

**RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des biotechnologies

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Filière : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : biotechnologies végétales

Thème

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE LA GERMINATION ET DE LA
CROISSANCE DU HARICOT (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) PAR LES
TECHNIQUES DE L'HYDROPRIMING ET L'OSMOPRIMING SOUS
CONTRAINTE SALINE EN
HYDROPONIE.**

Présenté par :

M^{elle} BADAOUI Amira M^{lle} LOUZRI Sihem

Devant le jury composé de :

Mr. BENMOUSSA M	Professeur	U. Blida 1	Président
Mr. SNOUSSI S.A	Professeur	U.Blida 1	Prometteur
Mr. ABBAD M	M.C.A	U.Blida 1	Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017/2018

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes.

Nous souhaitons ici les en remercier.

Le premier remerciement est à **ALLAH** le tout puissant qui nous a donné le courage, la force et la santé pour accomplir ce travail.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement **Pr SNOUSSISid-Ahmed** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement.

Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants de la faculté de science de la nature et de la vie, pour leurs efforts et leurs aides durant tout notre parcours d'étudiant, et spécialement aux membres de laboratoire de biotechnologie végétale à leur tête **Mr. ABBAD MOHAMED** pour sa modestie et ses précieux conseils à **Mr. ZOUAOU AHMED** pour sa meilleure gérance à **Mr. ABDRAHMANI** l'ingénieur de laboratoire pour sa disponibilité à **Mr. HAMIDI YUCEF** pour son aide.

Merci à Monsieur **BENMOUSSA** pour nous avoir fait l'honneur d'être président et pour ses remarques et sa contribution à ce mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

On dédie ce modeste Mémoire à :

***NOS PARENTS ***

Merci d'avoir fait de nous ce qu'on est aujourd'hui et des valeurs nobles que vous avez si bien sues nous inculquer, la gentillesse, le respect et le dévouement.

***NOS FRERES ET SOEURS ***

On vous souhaite la réussite et la bonne continuation pour tous vos projets.

TOUTES NOTRE FAMILLES

Résumé

L'étude expérimentale qu'on a menée, consiste à étudier les impacts de la technique de l'hydropriming et de l'osmopriming sur la germination des graines du haricot (*Phaseolus vulgaris. L*) variété El-djadida cultivée en hors sol et irriguée par une eau saline naturelle, et ce par rapport à un traitement témoin auquel les graines n'ont subi aucun traitement préalable.

Les graines du haricot ayant subis le procédé hydropriming et l'osmopriming ainsi que celles du témoin ont eu des réponses significativement différentes au niveau des différents paramètres mesurés.

Les résultats obtenus montrent que les traitements d'endurcissement et d'amorçage permettent d'avoir une germination plus rapide, plus homogène et une meilleure croissance des plantes par rapport au témoin et plus particulièrement pour les graines ayant reçue au préalable un traitement d'hydropriming.

L'application aux graines de ces prétraitements permettra une amélioration significative de la germination, la croissance, la tolérance au déficit hydrique et la résistance au stress salin.

Mots-clés : Hydropriming, Osmopriming, Stress salin, Hydroponie, Haricot, stress hydrique, déficit hydrique.

abstract

The experimental study carried out consists of studying the impact of the hydropriming and osmopriming technique on the germination of bean seeds (*Phaseolus vulgaris*, L) variety El-jadida grown above ground and irrigated by a natural saline water, and this compared to a control treatment to which the seeds have not undergone any prior treatment.

The seeds of the bean having undergone the hydropriming and osmopriming process as well as those of the control had significantly different responses at the different parameters measured.

The results obtained show that the hardening and priming treatments make it possible to have a faster, more homogeneous germination and a better growth of the plants compared to the control and more particularly for the seeds which have previously received a hydropriming treatment.

Seed application of these pretreatments will significantly improve germination, growth, tolerance to water deficit and resistance to salt stress.

Keywords: Hydropriming, Osmopriming, Salt stress, Hydroponics,

ملخص

تتكون الدراسة التجريبية التي أجريت على دراسة تأثير تقنية التخصيب بالماء على إنبات بذور الفاصوليا المزروعة . من خلال المياه المالحة الطبيعية ، وهذا مقارنة مع العلاج السيطرة التي لم تخضع البذور أي علاج مسبق.

كانت بذور الحبة التي خضعت لعملية إعادة الملء والتخصيب بالأملاح بالإضافة إلى تلك الخاصة بالسيطرة لديها استجابات مختلفة بشكل ملحوظ عند مختلف المعايير المقاسة.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن العلاجات المتصلبة والبدائية تجعل من الممكن الحصول على إنبات أسرع وأكثر تجانساً ونموً أفضل للنباتات مقارنةً بالتحكم وبصفة خاصة للبذور التي سبق أن تلقت علاجاً مملوئاً . تطبيق البذور من هذه المعالجة سيحسن بشكل كبير الإنبات ، النمو ، التسامح مع عجز الماء ومقاومة الإجهاد الملحي.

كلمات البحث: التخصيب بالماء، التخصيب بالأملاح، ضغط الملح ، الزراعة المائية ، الفول ، الإجهاد المائي.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas⁹

Tableau 2 : Classification des eaux salées 10

Tableau 3 : Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de *Phaseolus vulgaris* 26

Tableau 4 : L'eau de Chleff reconstituée avec l'eau de Blida pH = 7.58
37

Liste des abréviations

(Cm) : Centimètre.

(mm) : Millimètre.

(g) : Gramme.

(μ g) : Microgramme.

(ha) : Hectare.

(U /ha) : Unité par hectare.

(L) : Litre.

(CE) : Conductivité électrique.

(MF) : Matière fraîche.

(MS) : Matière sèche.

S. C. E : La somme des carrés des écarts.

DDL : Le degré de liberté.

C.V : Coefficient de variation.

Introduction

Le rendement et la quantité d'une culture reposent étroitement sur la première étape de la vie d'une plante, qu'est la germination, et qui reste une étape cruciale dans le cycle de vie des végétaux supérieurs (CHENG et al.,1999). Pour éviter tous les problèmes de germination et les améliorer, plusieurs techniques ont été utilisées la plus commune est l'amorçage ou l'endurcissement connue sous le nom « priming » (TAYLOR et al, 1990).

L'amorçage des graines est une forme de préparation des graines dans laquelle les graines sont prèstrempeesavant la plantation (AHMAD et al., 2012). L'amorçage des graines est également une méthode physiopathique de pré-germination qui améliore la performance des graines et permet une germination plus rapide et plus synchronisée des graines (PATADE et al, 2009).

L'hydropriming consiste à faire tremper les graines dans de l'eau pure et à les réhydrater avant la germination complète. L'osmopriming est un traitement de pré-semis qui consiste en incubation de graines dans une solution osmotique (PILULE,1995).

Cette technique a non seulement été utilisée pour améliorer la germination, réduire l'émergence des plantulestemps et améliorer l'établissement du peuplement (Khan,1992). L'étape de germination, due à l'effet sur la densité des plantes est essentielle, car la survie des plantes et l'établissement est lié aux premiers stades de croissance (BOYDAK et al., 2003). La vigueur des graines peut être améliorée par des techniques d'amorçage des graines, qui améliorent la taux et l'uniformité de la germination (DEMIR, VAN DE VENTER et al, 1999).C'est dans cette optique, que nous nous somme intéressées aux techniques d'hydropriming et d'osmopriming afin de voir l'impact de ces deux techniques sur la germination des graines de haricot.

Table des matières

Remerciement	
1	
Dédicace	
2	
Résumé	
3	
Tables des matières	6
Liste des illustrations graphique	12
Liste des tableaux	13
Liste des abréviations	
14	
Introduction	
15	
Partie I : Etude bibliographique	16
Chapitre 01 : Notion d'endurcissement et d'amorçage	17
1. Technique d'endurcissement.....	18
2. Technique d'amorçage	
19	
3. Importance de l'amorçage sur les plantes.....	
19	
4. Les techniques d'amorçage	
20	
4.1. Hydropriming	
20	
4.2 Osmopriming	
20	
Chapitre 02 :Notions de base sur les stress abiotiques	21
1. Définition.....	22

2. Différents facteurs du stress	
22	
2.1. La sécheresse	
22	
2.2. Le stress hydrique	
23	
2.3. La salinité	
23	
3. La salinité en Algérie	
24	
3.1. Origine de la salinité	
25	
3.2. Les eaux saline	
26	
3.2.1. Classification des eaux saline	
26	
3.3. Les différents types de stress	27
3.3.1. Stress ionique	27
3.3.2. Stress hydrique	27
3.3.3. Stress thermique	28
3.4. Mécanisme d'adaptation au stress	28
3.4.1. Aptitude à échapper au stress	29
3.4.2. Aptitude à résister au stress	29
3.4.3. Mécanismes d'évitement	29
3.4.3.1. Adaptation morphologique	29
3.4.3.2. Fonctionnement stomatique	29

3.5. Le stress salin	30
3.5.1. Halophytes et glycophytes	31
3.5.2. Effet du stress salin sur la plante	31
3.5.2.1. Sur la germination	31
3.5.2.2. Sur la plante entière	32
3.5.2.3. Sur les paramètres de croissance	32
3.5.2.4. Sur les paramètres hydriques	32
3.5.2.5. Sur la biochimie de la plante	33
3.5.2.6. Sur l'anatomie de la plante	33
Chapitres 03 : Quelques notions sur la technique hydroponique.....	34
1. Définition	35
2. Composantes du système hydroponiques	35
3. Conteneurs	36
4. Solution nutritive	36

4.1. Influence de la solution nutritive sur la croissance et la nutrition minérale des végétaux	
36	
5.1. Importance de la gestion de l'eau d'irrigation	
36	
Chapitres 04 : Etude de la plante test (le haricot)	
38	
1. Origine et répartition géographique du haricot commun	
39	
2. Haricot dans le monde	
39	
3. Haricot en Algérie	
40	
4. Position systématique	
40	
5. Intérêt agronomique	
41	
6. Description morphologique et botanique du haricot	41
7. Valeur alimentaire	
42	
8. Exigences de la plante	
42	
8.1. Exigences climatiques	42
8.1.1. Température	
42	
8.1.2. Lumières et humidité	43
8.2. Exigences hydriques	43

8.3. Exigences édaphiques	43
8.4. Travaux d'entretien	43
8.4.1. Binage et buttage	43
8.4.2. Désherbage	44
8.4.3. Arrosage	45
8.4.4. Tuteurage	45
8.4.5. Aération	45
8.5. Récolte	45
8.6. Gestion des mauvaises herbes	46
8.7. Les principales maladies et ennemis du haricot	46
8.7.1. Les maladies	46
8.7.2. Principaux ennemis nuisibles	47
Partie II : partie expérimentale	48
Chapitres 01 : Matériels et méthode	49
1. Objectifs de l'expérimentation	50
2. Matériel végétale utilisé	50
3. Conditions expérimentales	50
3.1. Lieu de l'expérience	50

3.2. Substrat	
51	
3.3. Conteneurs	
51	
3.4. Dispositif expérimental	
52	
3.5. Description des traitements	
54	
3.5.1. Trempage des graines	
54	
3.5.1.1. Cas de la technique de l'osmopriming	
54	
3.5.1.2. Cas de la technique de l'hydropriming	
54	
3.6. Incubation des graines	
54	
3.7. Repiquage	55
4. Entretien de la culture	55
4.1. Irrigation	
55	
4.1.1. La solution d'irrigation	56
4.2. Lessivage	57
5. Paramètres morphologiques mesurés	57
5.1. Taux de germination.....	57
5.2. Hauteur finale des plantes	57
5.3. Diamètre des tiges	57

5.4. Biomasse fraîche produite	57
5.5. Biomasse sèche produite	57
6. Paramètres biochimiques effectués	58
6.1 Dosage de la chlorophylle	58
6.2. Dosage de la proline	59
Chapitre 02 : Résultats et discussions	61
1. Les paramètres morphologiques	62
1.1. Aspect générale de la plante	62
1.2. Taux de germination en fonction des traitements	63
1.3. Hauteur finale des plantes en fonction des traitements en [cm]	64
1.4. Diamètre des tiges en fonction des traitements en (mm)	65
1.5. Longueur des racines en (cm)	66
1.6. Nombre de feuilles par plant	67
1.7. Biomasse fraîche	68
1.7.1. Poids moyen des feuilles des plantes en fonction des traitements en [g].....	68
1.7.2. Poids moyen des tiges des plantes en fonction des traitements en [g].....	70
1.7.3. Poids moyen des racines des plantes en fonction des traitements en [g].....	70
2. Les paramètres biochimiques	71

2.1. Quantité de chlorophylle (a) dans la plante (mg/l).....	71
2.2. Quantité de chlorophylle (b) dans la plante (mg/l).....	73
2.3. Quantité de proline dans la plante	74
Conclusion	77
Annexes	79
Références bibliographiques	86

Notion d'endurcissement et d'amorçage

1. Technique d'endurcissement

Dans la majeure partie du monde en particulier, les zones arides et semi-arides telles que le nord-africain la salinité des sols et des eaux est considérée comme l'un des facteurs importants dans le déclin des produits agricoles. Les plantes qui poussent sur le sol salé, en raison de caractéristiques osmotiques, ont également rencontré un stress salin, se traduisant par une diminution de la vitesse et de la croissance. Cela conduit à la perturbation de la cellule la division et l'élargissement cellulaire et toutes les réactions métaboliques de la plante seront affectées. L'augmentation du sodium et les ions du chlore réduisent également l'activité des enzymes et l'absorption des ions essentiels, y compris le potassium, le calcium, l'ammonium et le nitrate et rend instable la structure de la membrane. (KHALESROO et AGALIKHANI,1386 ;DIMERKAYA et *al*, 2006 ;NETONDO et *al*, 2004).Selon KHORSHIDIBENAM et *al*, (1993),la concentration croissante de sel réduit la vitesse et le pourcentage de germination, et dans le cycle de vie de la plante, la germination et l'émergence ont une importance particulière, de sorte qu'elles peuvent être considérées commeUn facteur important et déterminant dans l'établissement favorable et le fonctionnement final. (HADAS, 1976 ; MURUNGU et *al*, 2003).

L'utilisation de plantes et de caractéristiques résistantes aux sels et à la sécheresse est un moyen important dans l'exploitation et l'augmentation de l'hectare fonctionnant dans les terres salées des zones arides et semi-arides dans le monde.(GASEMI et *al*, 1995). La production végétale et l'établissement de bonnes cultures agricoles dépendent étroitement de la germination des semences qui est une étape cruciale dans le cycle de vie des végétaux supérieurs (CHENG et *al*., 1999).

La germination peut être hétérogène vu que les semences ne germent pas toutes de la même manière ni en même temps. Afin de résoudre ces problèmes et d'améliorer le développement et le rendement des espèces végétales, plusieurs approches ont été utilisées depuis plusieurs années (BASRA et *al*., 2003). La germination et l'émergence peuvent être améliorées par des traitements de semences tels que la préparation osmotique (AKRAMYA et *al*, 2007). La technique la plus fréquente et la plus commune est l'amorçage ou l'endurcissement connue sous le nom de « priming ».

C'est une méthode physiologique qui améliore la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la radicule (Bradford, 1986 ; Taylor et *al*., 1990), c'est-à-dire au cours de la phase réversible de la germination. Pendant

cette phase, la semence peut être redéshydratée tout en gardant sa capacité à germer (MAZLIAK, 1998). Au cours de l'amorçage, les semences sont hydratées partiellement à un niveau d'humidité suffisant pour permettre le déroulement des processus métaboliques prégerminatifs, mais insuffisant pour assurer la percée de la radicule (MCDONALD, 2000 ; GHASSEMI-GOLEZANI *et al.*, 2010).

2. Technique d'amorçage

C'est un processus dans lequel la graine absorbe de l'eau et sèche ensuite la graine jusqu'au commencement de la germination mais la racine n'apparaît pas. Divers termes ont été utilisés pour amorcer, amorcer avec des solutions, amorcer seul et la condition d'Osmoprimering ou d'Osmo (KHAN, 1992).

Le mot d'amorçage est utilisé pour décrire le trempage des graines dans des solutions osmotiques à faible potentiel hydrique et à aération. Polyéthylèneglycol, nitrate de potassium, (K_3PO_4 , KH_2PO_4) le sulfate de potassium, le chlorure de sodium, le glycérol et le mannitol sont des exemples de tels composés. Aujourd'hui, la plus grande partie du polyéthylèneglycol est utilisée pour l'osmoprisme (MISHEL et KAUFMAN, 1973).

3. Importance de l'amorçage sur les plantes

Le but de l'amorçage est l'augmentation du pourcentage de la germination, accélère le temps de germination, améliore la croissance et la force des plantules dans une large gamme de conditions environnementales favorables et défavorables, cette méthode est efficace dans les plantes avec des graines minuscules comme le canola et la luzerne et les produits à haute valeur économique et besoin de l'enlèvement rapide et lisse (OMIDI *et al.*, 2005). Les résultats de JALILIAN et TAVAKOLI AFSHAR, (2004.) suggèrent que pour la graine de betterave à sucre la germination et l'établissement d'ensemencement peuvent être détruits avec le lavage des graines par l'eau et certains produits chimiques. Dans la coquille de la graine de betterave à sucre, il y a des matériaux tels que les phénols, l'ammoniac, l'huile, Acide oxalique, Nitrate de potassium, betain et musilage qui seront perdus (Katalan *et al.*, 1994).

Beaucoup d'auteurs ont montré chez différentes espèces de cultures maraichères telles que le haricot, la lentille, la pastèque, le melon, la tomate, la carotte et l'amarante, que l'endurcissement des semences permet l'accélération et la synchronisation de la germination (HEYDECKER *et al.*, 1973 ; McDONALD, 2000), une meilleure croissance, une floraison plus précoce, une plus grande tolérance aux stress et un rendement plus élevé est également observé (HARRIS *et al.*, 2002 ; BASRA *et al.*, 2006 ; MOOSAVI *et al.*, 2009).

L'amorçage peut augmenter le taux de germination des cultures de plein champ, en particulier dans des conditions défavorables. Les températures basses et le manque d'humidité aussi peuvent diminuer l'hétérogénéité physiologique dans un ensemble de graine d'amorçage (STIL et BRAD FORD, 1997).

Il a été bien montré que les effets positifs de l'endurcissement sont associés à diverses modifications physiologiques, biochimiques, cellulaires, moléculaires et génétiques telles que la mobilisation des réserves, la dégradation de l'albumen, l'activation des systèmes antioxydatifs, la stimulation de la synthèse des osmolytes et l'activation du cycle cellulaire et de certains gènes de tolérance aux stress abiotiques (BRAY et *al.*, 1989 ; DELL'AQUILA et *al.*, 1989 ; DAVISON et *al.*, 1991 ; DE CASTRO et *al.*, 2000 ; VARIER et *al.*, 2010).

L'amorçage peut augmenter l'activité de l'amylase en transformant les matériaux de réserve en matériaux de transition et peut ainsi améliorer la croissance des plantes (KUAR et *al.*, 2002).

4. Les techniques d'amorçage

4.1 Hydropriming

L'hydropriming est la redéshydratation est la technique d'amorçage la plus simple qui consiste à imbiber avec de l'eau les semences puis à les déshydrater avant de les semer (TARQUIS et *al.*, 1992). Cette technique est peu couteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être indésirables pour l'environnement et la santé humaine (HARRIS et *al.*, 1999 ; MCDONALD, 2000 ; HARRIS et *al.*, 2001 ; GHASSEMI-GOLEZANI et *al.*, 2008).

4.2 Osmoprining

L'osmoprining est le type d'amorçage des semences le plus communément utilisé. Il consiste à faire subir aux graines un prétraitement osmotique seul ou suivi d'une redéshydratation. Cette hydratation contrôlée des semences est réalisée grâce à des agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO₃, NaCl, KCl) ou les polyols (mannitol) (BRADFORD, 1986 ; YARI et *al.*, 2010).les plantes issues de graines osmoconditionnées avaient une émergence accélérée conduisant à un taux final d'implantation accru et même des effets favorisants sur le rendement ont (BRADFORD, 1986).

La technique d'osmoprining a eu un effet significatif sur les paramètres de la longueur des racines, de la longueur des pousses le poids sec des plantules, pourcentage de germination et temps de germination (OMIDI et *al.*, 2005).

Notions de base sur les stress abiotiques

1. Définition

Le stress dans son aspect physique ; est une contrainte qui peut se résumer à une ou plusieurs force(s) de déformations appliquée(s) à un corps. Cette contrainte modifie les dimensions et la forme du corps exposé traduisant sa tension intérieure(LEVITT, 1980).

Par analogie à la physiologie des plantes, une contrainte environnementale provoquerait une tension interne chez l'organisme exposé. Le niveau de tension interne (stress) perçu par la plante, dépendra de la résistance de l'organisme au type et à l'intensité du stress ainsi qu'à la durée d'exposition. En effet, si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme (LEVITT, 1980 ; LICHENTHALER, 1996 ; MUNNS R, 2002).

2. Différents facteurs du stress

2.1. La sécheresse

En agriculture, elle est définie comme un déficit marqué et soutenu des précipitations qui réduit significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (MCKEY, 1985 in BOOTSMA et al., 1996).

Selon l'U.N.E.S.C.O (1995), la sécheresse est une condition climatique régnant dans une région géographique où les précipitations sont très nettement inférieures aux valeurs habituellement escomptées. Elle est principalement déterminée par la durée, tandis que l'aridité est principalement déterminée par l'emplacement.

La sécheresse peut être considérée comme un catalyseur de la désertification car elle affecte la structure du sol et provoque des changements dans la végétation. Le passage contrasté d'épisodes de sécheresse et de pluies diluviennes, fragilise la structure du sol, accélère l'érosion et favorise le processus de désertification (REQUIER-DES JARDINS et CARON, 2005).

Selon N.C.A.R. (2005), des travaux récents démontrent que le phénomène de la sécheresse progresse largement et se répand à la surface du globe. La surface frappée par cette contrainte a plus que doublé dans les trente dernières années (ABBAD et al., 2004).

La sécheresse affecte l'état des végétaux et se traduit par un ralentissement de l'activité photosynthétique de la végétation entraînant une diminution de la production

notamment pour les cultures et les fourrages (SEEMAN et CRITCHLEY, 1985 ; EL JAAFRI et PAUL, 1993).

2.2. Le stress hydrique

Ce stress hydrique résulte d'une période de sécheresse plus ou moins prolongée et pendant laquelle le déficit hydrique augmente progressivement. La sécheresse débute avec une période climatique suffisamment sèche et prolongée qui provoque des dommages au gazon et une pénurie de l'approvisionnement en eau. Dans ce cas, la balance est déficitaire entre, d'une part, la consommation d'eau par les plantes, et d'autre part, la fourniture par le sol. Différentes étapes et "symptômes " traduisent le comportement des plantes soumises à un stress hydrique.

2.3. La salinité

De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23% sont affectés par des problèmes de salinité (KEREN, 2000). Les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares(FAO 1997). Les plus vastes étendues de sols affectés par l'excès de sel se trouvent en Autriche (25-30%) et sur le territoire de l'ex URSS (LEVY, 2000).

En Afrique du nord, la salinisation affecte surtout les régions irriguées et les parties basses sujettes à des taux d'évaporation importants. Dans ces régions, il existe un risque important de salinisation des nappes (CONACHER et *al.* 1998).

En Algérie, des Sebkhass et des Chotts couvrent plusieurs milliers d'hectares, là où il y a moins d'un siècle étaient encore cultivés les pistachiers de l'Atlas.

De toute façon, sauf le cas particulier des sols salés par l'eau de mer, qui existe en bordures des côtes en tous climats. Les sols salins sont des sols de régions à climat sec : une humidité suffisante du climat suffit, en effet, à dessaler les nappes, ou à éliminer par lessivage le sodium libéré par l'altération des roches. La plupart des sols salins sont donc des sols intra zonaux, situés soit dans les régions steppiques soit en bordure de mer en climat plus humide (DUCHAUFOR, 1980).

La présence naturelle de sels tel que NaCl, NaSO₄, CaCl₂ sur d'importantes surfaces du globe contribue de manière remarquable à la salinisation des sols arables et exerce un

effet dépressif sur la croissance des plantes, à partir d'un certain seuil, qui varie d'une espèce à l'autre (GRENWAY and ASMOND, 1972 ; HAMZA, 1977 ; EPSTEIN, 1985 ; LE HOUEROU, 1986 ; LOPEZ, 1996).

3. La salinité en Algérie

Le problème de la salinité en Algérie s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran. L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé des problèmes de pollution et de dégradation du sol (MORSLI, 2007).

Les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres en Algérie sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations (DAOUD et HALITIM, 1994 ; SAIDI, 2004).

En Algérie, il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Toutefois il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres.

Une campagne menée en 1997 pour la mesure du niveau de salinité des terres en Bas Chélif sur une étendue de 40 000 hectares a montré que près de 11 000 ha (soit 27% de la surface étudiée) sont affectés par un degré de salinité de plus de 8 ds/m (INSID, 2008).

Le tableau suivant montre le pourcentage des terres agricoles touchées par la salinité dans quelques wilayas.

Tableau 1 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas.

Wilaya	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité de la S.A.U en (ha)	% de la S.A.U affecté par la salinité
Ouargla	17390	9850	56.64
Bechar	13250	2249	16.97
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Tébessa	231750	13000	5.61
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchela	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Mostaganem	131730	1977	1.50
Cheliff	188620	1490	0.79

(MADR, 1998)

3.1. Origine de la salinité

La salinité des sols se résume, d'une part, par la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, et, d'autre part, par la salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques en particulier à l'irrigation mal conduite dans certaines zones agricoles (EPSTEIN, 1985; LE HOUEROU, 1986; FRANCHIS et IBANEZ, 2003).

Selon SLAMA (2004), la salinité a plusieurs origines, parmi elles on a :

- **La roche mère** : les matériaux qui forment les assises géologiques du sol renferment des quantités plus ou moins importantes de sels solubles. L'eau en passant au contact de ces roches s'enrichit en sels, les transporte et les répand avec le temps.
- **La nappe phréatique** : la nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de la surface du sol par la remontée capillaire.
- **La minéralisation de la matière organique** : comme tout amendement organique, le fumier lors de son application peut augmenter la salinité du sol. La qualité du fumier et son pouvoir salinisant varient avec l'espèce animale.

- **Les engrais minéraux** : les engrais minéraux influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées.
- **Les produits de traitement** : les produits de traitement de la terre et des plantes agissent aussi sur la salinité du sol.

LAHLOU *et al.*, (2002), ajoutent que dans les zones arides et semi-arides, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole car la présence des sels solubles dans l'eau d'irrigation et le pouvoir évaporateur de l'air conduisent souvent à la salinisation des sols irrigués. En effet, l'eau d'irrigation chargée est la principale source de salinisation des sols.

3.2. Les eaux salines

Au Maghreb plus de 30% des eaux destinées à l'irrigation sont chargées en sel, et elles induisent, à la longue, une accumulation de toxines aussi bien dans la rhizosphère que dans les différentes parties de la plante (RAHMOUNE *et al.*, 2008).

Il est connu que sous un climat semi-aride, le recours à l'irrigation est inévitable pour la plupart des cultures. Cependant l'irrigation avec des eaux riches en sels peut entraîner la fixation de sodium par le complexe adsorbant du sol, donc un processus de salinisation, avec ses conséquences éventuelles pour les propriétés du sol tels que la tendance à la dispersion des argiles, à la dégradation de la structure, à la perte de perméabilité et à l'asphyxie des plantes.

Ainsi les pratiques d'irrigation accroissent le risque de salinisation, au point que plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par un problème de salinité en Algérie (DOUAOUI et HARTANI, 2007).

L'eau d'irrigation inclut toujours une certaine quantité de substances dissoutes. Ces sels sont issus de la désagrégation des roches par l'eau, le gypse et d'autres sources de sels sont dissous avec le temps, menant à des degrés variables de salinité dans l'eau d'irrigation (MILLER et DONAHUE, 1995).

3.2.1. Classification des eaux salines

Tableau 3 : Classification des eaux salées.

Classe d'eau	CE (dS/m)	Concentration en sel (mg/l)	Types d'eau
Non salée	<0,7	<500	L'eau potable et d'irrigation
Légèrement salée	0,7 – 2	500 – 1500	L'eau d'irrigation
Modérément salée	2 – 10	1500 – 7000	L'eau de drainage primaire et de la nappe phréatique

Fortement salée	10 – 25	7000 – 15000	L'eau de drainage secondaire et de la nappe phréatique
Très salée	25 – 45	15000 – 35000	Nappe phréatique très salée
Extrêmement salée	>45	>45000	L'eau de mer

(RHOADES *et al.*, 1992 in MAILLARD, 2001)

3.3. Les différents types de stress

Parmi ces contraintes environnementales on peut distinguer suivant leur nature

3.3.1. Stress ionique

Lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en (N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B...) peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes. Un excès de minéraux (Al, Na, Cl...) peut avoir des effets toxiques (MONNEVEUX et THIS, 1997). La présence du sel dans les sols est l'un des problèmes majeurs affectant les continents. La salinité couvrant de larges superficies est amplifiée par le manque d'eau (ABBAD *et al.*, 2004).

3.3.2. Stress hydrique

Les stress hydriques du sol doivent être décomposés en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Les stress hydriques de l'atmosphère définis comme des réductions de l'humidité relative de l'air, entraînant des modifications du pouvoir évaporant et de la transpiration foliaire.

L'eau joue un rôle dominant sur les phénomènes de croissance et de développement. Un stress hydrique peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le bilan entre la disponibilité et les besoins (BEZZALA, 2005). Il induit, chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau et une réduction significative de la production de la biomasse totale (KRAMER, 1980 ; ALBOUCHI *et al.*, 2000). Concomitante à une réduction de la croissance en diamètre et en hauteur des tiges (AUSSENAC *et al.*, 1984 ; VAN HEES, 1997 ; THOMAS et GAUSLING, 2000). De même, le niveau d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées (LEDIG, 1981). Liée à la complémentarité des fonctions de croissance des parties racinaires et aériennes. Souvent, la réponse d'une plante soumise à un assèchement du sol se traduit par une allocation préférentielle de biomasse vers les racines exprimée par une augmentation du rapport en matière sèche entre la partie souterraine et la partie aérienne (ALBOUCHI *et al.*, 2003).

Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence, l'abscission des feuilles de la base et le flétrissement. Les feuilles nouvellement formées, montrent une réduction de leur surface (DE BEAKE *et al.*, 1996). En situation de déficit hydrique, la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau (TARDIEU et DREYER, 1997). Cette fermeture va entraîner des modifications physiologiques, morphologiques, et phénologiques. L'entrée du CO₂ est également limitée lors de cette fermeture, entraînant une perturbation de l'activité photosynthétique. La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée à être dissipée par la transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire. Le stress hydrique a ainsi un effet direct sur la température de la végétation. Selon son intensité et son apparition dans le développement de la plante, le stress hydrique peut entraîner ou non une perte de la qualité et du rendement dans la production agricole par la modification de la mise en place des capteurs photosynthétiques, la répartition des assimilés entre les différents organes (tiges, feuilles et graines) et l'accumulation des composés majeurs (lipides, protéines, glucides) (INRAA, 2002).

Les paramètres biophysiques et physiologiques de la plante (photosynthèse, conductance stomatique, teneur en chlorophylle, potentiel hydrique...), du fait de leur relation avec le statut hydrique peuvent être des paramètres indicateurs de l'état hydrique des plantes stressées (SLAMA *et al.*, 2005).

3.3.3. Stress thermique

En réalité les contraintes environnementales subies par la plante associent le plus souvent, plusieurs types de stress (LU *et al.*, 2003). La salinité par exemple, comprend des stress ioniques (toxicité, des ions Na⁺ et Cl⁻) et osmotiques ; la sécheresse distinctement visible par l'effet des basses températures, gélives ou non gélives, et les hautes températures. Elle recouvre souvent à la fois des stress thermiques et hydriques (ces derniers induisent des stress ioniques) (BELHASEN *et al.*, 1995).

3.4. Mécanismes d'adaptation au stress

ARNHOLDT et SCHMITT (2004), soulignent que sous la contrainte d'une force, un organisme vivant est capable de s'adapter. Ils signalent deux types d'adaptation :

L'adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation), elle inhibe la croissance et ainsi tous dommages irréversibles éventuels jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

L'adaptation élastique (ou capacité d'adaptation), elle concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress. Si l'adaptation est élastique, elle engendre des stratégies de résistance particulières.

LEVITT (1980) signale l'existence de deux stratégies de résistance : la résistance par exclusion, souvent réduite au terme de résistance. L'organisme inhibe ou réduit la pénétration de la sève dans ses tissus. L'organisme augmente ainsi le niveau de stress nécessaire pour un même niveau de tension interne. La résistance par tolérance inclusion souvent réduit en termes de tolérance. L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de blessures irréversibles tout en poursuivant sa croissance. L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress.

3.4.1. Aptitude à échapper au stress

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress. Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le décalage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (SLAMA *et al.*, 2005).

3.4.2. Aptitude à résister au stress

Deux mécanismes sont possibles : l'un correspond aux stratégies d'évitement, l'autre à des stratégies de tolérance au stress. Dans le premier cas, les mécanismes mis en œuvre sont le plus souvent intégrés à l'échelle de la plante entière. Dans le second, les mécanismes impliqués assurent le maintien de l'intégrité du fonctionnement des structures cellulaires. Il s'agit alors de la tolérance protoplasmique au stress. Les stratégies d'évitement et de tolérance ne s'excluent pas au sein d'un même végétal. Le plus souvent ils cohabitent (TESTER et DAVENPORT, 2003).

3.4.3. Mécanismes d'évitement

3.4.3.1. Adaptation morphologique

L'effet du stress peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et /ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés (SLAMA, 1996).

3.4.3.2. Fonctionnement stomatique

ERCHIDI *et al.* (2000) et SLAMA (2002), annoncent que la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide. Les mêmes auteurs ont constaté que les variétés ayant une conductance et une densité stomatique élevées sont plus résistantes au stress. D'autres parts, divers auteurs attribuent le mécanisme de fermeture des stomates à un contrôle hormonal (BEZZALA, 2005).

TAZI *et al.* (2003), informent que la fermeture stomatique et une forme d'adaptation de la partie aérienne, induisant à une réduction de la surface transpirante. Cependant, ALBOUCHI *et al.* (2003), attribut la réduction du fonctionnement stomatique à l'extension racinaire

Le maintien de cette quantité d'eau permet ainsi de conserver la turgescence nécessaire à la croissance (TESTER et DAVENPORT, 2003).

3.5. Le stress salin

Les terrains salés sont fréquents au Maghreb, aussi bien en situation littorale que continentale, (les chotts, sebkhas) leur végétation est encore relativement en bon état même s'ils constituent des pâturages très appréciés par les ovins et les camelins. Leurs structures s'organisent en fonction de la teneur en sel du sol (QUEZEL, 2000). L'existence d'une crise de salinité est actuellement un fait en méditerranée (JEBARA *et al.*, 2000 ; BELKHODJA et BIDAI, 2004). De nos jours la salinité affecte plus de 100 pays du monde, ou beaucoup de régions sont touchées par la salinisation à cause de mauvaises pratiques d'irrigation (HILLEL, 2005). Selon MARTINEZ BERTIAN et MANZUR (2005), tous les sols affectés par la salinité et la sodicité, étaient de 831 millions d'hectares en 2000.

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance, et le développement des plantes (AJMAL KHAN, 2000 ; GARG *et al.*, 2002). Les solutions salines des sols font subir aux plantes deux types de stress : stress osmotique et stress ionique. Ces stress peuvent être distingués à plusieurs niveaux. Chez les plantes sensibles au sel, les parties aériennes et à moindre degré la croissance des racines est réduite dans les heures qui suivent le stress salin. Cet effet ne semble pas dépendre de la concentration des ions Na^+ dans les tissus en croissance, mais c'est plutôt une réponse à l'osmolarité de la solution externe (MUNNS, 2000). Les contraintes dues à l'accumulation spécifique de Na^+ dans les tissus des feuilles se caractérisent par la nécrose des feuilles les plus anciennes, commençant au bout de celles-ci et les marges, puis continuent vers la partie basale de la feuille. Les effets

spécifiques du Na^+ s'ajoutent à l'effet osmotique du NaCl, et montrent une plus grande variation chez les espèces végétales que l'effet osmotique seul (MUNNS, 2002)

Quelques effets de hautes concentrations en NaCl du sol, sont également le résultat de la déficience d'autres éléments nutritifs (SILBERBUSH et BEN-ASHER, 2001), ou des interactions avec d'autres facteurs environnementaux, tels que la sécheresse, qui aggrave les problèmes de toxicité au Na^+ . Il est rapporté aussi que les insuffisances nutritives peuvent se produire, car aux taux élevés, l'ion Na^+ empêche l'absorption d'autres éléments. Cet effet est dû à l'interférence des transporteurs, au niveau de la membrane plasmique des racines, comme les canaux sélectifs de l'ion K^+ . L'inhibition de la croissance des racines par l'effet osmotique de l'ion Na^+ est en raison des effets néfastes de l'ion Na^+ sur la structure du sol (TESTER, 2003). Ainsi, l'absorption d'eau, la croissance, la nutrition minérale, et la multiplication des microorganismes du sol, peut être inhibée.

3.5.1. Halophytes et glycophytes

Le terme halophyte (du grec «halo»: sel et «phyt(o)»: plante) définit un organisme qui vit, croit, et se reproduit naturellement dans un milieu salin alors qu'une glycophyte (du grec «glyco»: sucré) ne peut croître en milieu salin. La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de Na, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de sel alors qu'une plante halophyte facultative se développera normalement dans des conditions non stressantes. A l'inverse, une plante glycophyte obligatoire ne se développera jamais en présence d'un excès de sel (LEVITT, 1980; TESTER et DAVENPORT, 2003).

Certaines halophytes peuvent accumuler des quantités exagérées de NaCl dans la partie aérienne. Cette tendance est associée aux halophytes dicotylédones, ou il est utilisé comme osmoticum. Ces plantes peuvent maintenir aussi un taux élevé du rapport Na^+/K^+ . Cela est dû au fait qu'ils stockent les ions Na^+ dans la vacuole, et exigent relativement une faible quantité des ions K^+ pour le métabolisme cytosolique. Tandis que les monocotylédones peuvent avoir moins de capacités de stockage, exigent plus d'ions K^+ et des osmoticums compatibles (GLENN, 1999).

3.5.2. Effet du stress salin sur la plante

3.5.2.1. Sur la germination

La germination des graines qu'elles soient halophiles ou glycophiles, est affectée par la salinité (DEBEZ, 2001). Les concentrations élevées du sel empêchent la germination d'*Arabidopsis thaliana* (WERNER et FENKLSTEIN, 1995 ; ZHU, 2000). D'après Askri *et*

al. (2007), au stade de germination des graines de pastèque (*Citrulluslatanus*) mises à germer dans des solutions salines de NaCl allant de (0,50, 100, 150 et 200mM) ont montré qu'à 50 et 100 mM il y a respectivement une réduction de la vitesse de germination et de la capacité germinative. Une autre étude faite sur les graines d'artichaut, a montré que plus de 50% des graines irriguées avec des solutions salines sont mortes 4 à 5 jours après l'émergence de la racine (MAUROMICALE et LICANDRO, 2002). Même chez les halophytes, la germination est affectée par la salinité. Elle empêche l'absorption de l'eau (effet osmotique), dans quelques cas, c'est dû à un effet ionique. Quand le stress salin est levé et que la germination est remise dans des conditions normales, les graines reprennent leurs activités (DUAN *et al.*, 2004). Les graines d'*Atriplexhalimus* L. sont sensibles au NaCl, même s'il existe une variabilité dans la réponse au stress selon les provenances des graines. Elle est ralentie à partir de 10g.L⁻¹ de NaCl, et d'avantage inhibée à des concentrations plus élevées. C'est une inhibition d'origine osmotique qui empêche l'imbibition des graines (DEBEZ *et al.*, 2001).

3.5.2.2. Sur la plante entière

Le NaCl provoque la réduction de la croissance et du développement des plantes (Yang *et al.*, 2005). Il a un effet même sur la morphologie des plantes (WANG *et al.*, 2001). En général c'est la partie aérienne qui souffre de diminution (ABBAD *et al.*, 2004). Chez *Atriplexhalimus* L; les mêmes auteurs pensent que cela et sans doute dû à la mauvaise absorption de l'eau. Chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), la présence du sel dans l'eau d'irrigation provoque la réduction du diamètre des tubercules, la diminution du nombre des yeux par tubercule, et fissuration de l'épiderme du tubercule (HANNASHI *et al.*, 2004).

3.5.2.3. Sur les paramètres de croissance

Le stress salin a une grande influence sur la croissance des végétaux. La feuille est le premier organe qui répond à ce stress par une réduction de la taille (SIBOLE *et al.*, 2003). L'eau saline empêche la croissance des plantes par un effet osmotique, qui réduit leur capacité à puiser l'eau et par l'excès d'ions nuisibles qui s'accumulent dans les cellules (MUNNS, 2002 et; 2005).

Chez la betterave sucrière, après un arrosage avec 200mM de NaCl, elle perd 20% de son poids sec, alors que le coton perd jusqu'à 60% de son poids sec par rapport au témoin (MUNNS, 2002). Par contre chez *Daucus carota* L. une diminution de 15% et 37% de biomasse est enregistrée avec des salinités respectives de 40 et 80 mM de NaCl (GIBBERD *et al.*, 2002). L'orge (*Hordeumvulgare*), considéré comme tolérant au sel, chute de 55% à

58% au niveau de la biomasse quand il est arrosé avec 150mM de NaCl(GARTHWAITE *et al.*, 2005).

3.5.2.4.Sur les paramètres hydriques

Le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (FRICKE et PETERS, HASEGAWA *et al.*, 2000, 2000 et 2002). Le stress salin réduit le contenu relatif en eau des feuilles (ALBOUCHI *et al.*, 2003), il diminue la transpiration (RENGASAMY, 2006), l'absorption hydrique par les racines, ce fait a été établi chez des plantes de résistance différentes (SNOUSSI *et al.*, 2004).

3.5.2.5. Sur la biochimie de la plante

Certaines molécules, comme les sucres solubles, jouent un rôle osmotique dans le cytoplasme en condition de stress salin. Les états de haute salinité induisent un changement de métabolisme des sucres dans les tissus végétaux en réponse aux stress osmotiques (WANG *et al.*, 2000 ; KAWAZAKI *et al.*, 2001 ; SEKI *et al.*, 2002, JOUVE *et al.*, 2004). Ces composés jouent un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante. Ils sont accumulés dans la vacuole ou transférés vers les organes puits (CHUNYANG et KAIYUAN ; 2003). AIT HDADOU *et al.* (2002), rapportent que des agrumes âgés de dix-huit mois arrosés avec des solutions nutritifs additionnées de 25, 35 et 70mM de NaCl durant deux mois, ont vu leur taux en sucre soluble augmenter.

3.5.2.6. Sur l'anatomie de la plante

Le sel peut provoquer la modification du nombre de stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes (LEVIGNEREON *et al.*, 1995). Au niveau cellulaire des études microscopiques indiquent que lors d'un stress les cellules augmentent de volume (la vacuole prend 90% du volume cellulaire) (WANG *et al.*, 2001). Chaque compartiment au niveau des feuilles possède ses propres propriétés hydriques, selon le diamètre des tubes du xylème et la perméabilité à l'eau (NARDINI et SALLO; 2005). *Atriplex halimus L.* possède la particularité de présenter au sein du mésophyle une gaine périvasculaire autour des vaisseaux conducteurs (HELLER *et al.*, 1998), son anatomie est associée à la voie photosynthétique empruntée (SMAIL SAADOUN *et al.*, 2005).

Quelques notions sur la technique hydroponique

1. Définition

Le Petit Robert de la langue française (2013) définit la culture hydroponique comme la culture de plantes terrestres réalisée à l'aide de substances nutritives, sans le support d'un sol.

Le principal objectif visé par la pratique des cultures hydroponiques est de remédier aux conditions aléatoires de la nutrition dans le sol et ceci par l'utilisation d'une solution nutritive contenant toutes les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la croissance et au développement d'une plante (SNOUSSI, 1980).

Ce support solide inerte n'est pas indispensable puisque plusieurs technologies sans substrat sont parfaitement fonctionnelles, même dans le cadre d'applications agricoles.

De plus, un autre désagrément possible provient du fait que ces substrats ne sont pas toujours chimiquement inertes : ils peuvent alors fixer ou relâcher certains éléments minéraux, modifiant de ce fait la composition de la solution nutritive.

Or, dans la pratique horticole, les cultures hors sol avec substrat constituent de loin le système le plus répandu, notamment pour leur efficacité pour assurer l'oxygénation des racines (W. TEXIER, 2013).

2. Composantes du système hydroponique

Un système de production hors sol se définit par les composantes suivantes :

- La nature de la plante cultivée.
 - La nature de substrat et de conteneurs.
 - La technique utilisée.
 - Le système de distribution de la solution nutritive et son mode de conduite.
- (VILAN, 1987)

Le pH influence la disponibilité d'absorption de certains éléments par la plante. Pour la culture du haricot hors-sol, le pH idéal est de 5.8 (Guérineau et *al.* 2003). Les matériaux utilisés dans la composition des substrats de culture ont tous des pH différents ; qui ne correspondent pas toujours aux valeurs ciblées pour les cultures hors-sols. C'est pourquoi il est important d'ajuster le pH d'un substrat avant son utilisation.

3. Conteneurs

Ce sont des récipients qui contiennent la plante et le substrat, et les isolent du sol (ZUANG et MUSARD, 1987 in GUIRRA.2006).

En général, les conteneurs sont de matière plastique, chimiquement inerte, étanche, durable et dont la mise en place doit être facile(BOUTAHRAOUI, 1984).

Les formes et les dimensions des conteneurs sont adaptées au type de substrat à une culture ou un groupe de culture mais aussi à la parcelle ou à l'abri (ZUANG, 1982 et BENADEL, 2005).

4. Solution nutritive

L'alimentation en eau et la nutrition minérale doivent être envisagées ensemble. Leur apport est assuré sous forme de solution nutritive contenant tous les éléments nutritifs nécessaires à la plante à des doses suffisantes et à des proportions relativement convenables afin de répondre aux besoins nutritionnels des végétaux (BLANC, 1987).

L'absence ou le manque d'un élément minéral est visible sur la plante par des symptômes de carence, dont les manifestations les plus communes sont un jaunissement du feuillage (chlorose), le dessèchement et la mort des tissus ou la déformation des feuilles (CHOUARD, 1952 in GUIRRA, 2006). A l'inverse, selon GILBERTO (2013), l'excès d'un minéral peut engendrer des phénomènes de toxicité dont les manifestations sont visibles aussi sur les plantes. Le surdosage d'engrais entraîne aussi des carences nutritives. Par exemple, un excès de potassium va limiter l'absorption du calcium. Ce sont les phénomènes d'antagonismes.

4.1 Influence de la solution nutritive sur la croissance et la nutrition minérale des végétaux

La croissance et le développement des végétaux en culture hors sol nécessitent en permanence une bonne synchronisation entre les besoins des végétaux en éléments minéraux et leur fourniture par la solution nutritive. Dans ce système de culture, la composition de cette solution nutritive est une composante fondamentale du rendement et de la qualité des productions puisqu'elle constitue le seul vecteur de l'alimentation hydrominérale des plantes. Or, la formulation des solutions nutritives reste encore largement empirique. Il en résulte un grand nombre de formule, vraisemblablement plus

d'une centaine. Certains sont adaptées à une espèce végétale, d'autres sont plus polyvalentes (MORARD, 1995).

5. Importance de la gestion de l'eau d'irrigation

A l'échelle mondiale, la gestion de l'eau est devenue un enjeu très important. Tous s'accordent pour dire que l'avenir de l'agriculture passe par une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. La FAO croit que dans le futur, la fertigation, l'irrigation de déficit, la réutilisation des eaux usées et l'irrigation de précision seront des éléments-clés pour les systèmes d'irrigation (COLLETTE et *al*, 2011).

Etude de la plante test : le haricot

1. Origine et répartition géographique du haricot commun

Le haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique. Il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale. En Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

Phaseolus vulgaris L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (PERON, 2006).

D'après PERON (2006), des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Espagne et *P. vulgaris* se diffusa ensuite en France. Les gousses immatures ne tardèrent pas à devenir un légume apprécié en Europe.

Le haricot se trouve dans tous les pays d'Afrique tropicale. Il est davantage apprécié dans les pays francophones qu'anglophones, davantage dans les zones urbaines que rurales, plutôt dans les hautes terres que dans les basses terres et en saison fraîche plutôt qu'en saison chaude (GENTRY, 1969).

2. Haricot dans le monde

2.1. Répartition géographique

Durant la période allant de 1994 à 2004 la production mondiale de haricot sec a connu des fluctuations mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production variée d'un plancher de 15,5 millions de tonnes à un sommet de 18,9 millions de tonnes (FAO, 2004 *in* KASSEMI, 2006)

En 2006, la production mondiale du haricot, selon les statistiques publiées par la F.A.O., s'est élevée à 28,6 millions de tonnes, dont 19,6 de haricots secs (68%), 6,4 de haricots frais (22%) et 2,6 de haricots verts (9%). En 2002, ces chiffres étaient respectivement de 25,7, 18,3, 5,7 et 1,7 millions de tonnes. Entre 1961 et 2006, la production totale de haricots a doublé passant de 14,4 à 28,6 millions de tonnes, progressant assez régulièrement au taux de 1,5% par an.

3. Haricot en Algérie

Le haricot est une plante cultivée dans tout le territoire Algérien. Le haricot est placé en 13^{ème} position des cultures maraîchères, soit 2,16% de la production totale. Parmi les légumes, le haricot occupe la 3^{ème} position par une surface de 14,57% et ce par rapport à la superficie totale réservée au maraîchage. Selon le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R.), l'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des Légumineuses. La production moyenne pour l'Algérie a été estimée à 0,72 t/ha avec une surface totale d'environ 1616 hectares en 2009.

3. Position systématique

Le haricot, *P. vulgaris* L., appartient à la tribu des *Phaseolus* dont le nombre Chromosomique est $2n = 22$ (CHAUX et FOURY, 1994). Est une plante annuelle à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours (PERON, 2006). Selon GUIGNARD (1998), la position systématique du haricot est la suivante :

- Règne :.....Végétal.
- Embranchement :.....Spermaphytes.
- Sous embranchement :.....Angiospermes.
- Classe :.....Dicotylédones.
- Ordre :.....Fabales.
- Famille :Fabacées.
- Genre :*Phaseolus*
- Espèce :*Phaseolus vulgaris* L.

4. Intérêt agronomique

Les cultures de Légumineuses (plantes capables de fixer l'azote de l'air) permettent d'enrichir le sol en azote. Le haricot fait partie du groupe des cultures capables de fixer et d'utiliser l'azote atmosphérique grâce au *Rhizobium* situé dans les nodosités (BALON et KIMON, 1985 ; DOUCET, 1992 et ROLAND, 2002).

Les éléments nutritifs sont rendus disponibles pour les plantes par la minéralisation des matières organiques dans le sol, ce qui explique l'importance accordée par les cultures de Légumineuses à la vie biologique dans les sols (micro- organismes, vers de terre, racines).

Dans les sols très pauvres en azote, telles que les zones tropicale, les Légumineuses peuvent être efficaces comme alternative à la fertilisation notamment dans les pays en voie de développement (ROLAND, 2002).

5. Description morphologique et botanique du haricot

L'espèce *P. vulgaris* L., est une plante annuel herbacée à croissance déterminée ou indéterminée, à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours (PERON, 2006). C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines, formant ensemble l'appareil végétatif tandis que les deux organes qui sont le fruit et la fleur forment ensemble l'appareil reproducteur.

La plante est généralement à une racine pivotante mais peu après des racines adventives se développent sur toute la racine principale, qui présentent des renflements ou nodosités. Elles sont le siège de phénomènes de nodulation par symbiose avec une bactérie du genre *Rhizobium* qui peut fixer l'azote atmosphérique et fournir de l'ammonium (GUIGNARD, 1998).

A l'issue de la germination épigée, il y a formation de deux feuilles opposée s'appelées feuilles primaires simples et s'attachent face à face sur la tige puis des feuilles trifoliées à folioles cordifonnes, disposées d'une façon alterne (Fig. 1b). Les fleurs sont Portées en grappes axillaires et terminales. Elles sont zygomorphes composées de deux pétales en carène, deux pétales latéraux ailés et un pétale standard disposé extérieurement. La fleur contient dix étamines et un sac ovarien multiple (Fig. 1a). Dans la plupart des cas, la Fleur réalise une autofécondation et développe un fruit ou gousse droit ou légèrement courbé. Ces fleurs peuvent être blanches, roses Ou violettes (souvent, rouges chez *P. coccineus*) (CHAUX et FOURY, 1994).

Selon GUIGNARD (1998), les gousses sont allongées, leur couleur varie selon les cultivars, du vert pâle ou du jaune au vert foncé (Fig. 1c). Elles sont parfois tachées de couleurs diverses à maturité et peuvent être renforcés par des fibres ligneuses formant un parchemin sur les côtés.

Les graines, sans albumen, sont riches en protéines et en glucides. Elles sont réniformes, arrondies à ovales plus ou moins allongées (Fig. 1d). Le tégument peut être noir, blanc ou revêtis de différentes nuances de jaune, brun, rouge, ou rose selon les variétés (CHAUX et FOURY, 1994).

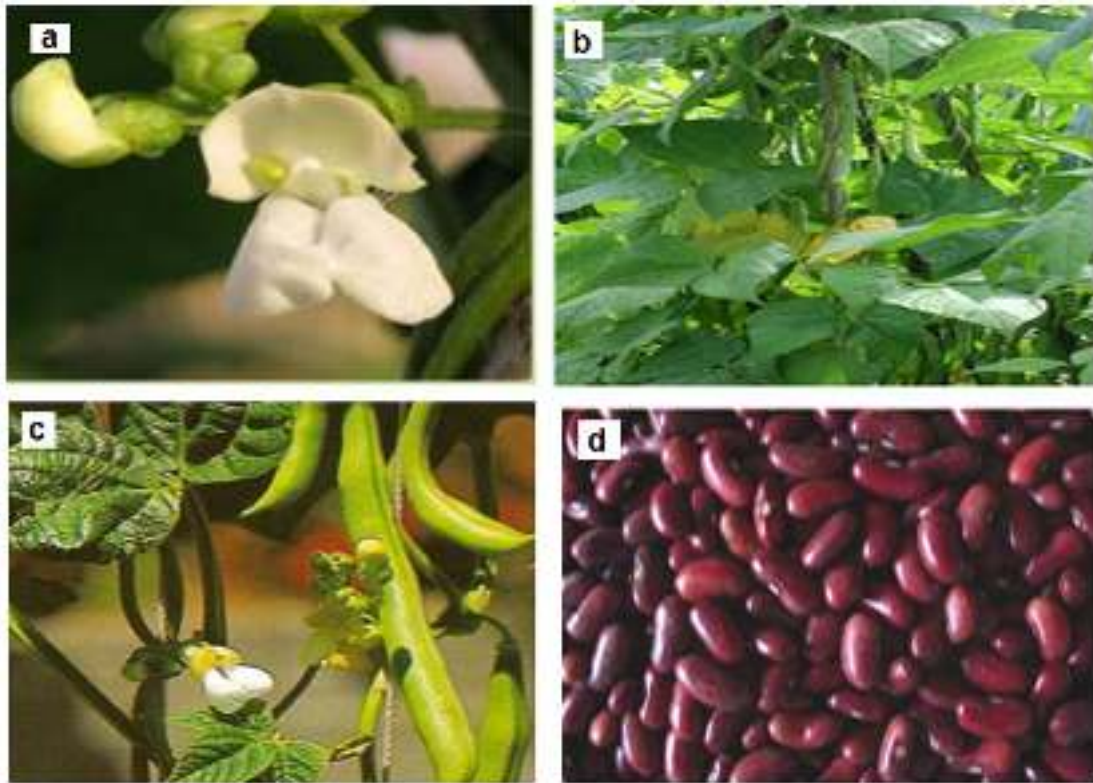


Figure 1 : Appareils végétatif et reproducteur du Haricot

(a) Fleur, (b) Feuilles, (c) Gousses, (d) Graines

6. Valeur alimentaire

Phaseolus vulgaris L., est une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement et d'une source importante de fer, de zinc et de fibres (DURANTE et GIUS, 1997 in BAYUELO-JIMENEZ *et al.*, 2002). Quant au secteur de culture, le haricot représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (AYDINETAL, 1997).

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les milieux ruraux. Il constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (SILUE *et al.*, 2010).

L'alimentation quotidienne de chaque individu doit lui apporter une quantité suffisante des différents macronutriments (protéine, lipide et glucide) et micronutriments (vitamines, sels minéraux...) pour assurer la couverture de l'ensemble de ses besoins. La valeur alimentaire des graines de légumineuses dépend de leur composition chimique et principalement de la teneur et de la qualité de leur protéine brute (DEMOL, 2002).

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour la couverture des besoins alimentaire en protéines pour les populations des pays, qui compense le manque de source de protéines animales pour une grande partie de la population (NYABYENDA, 2005) .

La teneur en protéine de la plupart des graines des légumineuses est de 20à 25% du poids sec, celle du haricot renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. En outre elles possèdent des minéraux importants comme le fer, le calcium et des vitamines. Leur teneur élevée en amidon qui donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle de blé (HUIGNARD *et al.*, 2011).

Tableau 3 : Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de *Phaseolus vulgaris* (SINHA et WATTERS ,1980 ; ISERIN ,1997)

Légumineuse	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Calories
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20-27	1-2	60-65	4-5	341

Matières Minérale	Eau
4-5	11

7. Exigences de la plante

7.1. Exigences climatiques

7.1.1. Température

D'après PERON (2006), les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimum pour sa culture est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°C et la germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C mais les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs (CHAUX, 1972). Selon LAUMONIER (1979), le haricot est une plante très sensible à l'influence de la température. Cette sensibilité varie selon les variétés.

7.1.2. Lumière et humidité

La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une insuffisance en lumière entraîne l'avortement des fleurs (PERON, 2006). La croissance et la fructification demande seulement 2400 Lux (MASS, 1986).

Pour ce qui est de l'humidité Le haricot exige autant en humidité de l'air que du sol pendant sa végétation (KOLEV, 1976).

7.2. Exigences hydriques

L'eau est un facteur très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (LAUMONNIER, 1979). Selon BESAPLAY (1984), le haricot exige beaucoup d'eau notamment pendant la floraison et la formation des gousses. L'insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement, diminue considérablement le rendement, et l'excès d'eau allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques telle que l'anthracnose.

7.3. Exigences édaphiques

Généralement le haricot se développe sur des substrats fertiles à pH neutre ou légèrement alcalin compris entre 6,5 à 7,5 (KHACHANI, 1981). Il préfère bien les sols à texture moyenne sableux humifères et siliceux-argilo, peu profonds et bien approvisionnés en eau et en sels minéraux, et craint les terres battantes, sèches et pauvres (HAMZA, 1980).

C'est une espèce très sensible au manque d'eau et à la salinité. Un excès de sel lui est défavorable qui se manifeste par une faible résistance des tissus à la déshydratation initiale (diminution de la capacité de l'absorption de l'eau), la dose létale est de 2,35g NaCl/kg de sol (KHACHANI, 1981).

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité et un bon état sanitaire et de richesse relative (LAUMONNIER, 1979).

8.4. Travaux d'entretien

8.4.1. Binage et buttage

Avant la levée il est bon de prévoir un hersage ou un ameublissement fait à la main en vue de détruire la croute formée à la surface du sol (BIZPALY, 1984).

Deux binages sont pratiqués, le 1^{er} et réalisé quelques jours après la levée et l'autre avant la floraison (PERON, 2006).

8.4.2. Désherbage

Le désherbage chimique du haricot est valable mais il demande de la prudence et de l'expérience. Le comportement des variétés et aussi des saisons de mise en culture étant fort variables (LAUMONNIER, 1979).

8.4.3. Arrosage

Les arrosages distribués par aspersion sont à exécuter le soir pour écarter tout risque de grillage du feuillage (LAUMONNIER, 1979).

8.4.4. Tuteurage

Le palissage concerne seulement les variétés à rames qui ont besoin d'être tuteurés pour le soutien des pousses, qui atteignent 1,80 m. Les bambous, piquets, ficelles, fil de fer, grillage sont utilisés pour le tuteurage (DOOREMBOS, 1980).

Ça consiste à placer une ficelle par poquet ou placer des roseaux sous forme de chapelle ou en faisceau. Au départ de la pousse du haricot, montrez-lui le chemin à suivre en enrollant la tige sur le support.

Les faisceaux de roseaux peuvent conduire à un manque d'aération et à une difficulté dans la cueillette (POLESE, 2006).

8.4.5. Aération

Elle a pour objectif de renouveler la serre, d'abaisser la température et le degré hygrométrique quand cela est nécessaire. Ceci permettra d'éliminer les excès d'humidité et de chaleur qui favorisent le développement des maladies Cryptogamiques (SNOUSSI, 2010).

8.5. Récolte

D'après MAPPÀ (2010), la récolte des haricots verts peut réaliser manuellement ou par opération mécanisée.

➤ Récolte manuelle

Pour le calibre « extra fin » (gousse de 12 à 15 cm de long), la récolte se fait par passage tous les deux à trois jours sur une période de quinze jours environ.

Pour la catégorie « mange-tout » (gousse de 18 à 20 cm de long) dans laquelle on distingue deux calibres très fin et fin, la récolte se fait en deux passages sur un temps variable suivant les variétés utilisées.

On considère que le rendement moyen par cueilleur pour la récolte de haricots verts est de 8 à 10 kg/ha.

Récolte mécanique :

Elle est employée pour la conserverie. On utilise deux types de machines : les cueilleuses longitudinales et les cueilleuses frontales.

8.6. Gestion des mauvaises herbes

Pour une gestion efficace des mauvaises herbes la pratique de binage est indispensable car elle permet de briser la croûte du sol (permettre donc une bonne aération du sol) et de supprimer les mauvaises herbes qui se développent autour du plant (SNOUSSI, 2010).

8.7. Les principales maladies et ennemis du haricot

8.7.1. Les maladies

Selon POLESE (2006), par rapport aux autres cultures maraichères, les maladies du haricot sont peu nombreuses.

L'antracnose du haricot

La maladie est provoquée par un champignon qui se perpétue dans les résidus végétaux et dans le sol. Elle se manifeste par des taches brunes, ou noires, sur les feuilles et par des taches rosâtres sur les gousses.

Le traitement est seulement préventif. Il faut ne pas semer les haricots pendant deux années consécutives au même endroit, ni semer des graines de plants contaminés.

Les graisses bactériennes du haricot :

Sont des taches d'abord translucides puis nécrotiques sur les feuilles, lésions graisseuses sur les gousses, ne seront à redouter qu'en année exceptionnellement pluvieuse en mai-juin, et sur des variétés très sensibles.

Pour essayer de stopper une invasion déclarée, des traitements à base de cuivre sont conseillés (pas plus de 2 gde cuivre-métal par litre de bouillie) (MASSIAEN, 2009).

Les maladies sclérotés (*Sclerotinia sclerotiorum*)

C'est une maladie pathogène cause la pourriture blanche, pour le haricot une situation d'humidité persistante au niveau des tiges et une température située entre 15 et 20°C favorisent la propagation de la maladie.

Quatre fongicides peuvent être appliqués pour lutter contre le Sclerotinia : SWITCH (Cyprodinil 37,5% et Fludioxonil 25%), PICTOR PRO (Boscalid 50%), TOPSIN 500 SC (Thiophanate-méthyl 500 g/l) et ROVRA. AF (Iprodione 500g/kg) (HASCOET, 2012).

La rouille du haricot

La rouille du haricot est largement répandue dans le monde. Elle fait son apparition et se développe dans des régions très humides et à des températures de 18 à 25°C. Les symptômes apparaissent sur les faces supérieures et inférieures de la feuille sous forme de taches chlorotiques ou blanches. Une infection grave entraîne la défoliation prématurée de la plante. La rouille ne transmet pas aux graines (ALLEN et al, 1987).

Le virus de la mosaïque commune du haricot (BCMV)

Appelé aussi le virus nécrotique de la mosaïque commune du haricot. Le virus cause deux symptômes différents selon le cultivar et la souche du virus. Les symptômes typiques sur feuilles sont des nervures vert-foncé accompagnées d'un recroquevillement des bords des feuilles. L'agent vecteur du virus c'est le puceron et la lutte par l'utilisation des variétés résistantes par hypersensibilité (ALLEN et al, 1996).

8.7.2. Principaux ennemis nuisibles

Puceron

Ce sont les premiers responsables à la transmission des viroses chez le haricot, on peut lutter avec du pyrimicarbe, en une seule pulvérisation dès l'apparition des premiers pucerons, à condition que la floraison n'ait pas encore débutée (MESSIAEN, 2009).

Mouche des semis

Elle provoque la destruction des plantules au semis. La lutte est préventive par le traitement des semences ou le traitement des sols (PERON, 2006).

Listes des illustrations graphiques

Figure 01 : Appareils végétatif et reproducteur du haricot	42
Figure 02 : Localisation du lieu de l'expérience	51
Figure 03 : Aspect générale des conteneurs	52
Figure 04 : vue générale du dispositif expérimental	53
Figure 05 : présentation du dispositif expérimental	53
Figure 06 : Aspect général des graines en incubation	55
Figure 07 : méthode de préparation de la solution saline	56
Figure 08 : Tubes à essai pour le dosage de la chlorophylle	58
Figure 09 : Les tubes aux bains marie	59
Figure 10 : tubes après refroidissement	59
Figure 11 : lecture de la DO des échantillons avec le spectrophotomètre	60
Figure 12 : Aspect générale des plantes du haricot	62
Figure 13 : Taux de germination des graines en fonction des traitements.....	63
Figure 14 : hauteur finale des plantes en fonction des traitements.....	64
Figure 15 : Diamètre des tiges en fonction des traitements.....	65
Figure 16 : longueur des racines en fonction des traitements.....	66
Figure 17 : Nombre moyen de feuilles par plant en fonction des traitements.....	67
Figure 18 : poids moyen des feuilles des plantes en fonction des traitements en [g].....	69
Figure 19 : Poids moyen des tiges des plantes en fonction des traitements en [g].....	70
Figure 20 : Poids moyen des racines des plantes en fonction des traitements en [g].....	71
Figure 21 : Quantité de chlorophylle (a) dans la plante (mg/l).....	72
Figure 22 : Quantité de chlorophylle (b) dans la plante (mg/l).....	73
Figure 23 : Quantité de proline dans la plant (ùg/gMf)	74

1. Objectif de l'expérimentation

Notre travail consiste à étudier les impacts de l'*hydropriming* et de l'*osmopriming* sur les performances germinatives des graines du haricot

Phaseolus vulgaris L, variété El-jadida. Ainsi que sur la tolérance au stress salin des plantes qui en sont issues.

L'amorçage (*priming*) ou durcissement est une technique de traitement (*osmopriming*) et une redéshydratation (*hydropriming*) qui permettent la levée de la dormance, l'homogénéisation (la synchronisation) de la germination, une meilleure croissance, une floraison plus précoce et, dans certains cas, une tolérance aux stress abiotiques tels que la sécheresse et la salinité. Ces

prétraitements consistent à imbiber la semence dans l'eau (*hydropriming*) ou dans des solutions salines (*osmopriming*) dans 03 intervalles de temps 9h, 12h et 24h, puis à la redéshydrater avec une incubation de 7 jours dans l'étuve à 25° avant la percée de la radicule, c'est-à-dire au cours

de la phase réversible de la germination. Ainsi, la graine peut revenir à son état initial déshydraté sans que l'embryon ne subisse de dommages.

2. Matériel végétal utilisé

Notre travail s'est porté sur les semences du haricot, variété El-Jadida, dont les semences

proviennent de l'institut technique de cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali. Cette espèce a été choisie pour sa sensibilité à la salinité.

C'est une plante herbacée à croissance déterminée, à végétation rapide. Son cycle varie de 90 à 120 jours. C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines. L'ensemble est l'appareil végétatif tandis que l'appareil reproducteur est constitué par le fruit et la fleur.

3. Conditions expérimentales

3.1 Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée dans une serre, au niveau de la station expérimentale du département de biotechnologies de l'université de Blida 1. Cette serre dont l'orientation est Nord-sud est aérée grâce à des fenêtres placées latéralement de part et d'autre et

chauffée en hiver grâce à des radiateurs à eau chaude.

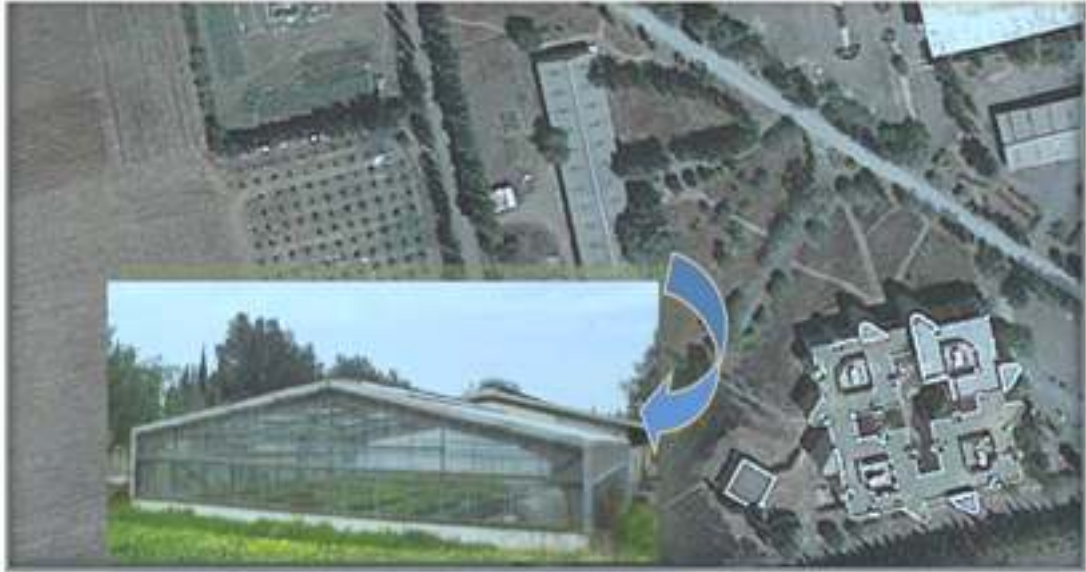


Figure 2 : Localisation du lieu de l'expérience

3.1. Substrat

Lors notre expérimentation, nous avons utilisé, du gravier roulé de rivière d'un diamètre de 3 à 8 mm provenant de la carrière de Chebliquis située à 25 km d'Alger. Grâce à la porosité de notre substrat on assure une bonne aération pour les racines de nos plantes et compte tenu l'inerté du substrat, on crée un milieu défavorable pour les micro-organismes.

Afin d'éviter tous les risques de contamination, nous avons procédé à la désinfection du substrat de la manière suivante :

- Elimination des particules terreuses et des résidus organiques présents dans le gravier par un lavage abondant à l'eau;
- Remplissage des pots par le gravier lavé;
- Désinfection du gravier avec l'hypochlorite de sodium dilué ;
- Rinçage abondant à l'eau afin d'éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium qui est très nuisible pour les jeunes plantules de haricot.

3.2 Conteneurs

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ils ont une capacité de 1 litre et présentent des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution saline excédentaire.

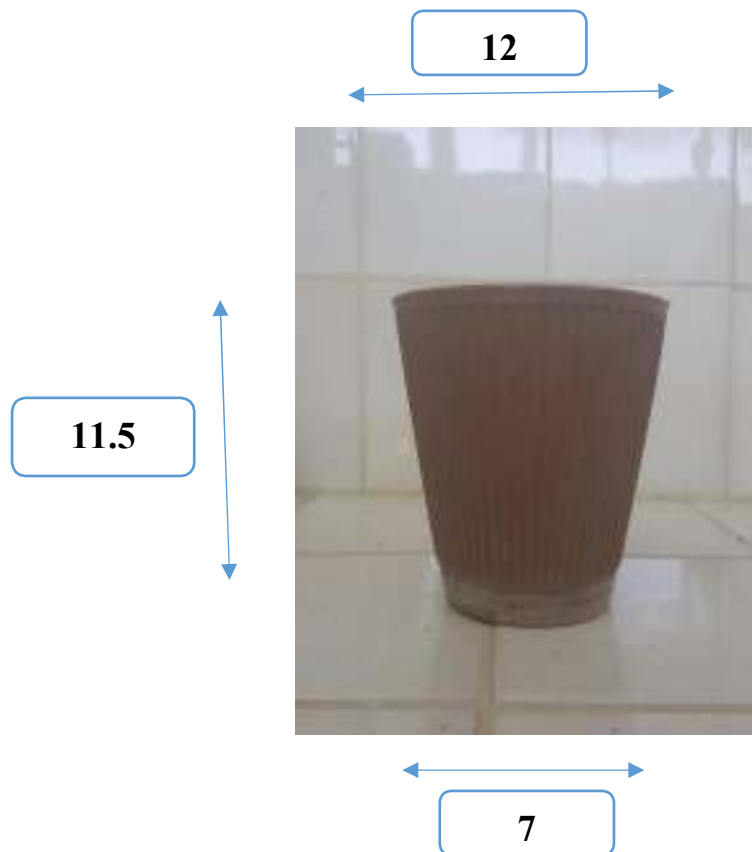


Figure2. Aspect général des conteneurs

3.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale). L'ensemble du dispositif expérimental est composé de (5) traitements. Chaque traitement à trois périodes différentes (9h,12h et 24h). Chaque traitement présente sept observations, ce qui donne un total $(5 \times 3 \times 7) + 7$ (témoin) = 107 pots au total.



Figure3. Vue générale du dispositif expérimental

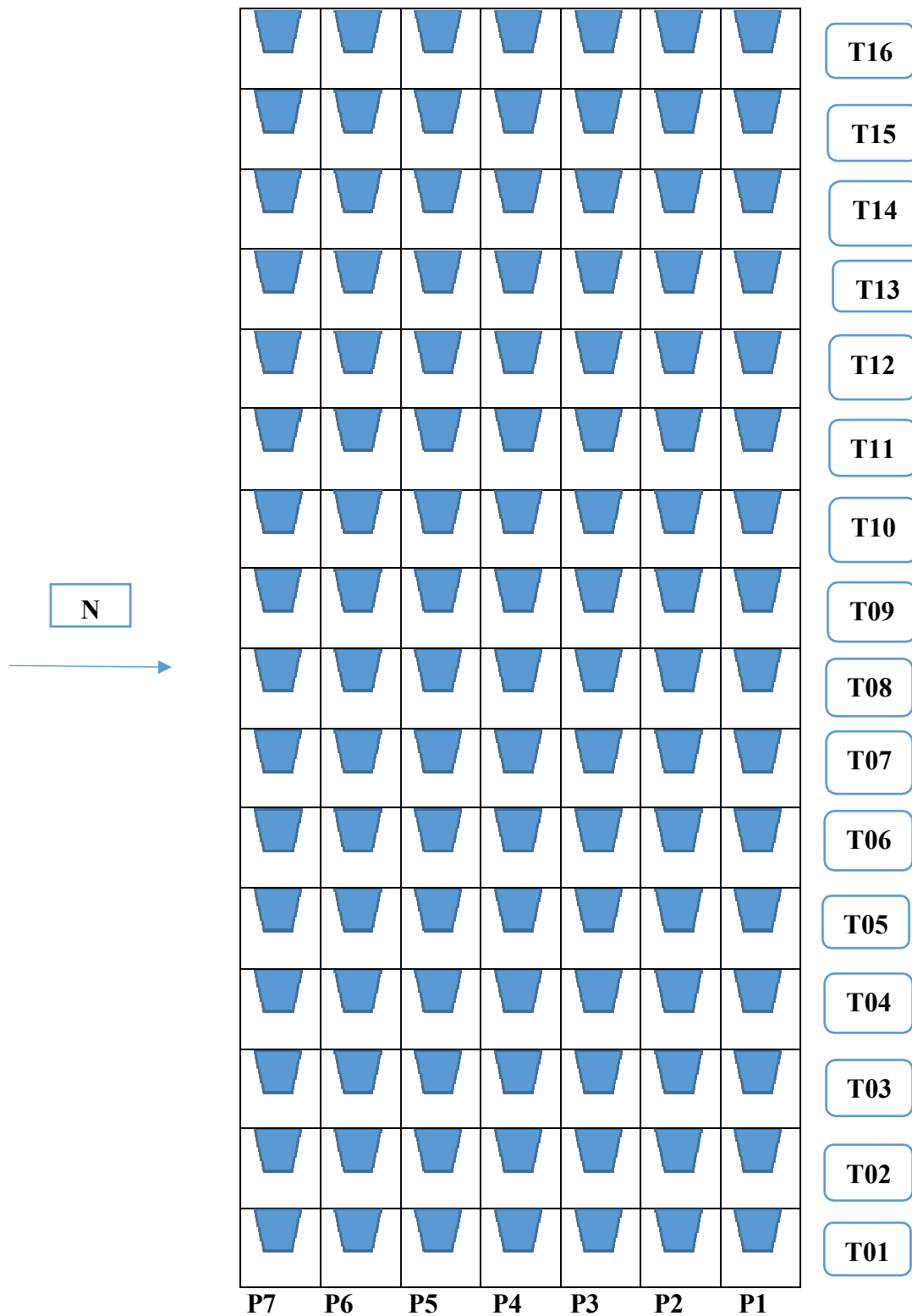


Figure4. Présentation du dispositif expérimental

- T1, T2...T16 :Traitements.
- P1, P2...P7 : Observation ourépétition.

3.4 Description des traitements

- **T1** : immersion dans l'eau de blida pendant 9h.
- **T2** : immersion dans l'eau distillée pendant 9h.
- **T3** : immersion dans le ZnSo₄ à 0.5% pendant 9h.
- **T4** : immersion dans le ZnSo₄ à 1% pendant 9h.
- **T5** : immersion dans le KCl à 4% pendant 9h.
- **T6** : immersion dans l'eau de blida pendant 12h.
- **T7** : immersion dans l'eau distillée pendant 12h.
- **T8** : immersion dans le ZnSo₄ à 0.5% pendant 12h.
- **T9** : immersion dans le ZnSo₄ à 1% pendant 12h.
- **T10** : immersion dans le KCl à 4% pendant 12h.
- **T11** : immersion dans l'eau de blida pendant 24h.
- **T12** : immersion dans l'eau distillée pendant 24h.
- **T13** : immersion dans le ZnSo₄ à 0.5% pendant 24h.
- **T14** : immersion dans le ZnSo₄ à 1% pendant 24h.
- **T15** : immersion dans le KCl à 4% pendant 24h.
- **T16** : témoin.

3.4.1 Trempage des graines

3.4.1.1 Cas de la technique de l'osmoprimum

La méthode utilisée consiste à faire subir aux graines un prétraitement osmotique. Cette hydratation contrôlée des semences est réalisée grâce à des agents osmotiques qui sont ZnSo₄ à 0.5%, ZnSo₄ à 1% et le KCl à 4%, nous avons plongé 35 graines dans chaque solution et pendant 9h, 12h et 24h.

3.4.1.2 Cas de la technique de l'hydropriming

Nous avons immergé dans l'eau de robinet (l'eau de Blida) et l'eau distillée 35 graines pendant dans différents lots et à différentes périodes à savoir 9h, 12h et 24h.

3.5 Incubation des graines

Les 35 graines plongées dans les différentes solutions ont été mises à germer dans l'étuve à 25°C (à l'obscurité) dans des boîtes de pétris de 90mm de diamètre tapissé d'une triple couche de papier absorbant imbibé d'environ 20ml d'eau saline pendant 8 jours. Pendant la période

d'incubation on irrigait les boîtes chaque matin avec de l'eau saline, afin d'utiliser un dessèchement de graines.



Figure 5. Aspect général des graines en incubation

3.6 Repiquage

Après la germination des graines de haricot le 06/05/2018 on a procédé un repiquage c'est-à-dire la mise en place définitive dans des pots remplis de gravier à raison de 2 germes par pot.

4. Entretien de laculture

4.1 Irrigation

Les plantules ont été irriguées à partir du 1^{er} jour de repiquage jusqu'au jour d'arrachage par une eau saline pour faire subir aux plantes un stress salin à raison d'une à deux doses journalières de 5 ml. Les doses et les fréquences d'arrosages varient selon les conditions microclimatiques telle que la température, le cycle de développement de la plante et les phases physiologiques de la plante.

Le système d'irrigation adopté est « la percolation à circuit ouvert »

Permettant l'évacuation de l'eau en excès.

4.1.1. La solution d'irrigation

Eau de Blida	No₃⁻ 0.35	Po₄⁻³ 0.00	So₄⁻² 0.80	Cl⁻ 0.60	Total
K⁺ 0.00				26.08	26.08
Na⁺ 1.30			80.95	435.88	518.13
Ca²⁺ 2.80				474.01	476.86
Mg²⁺ 1.80			911.53		913.33
Nh₄⁺ 0.00					0.00
HCo₃ 0.00					0.00
Total	0.35	0.00	993.28	936.57	

Tableau 4 : L'eau de Chleff reconstituée avec l'eau de Blida pH = 7.58



Figure 6 : Méthode de préparation de la solution saline

4.2 Lessivage

Afin d'éviter l'accumulation des sels non absorbés par les plantes au fond du pot faussant ainsi les concentrations de départ, un lessivage abondant à l'eau a été effectué chaque fin de semaine avec l'eau de robinet.

5. Paramètre morphologiques mesurés

5.1. Taux de germination

$$\% G = (\text{nombre de graines germées} \times 100) / \text{nombre de graines total}$$

5.2. Hauteur finale des plantes

Les hauteurs étaient mesurées périodiquement tous les 10 jours en centimètre (cm) du collet jusqu'à l'apex. Les mesures des hauteurs finales ont été mesurées au moment de chaque coupe à l'aide d'une règle graduée.

5.3. Diamètre des tiges

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges à chaque coupe à l'aide d'un pied à coulisse pour toutes les plantes expérimentées.

5.4. Biomasse fraîche produite

C'est un paramètre qui consiste à peser les différents organes de la plante en gramme (g) pour toutes les plantes de l'expérience, à l'aide d'une balance. Les pesées ont porté sur :

- Poids frais total : (tiges + feuilles) eng.
- Poids frais des tiges eng.
- Poids frais des feuilles eng.
- Poids frais des racines eng.

5.5. Biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement total des tiges, des feuilles et des racines de toutes les plantes dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec.

- Poids sec des feuilles en g.
- Poids sec des tiges eng.
- Poids sec des racines eng.

- Taux de matière sèche des tiges en%.
- Taux de matière sèche des tiges en%.
- Taux de matière sèche total (feuilles + tiges)en%.

6. Paramètres biochimiques effectués

6.1. Dosage de la chlorophylle

Les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b, sont déterminées selon la méthode de Lichtenthaler (1987). Dans un tube à essai, 0,1g d'échantillon frais issue des feuilles est additionné à 10 mL d'acétone à 95%, l'ensemble est conservé à l'obscurité à 4°C pendant 48 heures.



Figure 7. Tubes à essai pour le dosage de la chlorophylle

La densité optique est lue à l'aide d'un spectrophotomètre. Deux mesures de densité optique sont effectuées à deux longueurs d'onde différentes correspondant aux pics d'absorption de la chlorophylle a (663 nm) et de la chlorophylle b (645nm).

L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 95%, les teneurs en chlorophylles sont calculées à l'aide des équations suivantes :

$$\text{Chlorophylle a (mg/l)} = 12,7 \times \text{DO}_{663} - 2,69 \times \text{DO}_{645}$$

$$\text{Chlorophylle b (mg/l)} = 22,9 \times \text{DO}_{645} - 4,68 \times \text{DO}_{663}$$

DO₆₆₄ : l'absorbance de la solution d'extrait de pigment au 664 nm de longueur d'onde.

DO₆₄₅ : l'absorbance de la solution d'extrait de pigment au 645 nm de longueur d'onde.

6.2. Dosage de laproline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindsley (1955), simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiées par Monneveux et Nemmar (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnellement à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai.
- Ajouter 2 ml de Méthanol à 40%.
- Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain marie à 85°C pendant 60 min.



Figure 8. Les tubes aux bain marie

Après refroidissement



Figure 9. Tubes après refroidissement

- Prélever 1 ml de la solution de chaque tube;
- Mettre dans de nouveaux tubes;
- Ajouter 1 ml d'acide acétique + 25 mg de ninhydrine + 1 ml d'un mélange contenant:
 - 120 ml d'eau distillée
 - 300 ml d'acide acétique
 - 80 ml d'acide orthophosphorique
- Porter les tubes à essai à ébullition au bain marie durant 30 min.

Après refroidissement des tubes :

- Ajouter 5 ml de toluène dans chaque tube.
- Après agitation au vortex deux phases apparaissent.
- Prélever la phase supérieure.
- Ajouter 5 mg du sulfate de sodium.
- Laisser au repos pendant 48 h.
- Procéder à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde 528 nm.



Figure 10. Lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule suivante :

$$\text{Proline}(\mu\text{g/g/Mf}) = \text{DO} (528) \times 0,62$$

ملخص

و تتكون الدراسة التجريبية التي أجريت على دراسة تأثير تقنية التخصيب

من خلال المياه المالحة الطبيعية. منوعة الجريدة المزروعة فوق الأرض الري (Phaseolus vulgaris، L) على نبات بذور الفاصوليا
وهذا مقارنة مع العلاج السيطرّة التي لم تخضع للبذور أي علاج مسبق ،

osmopriming و كانت بذور الحبة التي خضعت لعملية إعادة الملء
بالإضافة إلى تلك الخاصة بالسيطرة لديها استجابات مختلفة بشكل ملحوظ عند مختلف المعايير المقاسة

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن العلاجات المتصلية و البدائية تجعلنا ممكننا الحصول على نباتات أسرع و أكثر تجانساً و نمواً أفضل للنباتات المقار
نة بالتحكم و بصفة خاصة للبذور التي سبق أن تلقت علاجاً مملوءاً .

. التسامح مع عجز الماء و مقاومة الإجهاد الملحي ، النمو ، تطبيق البذور من هذا المعالجة سيحسن بشكل كبير الإنبات

Keywords: Hydropriming ، Osmopriming ، ملحا ضغط ، الزراعة المائية ،

Conclusion

À l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que le prétraitement, aussi bien l'hydropriming que l'osmopriming, des semences de *Phaseolus vulgaris* L permet d'améliorer les performances germinatives, la croissance et le développement des plantes sous des conditions favorables et de stress salin. Mais pour préciser l'hydropriming, traitement inédit, offre les meilleurs résultats. Nous pouvons ainsi déduire que cette redéshydratation pourrait représenter une technique très efficace pour l'amélioration de la production végétale et en particulier dans des conditions hydriques défavorables.

L'amorçage des semences provoque des modifications physiologiques, cellulaires, biochimiques et moléculaires fortement régulées et contrôlées par l'expression de nombreux gènes (Soeda et al., 2005 ; Varier et al., 2010). Certaines conséquences de l'endurcissement, en particulier du double *hydropriming*, sont peut-être dues aux phénomènes épigénétiques qui jouent un rôle déterminant dans l'adaptation des plantes à leur environnement (Hebrard, 2012).

Références bibliographiques

ABBAD M., 2011 : Impact des sels nocifs sur le comportement ecophysiologique de la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variété Saint_pierre cultivée dans un milieu salin naturel. Mémoire de Magister, université de Blida. 136p

ABBAD A.; EL HADRAMI A.; AL HADRAMI I.; BENCHAAABANE A., 2004- *Atriplex halimus* L. (Chenopodiaceae): ahalophytic species for restoration and rehabilitation of saline degraded lands. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7, (6), p.1085- 1093

ABBAD A.; EL HADRAMI A.; EL HADRAMI I. AND BENCHAAABANE A., 2004- Seasonal chemical composition of leaves of three *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae) Natural populations grown in common garden. Pakistan Journal of Biological Sciences 7(2) p. 203-208.

AHMAD, I., T. Khaliq, A. Ahmad, S.M.A. Basra, Z. Hasnain and A. Ali (2012). Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide on emergence, vigor and antioxidant activities of maize. African J. Biotech. 11: 1127-1137.

AJMAL KHAN N; IRWIN A; SHOWALTER A.M; SHOWALTER U; 2000- Effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of subtropical perennial Halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*, Annals of botany, 85: 225- 232

AKRMYA M, HOSSEINI S.H, KAZEROONIMONFARED A, REZVANIMOGHADAM P, 2007. Osmotic effects on seed germination and seedling growth in preparation Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill). Iranian Journal of Field Crop Research. 5(1): 46-37. Alizadeh S, Amini A, Jalaliehonarmand A, 2003.

ALBOUCHI A., SEBEI H., MEZNI MY., EL AOUNI MH., 2000. Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla* Lindl. Annales de l'INRGREF, 4:138-61

ALBOUCHI A., BÉJAOUI Z., HÉDI EL AOUNI M.; 2003- Influence of moderate or severe water stress on the growth of *Casuarina glauca* Sieb. Seedlings. Sécheresse, 14, (3), p. 137-142.

ANONYME., 2001. Fertiliser avec les engrais de ferme. Ed. Oxalis, 104 p.

ANONYME., 2002. Rapport de ministère de l'agriculture, les statistiques agricoles, série «B». 59p

- AMAND L., LANGLIOS N., 2004.** Agriculture biologique, les grands principes de production et l'environnement professionnel. Ed. Eduagri, pp: 7-95.
- ARNHOLDT-SCHMITT., 2004.** Stress induced cell reprogramming. A role for global regulation. *Plant physiology*, 136 : 2579- 2586
- ASKRI H., RAJEB S., JEBARI H., NAHDI H., RAJEB M.N., 2007-** Effet du Chlorure de Sodium sur la germination des graines de 3 variétés de pastèque (*CitrullusLanatus*). *Sécheresse*,18, (1),p. 51-55.
- ASHRAF AND FOOLAD, 2007.M. ASHRAF, M.R. FOOLADROLE** of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2007), pp. 206-216
- AUSSENAC G., GRANIER A., IBRAHIM M., 1984-** Influence du dessèchement du sol sur le fonctionnement hydrique et la croissance du douglas (*Pseudotsugamenzisii* (Mirb.) Franco). *Acta Oecologica/Oeol Plant*, 5 : 241-53
- AWONO JPM., BOUKONG A., MAINAM F., YOMBO G., TCHOUTANG G.N et BEYEGUE D. H., 2002.** Fertilisation des sols dans les monts Mandara à l'Extrême-Nord du Cameroun : du diagnostic aux recommandations. Colloque : Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun:1-11.
- BALON N., KIMON H., 1985.** Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogen nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 281p.
- BASRA S.M.A., PANNU I.A. & AFZAL I., 2003.** Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticumaestivum* L.) seeds. *Int. J. Agric. Biol.*, **5**(2), 121-123.
- Bradford KJ, 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*. 21:1105-1112.
- BASRA S.M.A. et al., 2006.** Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (*Triticumaestivum* L.). *SeedTechnol.*, **28**, 36-46.
- BELKHODJA M ; BIDAI Y ; 2004-** réponse des graines d'*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15, (4) : 331-335
- BENADEL A., 2005:** Importance de fertiactyl et les fréquences de lessivage dans un melieu salé sur la production de haricot vert variété Contender. Thèse Ing Agro Blida. 85p

BLANC., 1987. Les cultures hors sol. INRA, Paris, 409p.

BEZZALA A., 2005- Essai d'introduction de l'arganier (*Arganiaspinosa* (L) Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El Hadj Lakhdar. Thèse magister 143p

BOCKMAN OC, KAARSTAD O, LIE OH et RICHARDS I., 1990. Agriculture et fertilisation. Oslo (Norvège): Norsk Hydro; 258 p.

BOOTSMA A. ; BOISVERT J. B. ; DEJONG R. ET BAIER W., 1996- La sécheresse et l'agriculture canadienne, une revue des moyens d'action. Rev Sécheresse 7p : 277-285

BOYDAK, M., H. DIRIK, F. TILKI AND M. CALIKOGLU (2003). Effect of water stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* from different bioclimatic zones in Turkey. Turk. J. Agro. 27: 91-97.

BRADFORD K.J., 1986. Manipulation of seed water relations *via* osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, **21**, 1105-1112.

BRAY C.M., DAVISON P.A., ASHRAF M. & TAYLOR R.M., 1989. Biochemical processes during osmopriming of leek seeds. *Ann. Bot.*, **63**, 185-193.

BRETAUDEAU J., FAURE Y., 1992. Atlas d'arboriculture fruitière, V1., Edition 3e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P

BUKOVAC M.J., COOPER J.A., WHITMOYER R.E., ET BRAZEE R.D., 2002. Spray application plays a determining role in performance of systemic compounds applied to the foliage of fruit plants. *Acta Horticulturae (ISHS) 594* : pp65-75

CHABALIER P., VIRGINIE V., HERVE S., 2006. Guide de la fertilisation organique à la réunion. Edition CIRAD, PP2.

CHAMEL A., 1988. Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated cuticles. Neumann P.M. (ed). Plant growth and leaf- applied chemicals. Boca Raton, FL : CRC Press. pp. 27-48.

CHAUX.C., 1972. Production légumière Ed. J.B. Baillière. 300 p **BESAPLAY D., 1984:** Les plantes cultivées en Afrique occidentale –Macou. Ed Mir. Moscou. 279p.

CHAUX C L., FOURY C L., 1994. Production légumière, tome III, légumineuses potagères, légumes fruits. Edition Lavoisier, Paris.854p

- CHABALIER P., VIRGINIE V., HERVE S., 2006.** Guide de la fertilisation organique à la réunion. Edition CIRAD, PP2.
- CHENG Z. & BRADFORD K.J., 199:** Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *J. Exp. Bot.*, **33**, 89-99.
- CHEN AND JIANG, 2010 :** H. Chen, J. Jiang Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity *Environmental Review*, 18 (2010), pp. 309-319
- CHOUARD P., 1952 :** les cultures sans sol. Ed. Maison rustique. Paris. 200p.
- COLLETTE, L. et al., 2011:** Save and Grow: a policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production, FAO. 134-141 p.
- CONACHER A. J.; SALA M., 1998 –** Land degradation in mediterranean environment of the world : Nature and Extent, causes and solutions. New York – Wiley, p. 491.
- COSTA J., (1990).** Agricultura Sostenible. El Campo. Boletin de Información Agraria, 117 p5-9.
- DAOUD Y., HALITIM A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 3(5): pp151-160.
- DAVISON P.A. & BRAY C.M., 1991.** Protein synthesis during osmopriming of leek (*Allium porrum*) seeds. *SeedSci. Res.*, **1**, 29-35.
- DE BEAKE P., CASAL M.L., PUECH J., 1996-** Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. Etude en lysimètres. *Agronomie*, 16: 3-23
- DEBEZ A., CHAIBI W., BOUZID S., 2001-** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus*l. *agricultures* 10 ,(2), P.135-138
- De Castro R.D. et al., 2000.** Cell division and subsequent radicle protrusion in tomato seeds are inhibited by osmotic stress but DNA synthesis and formation of microtubular cytoskeleton are not. *Plant Physiol.*, **122**, 327-335.
- Dell'Aquila A. & Bewley J.D., 1989.** Protein synthesis in the axes of polyethylene glycol-treated pea seeds and during subsequent germination. *J. Exp. Bot.*, **40**, 1001-1007.

- DEMIR,I and H.A. VAN VENTER (1999).** The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*CitrulluslanatusThunb.*) Matsum and Nakai seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Sci. Tech.* 27: 871- 875.
- DEMOL J., 2002.** Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium. PP 351–392
- DELARBRE. H, 1988.** Le petit jardinier en Afrique. Paris : ministère de la coopération et du développement.p 24
- DE KIMPE C., 1996.** Congrès « La recherche agronomique européenne dans le monde du XXI^{ème} siècle ». 168p
- DOUAOUI. A., ET HARTANI. T., 2007 :** *Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif.* Actes du troisième atelier régional SIRMA (Nabeul, Tunis). Ed. CIRAD. Montpellier. 5p.
- DOOREMBOS G., 1980.** Réponse de rendement l'eau –Bull. FAO. Irri. Drai. N0 33. 42, 111pp
- DOUCET R., 1992.** La science agricole : climat, sol et production végétale du Québec. Deuxièmeédition revue. Ed. Berger. 653p
- DUAN D.; LIU X.; AJMAL KHA N M., GUL B., 2004-** effects of salts and water stress on germination of *Chenopodiumglaucum* L. seed- *Pack. J. Bot.*, 36, (4):793-800
- EECHIDI AE., BENBELLA M., TALOUIZTE A., 2000-** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. *Options méditerranéennes*, 40: 279- 82
- EL ALLAOUI S.B., 2000.** Fertilisation Minérale des Cultures » maladies des plantes, agriculture et écologie
- EL ALLAOUI S.B., 2009.** Référentiel pour la conduite technique de tomate. Pp 15
- EL JAAFARI S. ET PAUL R., 1993-** Accumulation foliaire de la proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticumaestivum*) ,*Physiol. Biochimi. Biophys.* 101-138.
- EPSTEIN E., 1985 –** Salt tolerant crops: origins, development and prospects of the concept. *Plant Soil* (89) 187-198.
- FAO., 2005.** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Niamey, NIGER, 26p.

FAO., 2010. Etat des pêches maritimes et de l'aquaculture 2010 the state of world fisheries and aquaculture 2010, département peches et aquaculture 2010 de la FAO-natio unies rome.p224.

FAZIO M., 2001. La culture biologique du potager et du verger. Edition de vechi, 221p.

FRANCHIS L. ET IBANEZ F., 2003 – Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens ; Rapport Pan Bleu ISBN. Plan d'action pour la Méditerranée PNVE. 69p.

GAUTIER M., 1993. La culture fruitière, l'arbre fruitier, Ed. J. B. BAILLIERE, 263P.

Saline irrigation assessment for a sustainable use. Saline irrigation. Halophyte production and utilization. Project n. IC 18 CT 960055. pp : 152 – 226.

GARG AK., KIM JK., OWENS TG., RANWALA AP., CHOI YD., KOCHIAN LV., WU

GENTRY H. S., 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris L.* Economic Botany. 23PP 55–69.

GHASSEMI F, JACKMAN AJ, NIX HA, 1995. Salinisation of land and water resources. Human causes extend, management and case studies. UNSW press, Sydney, Australia, and CAB International, Wallingford, Uk.

GHASSEMI-GOLEZANI K., SHEIKHZADEH-MOSADDEGH P. & VALIZADEH M., 2008. Effects of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. *Res. J. Seed Sci.*, **1**, 34-40.

GHASSEMI-GOLEZANI K., CHADORDOOZ-JEDDI A., NASRULLAHZADEH S. & MOGHADDAM M., 2010. Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivars. *Afr. J. Agric. Res.*, **5(9)**, 893-897.

GILBERTO P., 2013 : les éléments minéraux dans la solution nutritive hydroponique, Hydrobox Team.

GLENN EP., BROWN J.J., 1999- Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. American journal of botany, 85: 10-16

GREENWAY H. AND OSMOND C. B., 1972 – Salt response of enzymes from species differing in salt tolerance. *Plant physiology* (49) 256-259.

- GRISSA K., 2010.** Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates En Tunisie, pp 13 – 30.
- GUIGNARD J.L., 1998.** Botanique, Ed. Masson, 159p.
- GUERINEAU, C. ET AL., 2003.** La culture du fraisier sur substrat, centre technique interprofessionnel des fruits et légumes 178p.
- GUIRRA N., 2006:** effet d'un anti stress fertyactyle et de la dose de lessivage sur la production et le développement des plants de deux variétés de tomate cultivés en condition saline naturelle. Thèse Ing Agro Blida. 85p.
- HADAS A, 1976.** Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*. 27 :480-489.
- HAMZA M., 1980.** Réponse des végétaux à la salinité, *Physiologie végétale*, pp 69-81.
- HANSON ET AL, 1994 A.D.** Hanson, BRathinasabapathi, J. Rivoal, M. Burent, M.O. Dillon, D.A. Gage Osmoprotective compounds in the Plumbaginacea: a natural experiment in metabolic engineering of stress tolerance *Proceedings of the National Academy of Science of U S A*, 91 (1994), pp. 306-310
- HARGROVET T., 2008.** World fertilizer prices soar as food and fuel economics merge. (WWW.ifdc.org/iwfpo21908.pdf) (accessed on 12 January 2008. 254p)
- HARRIS D. ET AL., 1999.** On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. *Exp. Agric.*, **35**, 15-29.
- HARRIS D. ET AL., 2001.** On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. *Agric. Syst.*, **69**(1-2), 151-164.
- HARRIS D. ET AL., 2002.** Prospects of improving maize yields with 'on-farm' seed priming. *In:* Rajbhandari N.P., Ransom J.K., Adikhari K. & Palmer A.F.E., eds. *Sustainable maize production systems for Nepal*. Kathmandu: NARC & CIMMYT, 180-185.
- HEBRARD C., 2012.** Contrôle épigénétique de l'induction et de la tolérance à la montaison chez la betterave sucrière. Thèse de doctorat : Université d'Orléans (France).

HELLALI R., 2002. Rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.

HELLER R., ROBERT E., CLAUDE L., 1998. Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Duno, Paris, 322 p.

HEYDECKER W., HIGGINS J. & GULLIVER R.L., 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature*, **246**, 42-44.

HILLEL D., 2005- Soil salinity: Historical and contemporary perspectives. Proceedings of the international salinity forum, Riverside, California, April 2005, 235- 240

HOUALA F., 2002 : Effet de la salinité sur la croissance et la floraison de deux variétés d'œillet, PHM-Revue horticole 439, pp 28-32.

HOPKINS W. G., 2003. Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, p 66-81.

HOSOKAWA M.,KUDO M., 2004. Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPARgamma ligand, troglitazone, on colon cancer cells. *BiochimBiophysActa*18;1675(1-3):113-9.

HUANG B., GAO H., 2000- Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *CropSci.* 40: 40: 196- 203.

HUIGNARD J., GLITHO I., MONGE J., REGNAULT-ROGER I., 2011. Insectes ravageurs des graines de légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae .France. 147p.

HU YC., SCHNYDER H., SCHMIDHALTER U., 2000- Carbohydrate deposition and partitionning in elongating leaves of Weat under saline soil conditions. *Australian Journal of plant physiology*, 27: 363- 370

JALILIAN A, TVAKOLAFSHARI R, 2004. Study of Osmoprimer effect on seed germination of sugar beet drought conditions. *Journal of Agricultural Science*.27(2): 35-23.

JEAN D, 2009. L'interdépendance entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle est-elle là pour rester, pp 9 .

JEBARA M., ELARBI AOUNI M., MHAMDI R., GHRIR R., 2000- Effet du sel sur des isolates de *Sinorhizobium* sp de Tunisie in Vitro ou en association avec medicagosp. *Agricultures*, 5(2) 99- 102.

JULIEN L., 2004. Mesure de l'efficacité d'extraits d'algues sur la vigne (*Vitis vinifera* L.), en conditions contrôlées et au vignoble, validée par la mesure de l'activité photosynthétique et les analyses chimiques. Mémoire d'ingénieur, (ULB), Bruxelles, 107p

KADRI K., CHEIKH MHAMED H., ABDELLAOUI R., BEN NACEUR M., ET BEL HADJ S., 2008 : Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*Hordeum vulgare* L.) cultivées en Tunisie : approche physiologique, *Sciences & Technologie C- n°28*, pp 30-37.

KEREN R., 2000 – Salinity. In: Summer M. E. (Ed). *Handbook of soil science*. CRC Press, N. Y., USA, pp 3-25.

KHACHANI M., 1981. Contribution à l'étude de la réponse du haricot vert à l'inoculation. [Mémoire de 1^{er} cycle en Agronomie, I.A. V., Rabat.

KHAN AA, 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*. 14:131-181.

KHELIL A., 1989. Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne, *Rev. Alger*, pp.4 – 30

KOLEV. N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie Tome 1 légumes et fruits Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire. Pp: 145 –161

KRAMER PJ., 1980- Drought stress and the origin of adaptation. In: Turner NC, Kramer PJ, eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York: Wiley-Interscience, p.7-20

KUAR S, GUPTA AK, KAUR N, 2002. Effect of osmo-and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. *Plant Growth Regulator*. 37: 17-22.

INRAA., 2002- Gestion et usages agricoles de l'eau. Institut National de Recherche Agronomique. Centre de Toulouse.

INSID., 2008 : Institut National Des Sols, De l'Irrigation et du Drainage. Les sols salins en Algérie. 7p.

LAHLOU. M., BADRAOUI. M., SOUDI. B., GOUMARI. A., ET TESSIER. D. 2002. Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. CIRAD. France. 19p.

LAUMONIER R., 1979. Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed J.B Baillière, Paris, 1276p.

LEDIG FT., 1981- The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plants. In: Huxley PA, ed. Plant research and agroforestry, International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, p. 427-454

LEE ET AL., 2007 .G.J. Lee, R.R. Duncan, R.N. Lee Nutrient uptake responses and inorganic ion contribution to solute potential under salinity stress in halophytic seashore paspalums Crop Science, 47 (2007), pp. 2410-2419

LE HOUEROU H. N., 1986 – Salt tolerant plants of economic value in the Mediterranean basin. Reclamation and revegetation res. (5) 319-341.

LEMAIRE F., MORAL P., 2003. Culture en pots et conteneurs, Ed. Quae, 232P.

Levitt J, 1980. Responses of plants to environmental stresses in water radiation, salt and other stresses. 282.

LEVY G. J. 2000 – Sodidity. In: Summer M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press, N. Y., USA, pp 27-62.

LICHENTHALER HK., 1996-vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. J ou. Pl. physiol., 148:4-14.

LOUCIF Z., BOUNAFONTE P., 1977. Observation des populations du pou de saint José dans la Mitidja, revue fruit 4, pp253-261

LOUSSERT R., 1987. Les agrumes, l'arboriculture éd. Lavoisier, Paris, vol 1, 80P.

LU C., QIU N, WANG B, ZHANG J.- 2003 – Salinity treatment shows no effects on photosystem II photochemistry, but increases the resistance of photosystem II to heat stress in halophyte Suaeda salsa. Journal of Experimental Botany, 54, (383), p.851- 860.

MADR., 1998 : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Statistique agricole. Alger.

MAILLARD. J., 2001 : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne ; Risques et recommandations. Handicap International. 34 p.

- MAINARDI F., 2002.** La culture biologique de potager et du verger, Ed. Vecchi, 221 p
- MARSCHNER H., 1995.** Uptake and release of mineral elements by leaves and other aerialplant. In mineral nutrition of higher plants. 2nd edition Academic Press. pp.116-130.
- MARFAING H., LERAT Y., 2007 :** les algues ont-elles une place en nutrition, article de synthèse des ressources marines phytothérapie 2007 numéro hors-série .p hs2-hs5.
- MARTINEZ- BELTRAN J., MANZUR CL., 2005-** Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. Proceedings of the international salinity forum, Riverside, California, April, 311- 313p
- MASER P., GIERTH M., SCHROEDER J. I., 2002.** Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant Soil* 247: 43–54.
- MASS E. V., 1986.** “Salt tolerance of plants”, *Appl. Agric. Res.*1, pp. 12-26.
- MAUROMICALE G., LICANDRO P., 2002-** Effet de la salinite et des temperatures sur la germination, l’emergence et la croissance des plantules d’artichaut. *Agronomie*, 22: 443-450.
- MAZLIAK P., 1998.** *Physiologie végétale. 2. Croissance et développement.* Paris : Hermann éditeurs.
- MCDONALD M.B., 2000.** Seed priming. *In:* Black M. & Bewley J.D., eds. *Seed technology and its biological basis.* Sheffield, UK: Sheffield Academic Press Ltd, 287-325.
- MENGEL K., 2002.** Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horticulturae (ISHS)* 594: 33-47.
- MESNILDREY L., JACOB C., FRANGROUDES K., 2012 :** iliere des macros-algues en France, rapport d’étude. NETALGER, les publications du pole halieutique AGROCAMPUS OUEST n° :p280.
- MICHEL BE, KAUFMAN MR, 1973.** The Osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology.* 51:914-916.
- MICHEL C., BENARD C., LAHAYE M. et AL., (1999).** Les oligosides algaux comme aliments fonctionnels : étude in vitro de leurs effets cellulaires et fermentaires. *Sci Aliments* 19 : 311-32.
- MONNEVEUX P., THIS D., 1997-** la génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8(1)

- MOOSAVI A., TAVAKKOL-AFSHARI R., SHARIF-ZADEH F. & AYNEHBAND A., 2009.** Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenoloxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. *J. Food Agric. Environ.*, 7(3-4), 353-358.
- MORARD. P., 1995.** Les cultures végétales hors sol. Publications Agricoles, Agen, Paris. 304p.
- MORSLI., 2007 :** Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation
- MUNNS R., 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* , 25: 239-250.
- MUNNS R; PASSIOURA J.B; JIAMIN G; CHAZEN O; CRAMER G.R; 2000-** Water relations and leaf expansion: importance of time scale. *Journal of experimental botany* 51, (530), 1495- 1504.
- MURATA M., NAKAZOE JI., (2001)** Production and use of marine algae in Japan *JARQ*35 (4): 281-90
- NAIDOO ET AL., 2008.** G. Naidoo, R. Somaru, P. Achar Morphological and physiological responses of the halophyte *Odyseopaucinervis* (Staph) (Poaceae), to salinity *Flora*, 203 (2008), pp. 437-44
- N.C.A.R., 2005-** Drought's Growing Research : National Center of Atmospheric Research Study Points to Global Warning as Key Factor.
- NYABYENDA P., 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. P 38-42.
- OMIDI H, SOROUS SALEH A, DINQZLY P, 2005.** Studying Osmopriming Pretreatment on germination of kolzaseed. *Journal of agricultural industries*. 19(2): 135-125.
- PATADE, V.Y., S. BHARGAVA AND P. SUPRASANNA (2009).** Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in Sugarcane. *Agro. Ecosyst. Environ.* 134: 24-28.
- PERON J.Y., 2006.** Productions légumières. 2^{ème} édition. Lavoisier. 389 p
- PERSSON JULIE., 2010.** livre turquoise future des algues. p ;7,8,41.

PILL, W.G. (1995). Low water potential and pre-sowing germination treatments to improve seed quality. Seed Quality. Ed. Basra A. S. New York: Food Product. Press. 319-359.

QUEZEL P., 2000- réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. IBIS PRESS Paris. New York: 791 p

RAHMOUNE. C., BEN NACEUR. M., CHEIKH-M'HAMED. H., ET MAALAM. S., 2008 : Les indicateurs précoces de tolérance à la salinité chez les blés durs. Agrocampus. France. 215 p.

REQUIER-DES JARDINS M. ET CARON P., 2005- La lutte contre la désertification : un bien public mondial environnemental ? Des éléments de réponse. CSFD/Dossier/1. P4.

RHOADES. J.D., KANDIAH. A., ET MASHALI. A.M., 1992: The use of saline water for crop production. Irrigation and drainage paper, FAO. n°48. Rome. 140p

RISHIRUMUHIRWA T et ROOSE E (1999). Productivité de biomasse et gestion durable des exploitations dans le cas des plateaux à forte population du Burundi. [En ligne]. Disponible sur [http:// horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins-texte/pleinstextes-7/bre/010017979.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins-texte/pleinstextes-7/bre/010017979.pdf).

RJ., 2002- Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 99: 15898-15903.

ROLAND J. C., 2002. Des plantes et des hommes. Ed. Vuibert. PP 45-46

SAIDI. J., 2004 : Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux argileux du Bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Agronomiques. 181p

SEEMAN J. AND CRITCHLEY C., 1985- Effects of salt stresses on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of salt sensitive species, *Phaseolus communis* L. *Planta*. (164) 151-162

SILGUY C., 1998. L'agriculture biologique. Edition Tuf, Paris, 125p

SILGUY Catherine, 1998. L'agriculture biologique. Collection Que sais-je ?. Presses universitaires de France

SILUE S., JACQUEMIN J. et BAUDOIN J., 2010. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles,

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. Et ZeamaysL.Biotechnol. Agron. Soc. Environ. PP195-205.

SINHA S K., WATTERS FL., 1980. Insectes des minoteries, des silos élévateurs, 311 p.

SILGUY C., 1998. L'agriculture biologique. Edition Tuf, paris, 125p

SILGUY Catherine, 1998. L'agriculture biologique. Collection Que sais-je ?. Presses universitaires de France

SILUE S., JACQUEMIN J. et BAUDOIN J., 2010. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Et ZeamaysL.Biotechnol. Agron. Soc. Environ. PP195-205.

SINHA S K., WATTERS FL., 1980. Insectes des minoteries, des silos élévateurs, 311 p.

SLAMA A., 1996- Effet d'une contrainte hydrique édaphique sur le développement du système racinaire de deux variétés de blé dur. DEA de physiologie végétale, faculté des sciences de Tunis.

SLAMA A., 2002- Etude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences Tunis.

SLAMA. F., 2004 : La salinité et la production végétale. Ed. Centre de Publication Universitaire.

Slama A., Ben Salem M., BenNaceur M., Zid E., 2005- Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*.16, (3), p.225-229.

SILGUY C., 1998. L'agriculture biologique. Edition Tuf, paris, 125p

SILGUY Catherine, 1998. L'agriculture biologique. Collection Que sais-je ?. Presses universitaires de France

SILUE S., JACQUEMIN J. et BAUDOIN J., 2010. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Et ZeamaysL.Biotechnol. Agron. Soc. Environ. PP195-205.

SINHA S K., WATTERS FL., 1980. Insectes des minoteries, des silos élévateurs, 311 p.

- SNOUSSI S., 1980.** Caractérisation de quelques substrats disponibles dans la région d'Alger et en vue de leur utilisation hydroponique. Thèse Ing Agro I.N.A., EL Harrach, Alger 67p.
- SNOUSSI S.A., 2010.** Etude de base sur la Tomate en Algérie. Ed FAO. 6 P. sprays of iron compounds. *Journal of Plant Nutrition* 11(6-11): 1379-1385.
- SNOUSSI S. A. 2011.** Valorisation des eaux non conventionnelles en aridoculture. *Agrobiologia revue scientifique* éditée par le laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales USDB, n°1. Pp8-15.
- Soeda Y. et al., 2005.** Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiol.*, **137**, 354-368.
- STOREY ET AL., 1977** R. Storey, N. Ahmad, R.G.W. Jones Taxonomic and ecological aspects of the distribution of glycinebetaine and related compounds in plants *Oecologia*, 27 (1977), pp. 319-332
- STILL DW, BRADFORD KJ, 1997.** Endo-B-mannanase activity from individual tomato endosperm caps and radicle tips in relation to germination rates. *Plant Physiology*. 113: 21-29.
- Tabot, J.B. Adams** Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for different salinity treatments *South African Journal of Botany*, 84 (2013), pp. 19-29.
- TARDIEU, F., DREYER E., 1997** Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises à la sécheresse. In *L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau*. edited by INRA- Editions. Institut National de Recherche Agronomique p.41-59
- TAZI M R; BERRICHI A., HALOUI B., 2003-** Effet du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni Snassen (Macro oriental). *Sécheresse*, 14, (1), p. 23- 27
- TESTER M; DAVENPORT R; 2003-** Na⁺ resistance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of botany* 91, (3), p. 503- 527.
- THOMAS FM, GAUSLING T., 2000-** Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Ann. For Sci.* 57: 325-33.
- VAN HEES AFM., 1997-** Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in relation to shading and drought. *Ann Sci*, 54: 9-18 p.

- VARIER A., VARI A.K. & DADLANI M., 2010.** The subcellular basis of seed priming. *Curr. Sci.*, **99**, 450-456.
- VILAIN M., 1989.** La production végétale. Vol 2. La maîtrise technique de la production. Ed; Lavoisier. Paris. 361p
- VILAIN M., 1997.** La production végétale «la maitrise technique de la production. Edition tec -doc, 449p.
- VILAIN M., 1993.** Production végétale. Vol 1, les composantes de la production. Ed: J.L. Baillièrè. Paris. Pp 318-325.
- WALLON A., 1922.** Croissance et rendement du poivron sous l'effet des fertilisants organiques en milieu tropical. Paris : DGCI. 115-119.
- WILLIAM T., 2013.** Hydroponie pour tous tout sur l'horticulture à la maison. Mama édition. Paris 2013.p15, 21.
- WORLD A. C., 2009.** Les engrais verts peuvent stimuler la sécurité alimentaire en Afrique. Guide politique N⁰2: 6 p
- YUAN Y.V., CARRINGTON M. F., WALSH N. A., 2005.** Extracts from dulse (Palmariapalmata) are effective antioxidants and inhibitors of cell proliferation in vitro. *Food ChemToxicol*;43 (7) :1073-81.
- ZIDANE., 1989.** Effet de la variation de la dose et la forme d'engrais (N.P.K) sur la croissance et le développement de la culture d'aubergine (Solanummelongena) variété (node de valence), p17.
- www.fao.org/og/ag/ag///spush/c**

Annexes

Annexes 1 : paramètres morphologiques

Tableau 1 : tableau de l'ANOVA des diamètres des tiges des plantes en fonction des traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	94,180	6,279	32,726	< 0,0001
Erreur	95	18,226	0,192		
Total corrigé	110	112,406			

Calculé contre le modèle

Y=Moyenne(Y)

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	Diamètre des tiges des plantes en fonction des traitements
T2	3,184 a
T10	2,879 ab
T1	2,857 ab
T11	2,847 ab
T6	2,786 ab
T12	2,643 abc
T16	2,571 abc
T3	2,571 abc
T7	2,531 abc
T13	2,392 bc
T5	2,250 bc
T4	2,204 bc
T8	2,000 c
T9	1,112 d
T15	0,000 e
T14	0,000 e
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui

Tableau 2 : tableau de l'ANOVA de nombre de feuilles par plant en fonction des traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	226,022	15,068	35,173	< 0,0001
Erreur	95	40,698	0,428		
Total corrigé	110	266,720			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	nombre de feuilles par plant
T2	4,633 a
T11	4,500 ab
T12	4,367 ab
T6	4,286 ab
T3	4,286 ab
T7	4,146 abc
T1	3,857 abcd
T4	3,756 abcd
T10	3,472 bcde
T5	3,181 cde
T16	3,143 cde
T13	2,959 de
T8	2,714 e
T9	1,589 f
T14	0,000 g
T15	0,000 g
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui

Tableau 3 : tableau de l'ANOVA du poids moyen des feuilles en fonction des traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	139,186	9,279	30,547	< 0,0001
Erreur	95	28,858	0,304		
Total corrigé	110	168,044			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	Poids moyen des feuilles en fonction des traitements
T6	3,660 a
T1	3,304 ab
T2	2,933 bc
T7	2,565 cd
T11	2,467 cd
T16	2,183 cd
T12	2,091 d
T3	1,474 e
T10	1,146 e
T8	1,066 ef
T4	0,836 efg
T5	0,824 efg
T13	0,748 efg
T9	0,270 fg
T14	0,000 g
T15	0,000 g
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui

Tableau 04 : tableau de l'ANOVA du poids moyen des tiges des plantes en fonction des traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	23,708	1,581	44,383	< 0,0001
Erreur	95	3,383	0,036		
Total corrigé	110	27,091			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	Poids moyen des tiges en fonction des traitements
T16	1,399 a
T6	1,375 ab
T1	1,290 abc
T12	1,177 abc
T11	1,146 abc
T2	1,099 bc
T7	1,033 c
T10	0,602 d
T13	0,575 d
T3	0,541 d
T5	0,512 d
T4	0,490 d
T8	0,437 d
T9	0,135 e
T14	0,000 e
T15	0,000 e
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui

Tableau 5 : tableau de l'ANOVA poids moyen des racines des plantes en fonction des traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	748,199	49,880	108,749	< 0,0001
Erreur	95	43,574	0,459		
Total corrigé	110	791,772			

Calculé contre le modèle

Y=Moyenne(Y)

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	Poids moyen des racines des plantes
T6	8,064 a
T1	7,716 a
T2	7,232 a
T16	6,321 b
T7	5,232 c
T11	5,174 c
T12	4,380 cd
T3	3,964 d
T10	3,614 d
T5	2,818 e
T4	2,262 ef
T8	1,789 f
T13	1,694 f
T9	0,604 g
T14	0,000 g
T15	0,000 g
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui

Tableau 6 : tableau de l'ANOVA longueur des racines en fonction des traitements

Analyse de la variance (longueur des racine) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	5696,625	379,775	144,399	< 0,0001
Erreur	95	249,853	2,630		
Total corrigé	110	5946,478			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Synthèse (Moyennes estimées) - \$:

	Longueur des racines en fonction des traitement
T2	23,633 a
T12	23,176 ab
T3	21,874 abc
T11	21,283 bcd
T1	21,173 bcd
T16	20,327 cd
T6	20,184 cd
T7	19,595 cd
T8	19,041 d
T4	18,824 d
T5	18,656 d
T13	16,666 e
T10	13,243 f
T9	10,171 g
T15	0,000 h
T14	0,000 h
Pr > F(Modèle)	< 0,0001
Significatif	Oui