètres biologiques (Slatyer & Markus. 1968). Les terres sous climat aride et semi-aride sont de plus en plus nombreuses, notamment avec le réchauffement climatique qui favorise l'irrégularité des précipitations (Hayek T *et al.* 2004).

Au Maroc, où la superficie des terres arides et semi arides s'étale jusqu'au 54% du territoire (Mahyou 2010), la faiblesse des précipitations est l'un des plus grands défis des cultures, ce qui peut affecter la sécurité alimentaire du pays. Par ailleurs, la tolérance au stress hydrique est un atout largement recherché chez les plantes d'intérêt économique et agronomique.

Le sésame (*Sesamum indicum* L.), appartenant à la famille des Pédaliacées, est une plante cultivée pour ses graines comestibles. De point de vue nutritionnel, ces graines sont riches en protéines (18-25%) et en lipides (50-60%) (Alpaslan *et al.* 2001). Aussi, plusieurs études scientifiques ont permis de dévoiler leur potentiel anti-inflammatoire (Saab *et al.* 2006), antioxydant (Hemalatha *et al.* 2004), hypocholestérolémique (Hirata *et al.* 1996) et anti-hypertensif (Noguchi *et al.* 2001).

Actuellement, la production mondiale de cette plante est estimée à plus de trois millions de tonnes, dont l'Afrique produit seulement 0,95 million de tonnes (Abou-Gharbia *et al.* 2000). Au Maroc, selon l'office régional de mise en valeur agricole (ORMVA), la région de Beni Mellal- Khénifra assure plus de 90% de la production nationale de sésame, avec une production moyenne de 828 T au cours des 5 dernières années.

Jusqu'à présent, aucune étude n'a été consacrée pour évaluer l'effet du régime hydrique sur le comportement de *sesamum indicum* au Maroc. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui vise à évaluer le comportement des graines de sésame soumises à différents niveaux de stress hydrique durant les phases germinative et végétative du cycle de la plante.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel végétal

Les graines de *sesamum indicum* ont été collectées de la région de Beni Mellal- Khénifra (récolte agricole 2013-2014). L'identification botanique a été réalisée au sein de l'institut scientifique de Rabat, avec un code barre de 3331.

### Caractérisation des graines étudiées

#### Caractérisation morphologique et microscopique

Dans la région étudiée, nous avons prélevé aléatoirement 10 échantillons de plantes de sésame en stade floraison, des observations quantitatives et qualitatives ont été effectuées

carried out in the National Agency of Medicinal and Aromatic Plants. Growth attributes (plant height, capsules number per plant, seeds number per capsule, capsule length and seeds yield) were evaluated. In terms of results, moderate water deficit (50% FC) did not exert a prejudicial effect over the growth parameters, but high water deficit (20%FC) affected vegetative growth as indicated by reduction in all growth parameters.

en s'appuyant sur la méthode décrite par Zohary (1952) dans le référentiel de l'institut international des ressources phytogénétiques.

Ensuite, l'observation détaillée de la surface des graines de sésame a été réalisée à l'aide d'un microscope électronique à balayage (FEI Company, Hillsboro, OR, USA). Les analyses sont effectuées sous pression partielle de vapeur d'eau au centre universel de recherche et innovation à Fès.

### Caractérisation Biochimique

- **Teneur en huile** : 10 g de graines de sésame ont été extraits avec 200 ml de n-hexane à l'aide d'un Soxhlet. L'huile est récupérée par évaporation du solvant.

$$\text{- Teneur en huile (\%)} = \left( \frac{\text{Poids de l'extrait}}{\text{(poids de la prise d'essai)}} \right) * 100$$

- **Teneur en sucres solubles totaux** : 200 mg de graines de chaque traitement ont été broyées avec de l'éthanol à 80°C, pendant 30min sous agitation continue. L'extrait est centrifugé à 4500 rpm pendant 10 min. ensuite, 100µl d'extrait a été ajouté à 3ml d'anthrone soluble dans l'acide sulfurique. L'absorption de la couleur est lue au spectrophotomètre (SP 1700 Ultraviolet Spectrophotomètre, Phillips, PyeUnicam) à 625 nm. La gamme d'étalonnage a été préparée par du glucose (Dubois *et al.* 1956).

- **Teneur en protéines totales** : La teneur en protéines des graines a été déterminée selon la méthode Kjeldhal décrite par Khalid *et al.* (2003). Au début, une prise d'essai est minéralisée dans un mélange de 10 ml d'acide sulfurique et de catalyseurs. L'ammoniac libéré est ensuite récupéré dans une solution d'acide borique (4%). La titration se fait avec de l'acide chlorique 0,1 N en présence d'un mélange d'indicateurs.

Ainsi, la teneur en protéine est déterminée par l'équation suivante:

$$\text{Teneur en protéines \%} = \frac{(V-V_0) \times 1000 \times F \times N \times 14 \times 100}{P \times \text{MS\%}} \text{ Où}$$

V : volume d'acide chlorhydrique (N=0,1) utilisé pour titrer l'échantillon en ml.

V0 : volume d'acide chlorhydrique en ml (N=0,1) utilisé pour l'essai à blanc.

P : prise d'essai en gramme.

F : facteur de conversion (6,25).

MS : matière sèche de l'échantillon.

- **Teneur en éléments minéraux** : Une prise d'essai des graines de *sesamum indicum* a été digérée avec 10 ml d'un mélange de l'acide nitrique et perchlorique. Le tout est porté à une température de 120° pendant 6h. Le volume final est dilué avec de l'eau désionisée, pour être analysé par la suite à l'aide de la spectrométrie de masse à plasma couplé par induction (ICP-MS).

### Essai de germination sous différents potentiels hydriques

L'évaluation des besoins hydriques des semences a été réalisée en utilisant différents niveaux d'une solution à base de polyéthylène glycol (PEG), dont la masse molaire est

de 6 000. L'agent osmotique PEG permet de maintenir un potentiel hydrique stable tout au long de l'expérimentation. Pour induire différentes contraintes hydriques, une série de concentrations croissantes de PEG 6000 a été utilisée (Michel *et al.* 1973). Ainsi, les niveaux du potentiel hydrique choisis sont : 0 ; 0,1 ; -1 et -1,6 MPa, ce qui est équivalent aux concentrations illustrées dans le tableau 1. Selon Michel *et al.* (1973), l'équation utilisée pour calculer le potentiel hydrique est la suivante :

$$\Psi_H = -(5,18.10^{-2})C - (1,118.10^{-4})C^2 + (2,67.10^{-4})CT + (8,39.10^{-7})C^2T$$

Avec  $\Psi_H$  : potentiel hydrique (MPa)  
T : température d'incubation en °C  
C : concentration de PEG6000 (g.l<sup>-1</sup>)

Les solutions S1, S2, S3, S4 ont été préparées pour arroser les graines en germination.

Tableau 1. Différents potentiels hydriques en fonction de la concentration en PEG 6000.

Table 1. Values of the water potential depending on the concentration of PEG 6000

Traitement	PEG 6000(g/l)	Potentiel Hydrique (MPa)
Solution 1 : Témoin	0	0
Solution 2 : Faible	15,3	-0,1
Solution 3 : Moyen	80,36	-1
Solution 4 : Fort	107,47	-1,6

Les tests de germination ont été effectués sous différents niveaux du stress hydrique. En effet, les graines au nombre de 30, sont désinfectées à l'eau de javel (5 % pendant 10 mn) puis rincées abondamment avec de l'eau distillée. Ensuite, Elles sont mises à germer dans des boîtes à pétri couvertes de papier filtre imbibé de 10 ml de chaque solution de PEG déjà préparée. Les boîtes de Pétri, contenant les graines à germer, ont été fermées hermétiquement avec de la plastique cellophane pour éviter l'évaporation, avant d'être étuvées à une température de 25°C pendant une photopériode de 16 h le jour et 8 h la nuit, assurée par des lampes Phillips fournissant un éclairage de 350  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments. Le nombre de graines germées, se comptait quotidiennement. Ainsi, pour caractériser la germination des graines sous stress hydrique, quatre paramètres ont été mesurés :

-Taux de germination : il correspond au nombre des graines germées par rapport au total des graines semées.

-Temps à 50% de germination : c'est le temps nécessaire à la germination de 50% des graines mises à germer.

-Moyenne journalière de germination : La moyenne journalière de germination MDG a été calculée selon la formule suivante (Benjelloun *et al.* 2013) :

$$\text{MDG} = (N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n) \times 100 \div (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n)$$

Avec  $N_n$  égal au nombre de semences germées entre le temps  $T_{n-1}$  et le temps  $T_n$ .

- Poids sec : Les échantillons des plantules de chaque boîte de pétri sont pesés sur une balance de précision.

## Essai en plein champ sous différents potentiels hydriques

Une culture en plein champ a été réalisée au sein de l'Agence Nationale des Plantes Médicinales et Aromatiques (le champ expérimental est situé à 34.535831 et -4.640000) entre le mois de juin et d'octobre 2014. Au cours de cette période d'été, les paramètres météorologiques de la station d'étude (Tableau 2) ainsi que les propriétés du sol (Tableau 3) ont été rapportés.

Tableau 2. Données climatiques du site expérimental  
Table 2. Climatic data of the experimental site

	Jun	Juillet	Aout	Septembre	Octobre
C°min	15,9	18,5	18,5	15,5	11,5
C°max	29,8	34,0	34,0	22,5	23,0
C°	22,8	26,2	26,2	22,5	17,2
F°min	60,6	65,3	65,3	59,9	52,7
F°max	60,6	65,3	65,3	59,9	52,7
F°	73,0	79,7	79,2	72,5	63,0

Tableau 3. Composition minérale du sol du site expérimental  
Table 3. Mineral composition of the soil of the experimental site

Elément minéral	Taux (mg/kg)
Ca	> 1000
Na	78,31
K	189,37
Fe	106,56
Mg	74,01
P	4,14
Zn	3,98
Mn	1,91
N	0,17

Les graines de sésame ont été semées à une profondeur de 3 à 4 cm en trois répétitions. Chaque répétition était représentée par une surface de 2 m<sup>2</sup>. La densité de semis était de 100.000 plants/ha. Toutes les parcelles ont été irriguées juste après le semis pour déclencher la germination. Les traitements ont été démarrés au cours du stade quatre feuilles. En effet, la culture a été soumise à trois niveaux hydriques :

$T_0$  : où le sol est maintenu à 100% de sa capacité au champ. Ce traitement est considéré comme témoin.

$T_1$  : où le sol est maintenu à 50% de sa capacité au champ. Ce traitement est considéré comme un déficit hydrique modéré

$T_2$  : où le sol est maintenu à 20% de sa capacité au champ. Ce traitement est considéré comme un déficit hydrique prononcé

Ces traitements ont été espacés de 1 m et sont entourés de lignes de bordure. Le dispositif expérimental était un bloc Fischer complètement randomisé avec 4 répétitions. Aucun traitement ni apport chimique n'a été effectué durant ce test et les parcelles ont été entretenues par un sarclage régulier. La récolte a été effectuée manuellement à la fin de la saison lorsque les feuilles sont devenues jaunes. Les plantes récoltées sont ainsi empilées en position verticale sous le soleil pendant 15 jours.

Paramètres de croissance étudiés :

- Longueur des plantes (cm)

- Nombre de capsules par plante



- Nombre de graines par capsule

- Longueur de la capsule (mm)

Rendement en graines(kg / m<sup>2</sup>) qui a été calculé par la formule suivante:

$$\text{Rendement des graines} = \left( \frac{\text{rendement des graines (kg)}}{\text{superficie des parcelles (m}^2\text{)}} \right) \times 10000$$

**Analyse statistique**

Les données recueillies ont fait l’objet de l’analyse statistique de la variance pour rechercher la variabilité existante entre les différents niveaux du stress hydrique utilisés et ce à l’aide du logiciel statistique (SPSS). Chaque moyenne est affectée d’une lettre, les moyennes suivies d’une même lettre n’étant pas significativement différentes.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

Caractérisation morphologique, microscopique et biochimique des graines étudiées

Pour caractériser les graines testées, il était important d’examiner la morphologie de cette ancienne plante oléagineuse. En fait, *sesamum indicum* (Fig.1a) est une Pedaliaceae du genre *Sesamum*. C’est une plante annuelle ramifiée, avec une hauteur de 1,5 m, et un système racinaire développé (Fig.1b). Le fruit est une capsule contenant en moyenne 45 petites graines avec 3 mm de long et 2 mm de

large (Fig.1c). Le tégument brun de ces graines (Fig.1d) est constitué d’une couche de «cellules d’abeille» recouvrant la surface du cotylédon, comme illustré par l’étude microscopique à balayage sur les figures 1e et 1f. Ce tégument, qui est perméable aux échanges entre le milieu extérieur et intérieur des graines, peut être dégradé lors d’une imbibition satisfaisante. En effet, les particules colloïdales sont gonflées suite à l’hydratation, ce qui provoque la déchirure du tégument et l’émergence des points de croissance.

D’autre part, la composition biochimique des graines de sésame est rapportée au niveau du tableau 4. La teneur en huile, en protéines totales et en sucres totaux est de 490, 204 et 91.4 mg/g respectivement. Quant à la teneur minérale, N, P, K Ca et Mg sont les minéraux les plus présents dans la graine avec 75,05, 15, 4,87, 1,81et 1,25 mg/g respectivement.

Ces résultats confirment l’étude biochimique effectuée sur plus de 16 cultivars de *Sesamum indicum* collectés à partir de différents sites de la région Beni Mellal-Khénifra située au centre du Maroc (Rizki *et al.* 2015). Par contre ces résultats sont différents de ceux rapportés dans une étude en Tunisie (Elleuch *et al.* 2007), où le taux des protéines, sucres et huiles était de 2, 48±0, 09%, 25, 77±1, 02% et 52, 24±0,35% respectivement.

Les carbohydrates, les lipides et les protéines forment les tissus de réserves qui vont être dégradés en formes chimiques

Tableau 4. Caractérisation biochimique des graines de sésame étudiées  
Table 4. Biochemical characterization of the studied sesame seeds

	Huile (mg/g)	Proteines (mg/g)	Sucres (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	K (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
Graines de sesame	490	204	91,4	15	4,87	1,25	75,05	1,81

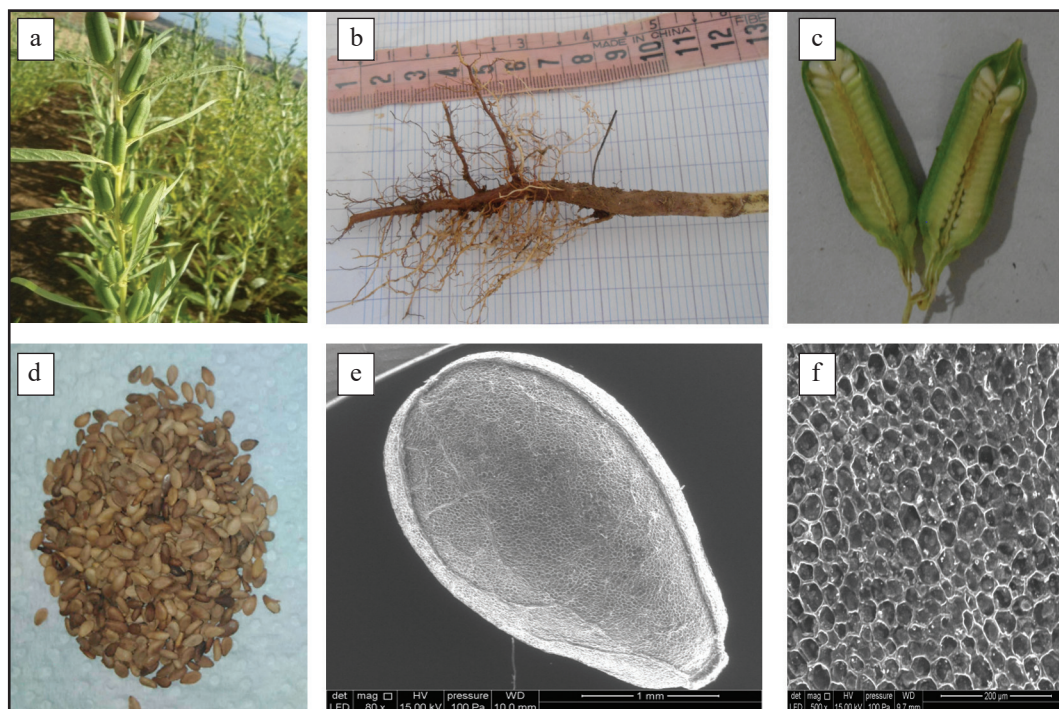


Figure 1. a. plante entière de *sesamum indicum*, b. système racinaire, c. capsule avec des graines à l’intérieur, d. graines de sésame, e. observation microscopique à balayage des graines de sésame (Gx2000), f. observation microscopique à balayage des graines de sésame (Gx4000).

Figure 1. a. Entire *sesamum indicum* plant, b. root system, c. capsule with seeds inside, d. Sesame seeds, e. SEM micrographs of sesame seed (Gx2000), f. SEM micrographs of sesame seed (Gx4000).

simples et mobiles (acide pyruvique, acides gras, acides aminés) lors de la germination.

### Effet de différents potentiels hydriques sur la germination des graines de sésame

Les résultats de l'effet de différents potentiels hydriques sur la germination des graines de sésame sont présentés dans les figures 2, 3, 4 et 5. L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre les graines soumises à des conditions hydriques non limitantes (témoin) et celles germées dans des conditions de déficit hydrique faible et modéré (-1 et -1,6 MPa). Par contre, un stress hydrique prononcé a montré un effet significatif sur le pourcentage de germination ( $P < 0,01$ ). En effet, à un potentiel hydrique de 0 MPa (témoin), le taux de germination est de 95,97 %, par contre il est de 69,13% au potentiel hydrique le plus bas (-1,6 MPa) (Fig. 2), où la germination n'a commencé qu'à partir du 4ème jour d'imbibition. Egalement, les résultats illustrés sur la figure 3 montrent que la moyenne journalière de germination diminue avec la diminution du potentiel hydrique ; elle atteint 11,48 jours pour le potentiel hydrique (0 MPa) et diminue jusqu'à 6,85 jours pour le potentiel hydrique (-1,6 MPa). De sa part, le temps à 50% de germination augmente avec un stress hydrique prononcé (Fig. 4) ; il est de 3,7 jours pour le potentiel hydrique

(0 MPa), alors qu'il atteint 5,26 jours au potentiel hydrique le plus bas (-1,6 MPa.). De même, le poids frais des graines de *sesamum indicum* n'a pas évolué de la même importance comparativement au témoin (0 MPa), où il atteint 0,1g contre 0,08g enregistré au niveau du potentiel hydrique le plus bas (-1,6 MPa) (Fig. 5).

La germination des graines est un processus biochimique et physiologique où, dès le premier contact de la graine avec l'eau, l'amidon (albumine) commence à se dégrader sous l'effet de l'enzyme amylase, dans le but d'élaborer à l'embryon l'énergie nécessaire pour déclencher le processus de germination (Regnault-Roger *et al.* 2008). Le développement embryonnaire s'initialise alors, avec le déroulement d'un processus physiologique basé sur les hormones de croissance végétale (Lesuffleur 2007). D'après nos résultats on remarque que les graines de sésame sont tolérantes au stress hydrique modéré (-1MPa). Et qu'un effet dépressif n'est enregistré qu'à partir du niveau de pression osmotique le plus élevé (-1,6MPa). Ces résultats corroborent avec plusieurs travaux (Rao *et al.* 1988, Wahbi *et al.* 2013). L'effet dépressif enregistré peut être expliqué par une difficulté d'hydratation des graines à cause du potentiel osmotique élevé. Par conséquent, les procès qui permettent la sortie de radicule à partir du tégument ont été

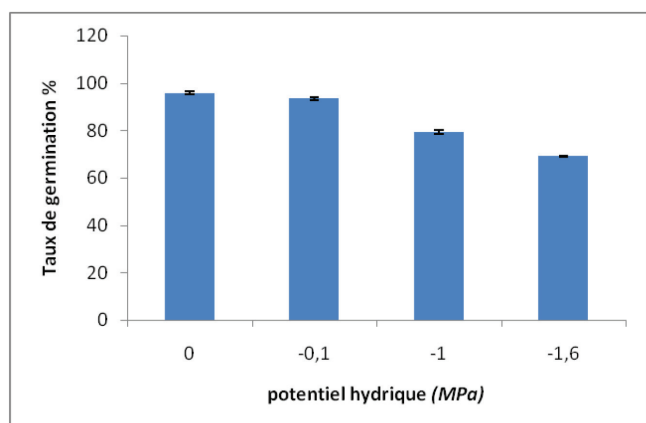


Figure 2. Taux de germination des graines de sésame soumises à différents potentiels hydriques.

Figure 2. Germination rate of sesame seeds with different water potentials.

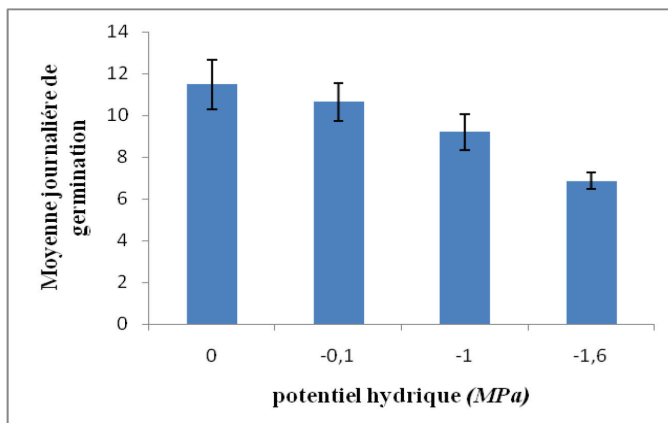


Figure 3. Moyenne journalière de germination des graines de sésame soumises à différents potentiels hydriques.

Figure 3. Daily mean germination of sesame seeds with different water potentials.

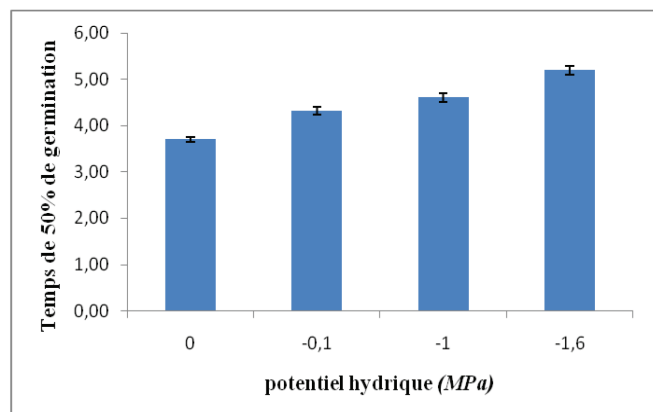


Figure 4. Temps de 50% de germination des graines de sésame soumises à différents potentiels hydriques.

Figure 4. 50% germination time of sesame seeds with different water potentials.

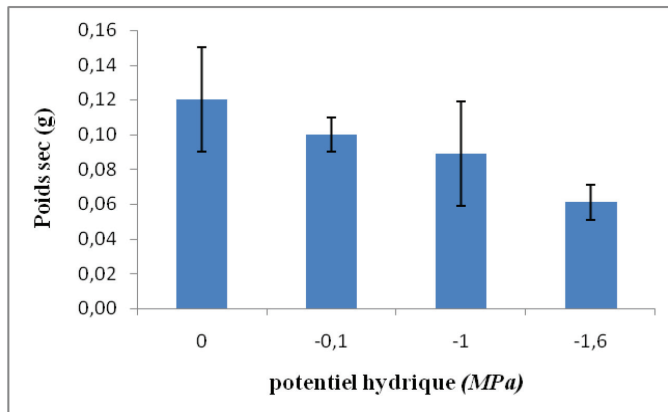


Figure 5. Poids sec des graines de sésame soumises à différents potentiels hydriques.

Figure 5. Dry weight of sesame seeds with different water potentials.

probablement inhibés ce qui a retardé la germination (Gill *et al.* 2001).

#### Effet du stress hydrique sur les paramètres de croissance de *Sesamum indicum*:

Les résultats obtenus par rapport à l'effet de différents niveaux d'irrigation sur les paramètres de croissance de l'espèce étudiée sont représentés sur le tableau 5. La longueur de la plante n'a pas été affectée par un déficit hydrique modéré (80% CC). Cependant, elle a été négativement affectée par une contrainte hydrique sévère (20%CC) avec une réduction de  $25,08 \pm 0,2\%$  par rapport au témoin ( $p < 0,01$ ). De même, les autres paramètres quantitatifs ont marqué le même comportement. En effet, le nombre des capsules par plante, le nombre des graines par capsule et la longueur des capsules ont été réduits de  $21,17 \pm 0,43\%$ ,  $12,32 \pm 0,36\%$  et  $12,79 \pm 0,88\%$  respectivement (Tableau 5). Par rapport au rendement en graines, qui est l'une des plus importantes composantes

de croissance, l'application d'un déficit hydrique sévère a enregistré un léger effet dépressif de  $6,1 \pm 0,09\%$  qui reste significatif par rapport au témoin de point de vue statistique (ANOVA,  $F=6,73$  ;  $ddl=3$  ;  $P < 0,05$ ).

Les résultats ont montré que le sésame est une plante qui peut tolérer des niveaux modérés de stress hydrique allant jusqu'au 50% de la capacité au champ. Par contre, son exposition à un déficit hydrique de 20%CC peut être traduite par une chute de différents paramètres liés à la croissance. Ces résultats sont en accord avec les travaux rapportés par Karaaslan *et al.* (2007) et Saeidi *et al.* (2012) qui ont trouvé qu'un apport hydrique réduit peut affecter la qualité des paramètres morphométriques de la plante de sésame. Serraj *et al.* (1994) et Sadeghipour (2008) ont expliqué que sous une contrainte hydrique, le potentiel photosynthétique de la plante est limité à cause d'une réduction de la conductance stomatique de  $CO_2$ .

Tableau 5. Effet de différents niveaux de stress hydrique sur les paramètres de croissance de *sesamum indicum*.  
Table 5. Effect of different levels of water stress on *sesamum indicum* growth parameters.

	Longueur des plantes (cm)	Nombre de capsules par plante	Nombre de graines par capsule	Longueur des capsules (mm)	Rendement en graines (kg/ha)
T1:100% CC	69,73 ± 4,83a	33,24±5,35 a	45,96± 1,7a	25,8±2, 24 a	934,16a
T2:50% CC	67,56±6,34 a	29,91±5,05 a	45,16±3,04 a	25,5±2, 2 a	912,16a
T3:25% CC	52,24±6,1 b	26,2±3,25b	40,3±3,85 b	22,5±2, 4 b	877,16b

#### CONCLUSION

Le *sesamum indicum* est une plante à importance nutritionnelle et thérapeutique incontestable. En effet, elle contribue non seulement à l'alimentation humaine mais sa diversité en termes de composition, permet son utilisation à des fins cosmétiques et pharmacologiques. Au cours de ce travail, on a mis la lumière sur l'effet du stress hydrique sur la croissance de cette plante pendant deux phases importantes, à savoir le stade germinatif et végétatif. D'après les résultats enregistrés, les effets préjudiciables sur le développement et la croissance ne sont marqués qu'au niveau du stress le plus sévère. Cette tolérance consiste un atout lié au pouvoir adaptatif de la plante. Ce qui nous pousse à avancer que les graines de sésame peuvent germer dans des régions arides ou semi-arides, où les ressources hydriques sont limitées. En perspectives, il serait intéressant de détendre l'étude pour évaluer l'effet du stress hydrique également sur d'autres groupes de molécules naturelles douées d'activités biologiques. Aussi nous recommandons de réaliser une analyse génétique qui permet de repérer des marqueurs moléculaires pour améliorer encore la tolérance de cette plante à ce type de stress abiotique.

#### RÉFÉRENCES

- Abou-Gharbia H.A., Shehata A. Adel Y., Shahidi F. 2000. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*, 33, 331-34
- Alpaslan M., Boydak E., Hayta M. *et al.* 2001. Effect of row space and irrigation on seed composition of Turkish sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 933-935
- Elleuch M., Besbes S., Roiseux O. *et al.* 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food chem*, 103, 641-650.
- Benjelloun M., Rais C., Wahid N. *et al.* 2013. Evaluation de la tolérance de *Myrtus communis* L. au stress hydrique au stade germinatif. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 35, 19-26.
- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environments. *CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA*, 233.
- Gill P. K., Sharma A. D., Singh P. *et al.* 2001. Effect of various abiotic stresses on the growth, soluble sugars and water relations of sorghum seedlings grown in light and darkness. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27, 72-84.
- Hayek T. & Abdelly C. 2004. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No. Spécial, 273-284.
- Hemalatha S. & Raghunath M. 2004. Ghafloorunissa. Dietary sesame oils inhibits iron-induced oxidative stress in rats. *British Journal of Nutrition*, 92, 581-7.
- Hirata F. 1996. Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans. *Atherosclerosis*, 122, 135-36.
- Karaaslan D., Boydak E., Gercek S. *et al.* 2007. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in Harran region. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, 4, 623-627.
- Khalid E.K., Babiker E.E., Tinay A.E. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82, 361-366.
- Slatyer R.O. & Markus D.K. 1968. Plant water relationships. *Soil Science*, 106, 478.
- Lesuffleur F. 2007. *Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (Trifolium repense L.)*. Thèse Doctorat de 3ème cycle. Université de Caen, France. 17-37.
- Mahyou H., Tychon B., Balaghi R. *et al.* 2010. Désertification des parcours arides au Maroc. *Tropicultura*, 28, 107-114.



- Mazliak P. 1982. Physiologie végétale II, croissance et développement. Hermann édition, Paris, Collection Méthodes, 465p.
- Michel B. E. & Kaufman R. M. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *plant physiology*, 51, 914-916.
- Noguchi T., Ikeda K., Sasaki Y., Yamamoto J. *et al.* 2001. Effects of vitamin E and sesamin on hypertension and cerebral thrombogenesis in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Hypertension Research*, 24, 735-742.
- Rao N.R. C., Williams J.A., Sirakumas M.V.K. *et al.* 1988. Effects of water deficit at different growth phases of peanut. H. Responses to drought during pre-flowering phase, *Agronomy Journal*, 80, 431-438.
- Regnault Roger C., Philogene Bernard J.R., Vincent C. 2008. *Biopesticides d'origine végétale*. Edition TEC & DOC, Paris, 51-60.
- Rizki H., Kzaiber F., Elharfi M. *et al.* 2015. Assessment of Antioxidant Capacity of 16 Cultivars of Sesame (*Sesamum indicum* L.) from Different Areas. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 1, 148-155
- Saab B. R., Pashayan N., El-Chemaly S. *et al.* 2006. Sesame oil use in ameliorating cough in children: a randomised controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 14, 92-9.
- Sadeghipour O. 2008. Effect of withholding irrigation at different growth stages on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) varieties. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 4, 590-594.
- Saeidi A., Tohidi-Nejad E., Ebrahimi F. *et al.* 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in Jiroft Region. *Journal of Applied Sciences Research*, 8, 243-246.
- Serraj R., Roy G. & Drevon J. J. 1994. Salt stress induces a decrease in the oxygen uptake of soybean nodules and in their permeability to oxygen diffusion. *Physiologia Plantarum*, 91, 161-168.
- Wahbi J., Lamia H., Naoufel S. *et al.* 2010. Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14, 643-652.
- Zohary M. 1952. A monographical study of the genus Pistacia. *Palestine Journal of Botany (Jerusalem Series)*, 5, 187-228.

Manuscrit reçu le 31/08/2019

Version révisée acceptée le 07/07/2020

Version finale reçue le 15/07/2020

Mise en ligne le 15/07/2020