

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière : Sciences Biologiques
Option : Environnement et Santé Publique



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Effet de l'eau de mer sur quelques paramètres
morpho-physiologiques de jeunes plants de *Vicia* sp**

Présenté par :

BENKERROU Lynda & BOUBAYA Naoual

Soutenu le : 13 juin 2016

Devant le jury composé de :

Mr BACHIR S.	MAA	Président
Mr RAMDANIN.	MAA	Encadreur
Mme KHERBOUCHE D.	MCB	Examineur

Année universitaire 2015/2016

Remerciements

Nous tenons à remercier le Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté et de courage pour réaliser ce modeste travail.

Ce mémoire n'aurait pas vu le jour sans la confiance, la patience et la générosité de notre promoteur Mr RAMDANI Nacer, Maitre assistant chargé de cours à l'Université de Bejaia, que nous voulons particulièrement remercier. Nous voudrions aussi le remercier pour le temps et la patience qu'il nous a accordés tout au long de ce travail, d'avoir cru en nos capacités et de nous avoir fourni d'excellentes conditions de travail au sein de son laboratoire.

De plus, les conseils qu'il nous a procurés tout au long de la rédaction, ont toujours été clairs et enrichissants, nous facilitant grandement la tâche et nous permettant la finalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aux membres de Jury, le président MAA BACHIR.S et l'examineur MCB KHERBOUCHE.D, qui nous ont fait l'honneur de juger ce modeste travail.

Un grand merci à tous nos enseignants qui nous ont motivées.

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à notre formation et à notre encadrement.

Recevez nos remerciements les plus chaleureux.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère qui est la lumière de ma vie, et qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation ;

A mon très cher père qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue tout au long de mes études ;

Que dieu leur présente une bonne santé et une longue vie.

A mes chers frères : Farid, Djamel

.

A mes chères sœurs : Nadia, Farida.

*A mon adorable frère Karim et son épouse Jouanna.
Avec mes souhaits de bonheur et de réussite dans leur vie.*

A ma petite belle nièce Anya.

A mes chères amies.

Et à tous ceux que j'aime.

Lynda.

Dédicaces

Je dédie ce travail de mémoire couronnement de mes études universitaires à Allah, qui m'a conduit et protégé tout au long des mystérieux chemins de ma vie.

A mes chers parents, surtout ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mes deux frères Abdelnacer et Hakim, et mes sœurs Samira, Zoubida, et Sassia, en témoignage de mon grand amour fraternel.

A toute ma famille paternelle et maternelle, mes amies et tous les membres du laboratoire.

A tout mes enseignants et professeurs.

Sans oublier à tous ceux que j'aime.

Naoual

Liste des figures	Pages
Figure 01 : origines de la salinisation.....	06
Figure 02 : (a) Graines de <i>Vicia faba major</i> , (b) Graines de <i>Vicia faba minor</i> , (c) Graines de <i>Vicia faba equina</i>	17
Figure 03 : Classification de <i>Vicia faba</i> L .Selon Muratova (1931).....	17
Figure 04 : Les graines de la féverole (<i>Vicia faba</i> L. var. <i>minor</i>).....	23
Figure 05 : Histogramme de distribution pondérale des graines de féverole.....	27
Figure 06 : Test de germination.....	27
Figure 07 : Effet de l'eau de mer sur la croissance de <i>Vicia faba</i> L.....	30
Figure 08 : Cinétique de germination de <i>Vicia faba</i> L.....	36
Figure 09 : Effet de l'eau de mer sur la surface foliaire des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	39
Figure 10 : Effet de l'eau de mer sur la perméabilité membranaire des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	42
Figure 11 : Effet de l'eau de mer sur les teneurs en proline des plantes de <i>Vicia faba</i> L....	43
Figure 12 : Effet de l'eau de mer sur les teneurs en chlorophylle totale des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	44
Figure 13 : Effet de l'eau de mer su la teneur en eau de la partie aérienne et racinaire des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	45
Figure 14 : Effet de l'eau de mer sur les teneurs en sodium Na ⁺ de la partie aérienne et racinaire des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	46
Figure 15 : Effet de l'eau de mer sur les teneurs en potassium de la partie aérienne et racinaire des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	47

Liste des tableaux	Pages
Tableau I : Caractéristiques des différentes catégories de sols salés.....	.05
Tableau II : Composition chimique de la fêverole.....	19
Tableau III : Teneurs en acides aminés des protéines de fêverole par rapport à la matière sèche (g/gN).....	20
Tableau IV: Les résultats des analyses physico-chimiques du sol.....	..34
Tableau V : Effet de l'eau de mer sur les paramètres morphologiques des plantes de <i>Vicia faba</i> L.....	39

Liste des abréviations

BAC : blocs complètement aléatoires

CE : conductivité électrique

CEC : capacité d'échange cationique

CISEAU : centre d'information sur l'eau agricole et ses usages

ESP : pourcentage de sodium échangeable

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

Ha : hectare

IPTRID : Programme international pour la technologie et la recherche en irrigation et drainage

Kcal : Kilocalories

LPA : longueurs des parties aériennes

LPR : longueurs des parties racinaires

MDT : matières dissoutes totales

meq : milliéquivalent

MF : Matière fraîche

MFA : masses fraîches totales des parties aériennes

MFR : masses fraîches totales des parties racinaires

Mha : Million hectare

mMhos/cm : Millimhos par centimètre

mmhos/cm : millimhos par centimètre

MO : matière organique

MS : masse sèche

mS/cm : milli Siemens/centimètre

MVF : Matière Végétale Fraiche

P : probabilité

PA : partie aérienne

Pf : poids des feuilles

Pm : perméabilité membranaire

ppm : particule par million

Pq : poids carré

PR : partie racinaire

q^x : quintaux

SF : surface foliaire

Sq : surface carré

TDS : taux de sel

TE : teneur en eau

UF : Unité Fourragère

USAID : United States American International Développement (Agence Américaine pour le Développement)

var : Variété

Sommaire

Sommaire**Pages**

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 01**Chapitre I : Synthèse bibliographique**

I. La salinité..... 03

1. Définition..... 03

2. Expression de la salinité..... 03

3. Mécanismes de la salinité..... 03

3.1. Salinisation primaire..... 03

3.2. Salinisation secondaire..... 04

4. Importance de la salinité..... 04

5. La salinité et la plante..... 04

2. Sols salés..... 05

2.1. Définition des sols salés..... 05

2.2. Caractéristiques des sols salés..... 05

2.3. Origines de la salinité des sols..... 06

2.3.1. Eau d'irrigation est saumâtre..... 06

2.3.2. Nappe superficielle est proche, avec une eau de qualité médiocre..... 06

2.3.3. Présence d'un aquifère côtier dont l'eau est prélevée pour l'irrigation..... 07

2.4. Les effets de l'excès de sels sur les sols..... 07

3. L'eau de mer..... 08

3.1. Notion de la Salinité.....	08
3.2. Définition de la salinité de l'eau de mer.....	08
4. L'eau et la plante.....	08
4.1. Importance de l'eau pour les plantes.....	08
4.2. Absorption de l'eau.....	08
4.3. L'utilisation des eaux sales pour l'irrigation.....	09
4.4. Origine et nature des eaux salés.....	09
4.5. Effets des eaux salées sur la végétation et sur le sol.....	09
5. Effet de la salinité sur les végétaux.....	10
6. Le stress.....	10
6.1. Effets du stress salin sur les plantes.....	12
6.2. Mécanismes de réponses des plantes au stress.....	13
6.2.1. La tolérance des plantes au stress salin.....	13
6.2.2. L'adaptation à la salinité.....	13
II. Légumineuses (<i>Fabaceae</i>).....	15
1. Généralités sur la fève.....	15
1.1. Description de la fève.....	15
1.2. Origine géographique.....	16
1.3. Caractères botaniques.....	16
1.3.1. Classification botanique.....	16
1.3.2. Caractères taxonomiques.....	18
1.4. Valeur nutritionnelle et utilisation.....	18
1.4.1 Valeur azotée.....	18
1.4.2. Valeur énergétique.....	19

1.4.3. Utilisation par le bétail.....	21
1.4.4. Utilisation de la plante entière.....	21
1.5. Intérêts.....	21
1.5.1. Intérêt alimentaire.....	21
1.5.2. Intérêt économique.....	21
1.5.3. Intérêt écologique.....	22
1.6. Exigences.....	22

Chapitre : Matériels et Méthodes

1. Matériels.....	23
1.1. La plante.....	23
1.2. Le sol.....	23
1.3. L'eau de mer.....	23
2. Méthodes.....	23
2.1. Analyse pédagogiques du sol.....	23
2.1.1. Mesure de l'humidité résiduelle du sol.....	24
2.1.2. pH du sol.....	24
2.1.3. Dosage du carbone organique.....	24
2.1.4. Dosage de l'azote total du sol.....	25
2.1.5. Dosage du calcaire total	25
2.1.6. Dosage du calcaire actif du sol (Méthode Drouineau-Gallet).....	25
2.1.7. Mesure de la conductivité électrique.....	25
2.1.8. Analyse granulométrique du sol.....	25
2.1.9. Détermination de la capacité d'échange cationique(C.E.C).....	26
2.1.10. Dosage du phosphore du sol.....	26
2.2. Méthodes d'analyse du végétal.....	26
2.2.1. Préparation des graines.....	26
2.2.2. Test de germination.....	27

2.2.3. Effet de l'eau de mer sur la germination de <i>Vicia faba</i> L.....	28
2.3. Effet de l'eau de mer sur le développement des plantules de <i>Vicia faba</i> L.....	28
2.3.1. Installation et conduite de l'essai expérimental.....	28
2.3.2 Paramètres mesurés	30
2.3.2.1. Mesures des paramètres morphologiques.....	30
2.3.2.2. Mesures des paramètres éco-physiologiques.....	31
2.3.2.3. Mesures des paramètres de la nutrition minérale.....	32
2.4. Analyse statistique.....	33

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Caractérisation physico-chimique du sol.....	34
2. Effet de l'eau de mer sur la cinétique et le taux de germination final de <i>Vicia faba</i> (L.).....	35
2.1. Taux de germination.....	35
2.2. Cinétique de germination.....	36
3. Effet de l'eau de mer sur les paramètres morfo-physiologiques.....	37
3.1. Les paramètres morphologiques.....	37
3.2. Les paramètres physiologiques.....	41
3.2.1. Perméabilité membranaire.....	41
3.2.2. La proline.....	42
3.2.3. La chlorophylle totale.....	43
3.2.4. Teneur en eau.....	44
3.2.5. La composition minérale des différentes parties de la plante.....	45
Conclusion	48
Références bibliographiques	49

ANNEXES

Introduction

INTRODUCTION

La salinité affecte de grandes surfaces terrestres et limite la productivité des végétaux. Dans plusieurs régions du monde, cette situation est aggravée par la raréfaction des réserves en eau douce (Mehani *et al.*, 2012). Dans les zones arides et semi arides, notamment dans le bassin méditerranéen, la salinisation des sols constitue l'un des facteurs abiotiques majeurs qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole. Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares des sols salés. L'Algérie, dont une grande partie des régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi aride, est touchée par le processus de salinisation des sols. Actuellement, près de 3,2 millions d'hectares affectés (Hadjadj *et al.*, 2011). Aujourd'hui, 25% environ des terres irriguées sont confrontées à ce problème, la salinisation des sols de ces régions souvent fertiles n'est pas seulement liée aux conditions climatiques, mais également à l'activité de l'homme qui, pour des raisons économiques, a développé une agriculture intensive souvent mal contrôlée. Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie ont obligé les agriculteurs à irriguer en quantité importante et, souvent avec une eau saumâtre. Les sels se sont accumulés au cours des ans à la surface des sols sans pouvoir être lessivés par la rareté des eaux de pluies, rendent ainsi peu à peu les terres impropres à la culture. En effet, la présence de sels dans un sol, en affectant les mécanismes physiologiques de la plante, est un facteur limitatif majeur de la productivité agricole, la majorité des plantes cultivées appartiennent à des espèces sensibles, à divers degrés, à la salinité et ont, dans ces conditions, des rendements très faibles (Levigneron *et al.*, 1995).

Le taux élevé de sel dans les sols ou les eaux d'irrigation est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (Zaman-Allah *et al.*, 2009). La salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète dont 3.8 % sont situés en Afrique. Ce phénomène devient de plus en plus inquiétant car la salinité réduit la superficie des terres cultivables et menace la sécurité alimentaire dans ces régions (Benidire *et al.*, 2015).

Pour évaluer l'effet de la salinité de l'eau de mer sur les plantes, nous nous sommes intéressés à une légumineuse, la fève (*Vicia faba* L.).

Cette espèce, représente environ 50% de la production locale en Algérie (Belkhodja et Soltani, 1992). L'espèce *Vicia faba* L., l'une des plus anciennes légumineuses alimentaires domestiquées dans le monde, joue un rôle important dans les systèmes agricoles des pays méditerranéens. Elle n'est pas seulement importante pour la nutrition humaine, mais contribue également à la nutrition animale (Abbes et al., 2010).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de l'eau de mer sur quelques paramètres morfo-physiologiques de cette espèce.

La présente étude comporte trois chapitres :

- le premier chapitre porte sur une synthèse bibliographique est subdivisé en deux sous chapitres dont le premier sur la salinité et le deuxième sur la plante : *Vicia faba* L.
- le deuxième chapitre est consacré à la méthodologie de travail et le matériel adopté au laboratoire.
- Le dernier chapitre est consacré aux résultats et discussion.
- Nous finalisons ce modeste travail avec une conclusion de résultats obtenus de l'effet de l'eau de mer sur les paramètres morfo-physiologiques.

CHAPITRE I :

Synthèse bibliographique

I. LA SALINITE**1. Définition**

La salinité est la quantité de sels actuelle accumulée dans le sol ou dans les organes d'une plante (Boumaaza, 2011).

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin, peut aussi être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

2. Expression de la salinité

La salinité des sols se mesure par la résistivité des extraits des sols, qui permet de calculer leur teneur en sels solubles. Cette salinité s'exprime en conductibilité spécifique à 25°C, de la solution obtenue à partir du sol, soit CE à 25°C, en mmhos /cm (Lallemand-Barrés., 1980).

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique est exprimée en milliSiemens/centimètre (mS/cm) (Couture, 2004).

3. Mécanismes de la salinité**3.1. Salinisation primaire**

La salinisation primaire résulte du processus d'altération des roches et la migration, et le dépôt des sels dissous dans l'eau dépendent des caractéristiques du milieu naturel et des précipitations. 80% des terres salinisées ont une origine naturelle, due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou des apports naturels externes.

Dans les régions arides ou semi arides, le lessivage et le transport en profondeur des sels dissous n'existent plus et l'évapotranspiration importante favorise la concentration des sels dans le sol. Dans les régions côtières l'intrusion d'eaux salées et la submersion des terres basses par l'eau de mer provoquent la salinisation de l'eau souterraine et celle des sols (Lallemand-Barrés, 1980).

3.2. Salinisation secondaire

Des sols irrigués due à l'accumulation des sels solubles dans le sol. Elle résulte de divers facteurs dont l'irrigation avec des eaux de mauvaise qualité, un lessivage insuffisant, un drainage inefficace, un taux important d'évaporation, des remontées du niveau des nappes (Lallemand-Barrés, 1980).

20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine anthropique, induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles en particulier à l'irrigation (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

4. Importance de la salinité

La teneur en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique (Baba Sidi-Kaci, 2010).

La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles de NaSO_4 , de NaCl , de MgSO_4 et de NaCO_3 (Asloum, 1990).

5. La salinité et la plante

La salinisation des sols se manifeste comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes (Bouda et *al.*, 2011). La mauvaise qualité des eaux d'irrigation entraîne une accumulation de sels dans le sol qui affectent de grandes surfaces et limite la productivité des végétaux (Bissati et *al.*, 2011).

La physiologie des plantes poussant dans des sols salés est ainsi altérée, ce qui réduit leur croissance et leur rendement (Besri et *al.*, 2011 cité par Ghamnia, 2014). Le sel perturbe le développement des végétaux en limitant l'assimilation des éléments nutritifs et en réduisant la qualité de l'eau à disposition pour les végétaux.

Une plante cultivée sur un sol riche en sel doit faire face à la pénétration du sel dans ses tissus. Ce dernier est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires (Levigneron et *al.*, 1995).

2. SOLS SALES

2.1. Définition des sols salés

La salinisation du sol est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'en suit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol. Près de 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'ha) souffrent, à des degrés divers, par des problèmes de salinisation. De plus, 0,5 à 1% des surfaces irriguées sont perdues pour la culture chaque année (1,5 à 2 millions d'ha) (Mermoud, 2006).

2.2. Caractéristiques des sols salés

Les sols affectés de problème de salinité présentent des concentrations excessives en sels solubles (sol salins), en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) ou les deux (sol alcalino-salins).

Les sels solubles concernés sont essentiellement : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- (bicarbonates), CO_3^{2-} et NO_3^- (Mermoud, 2006).

➤ Appréciation du niveau de salinité d'un sol

- Conductivité électrique à 25 °C d'un extrait de pate saturée
- Alcalinité représentée par le pourcentage de sodium échangeable (ESP) (Mermoud, 2006).

Tableau I : Caractéristiques des différentes catégories de sols salés

	CE à 25°C (ms.cm⁻¹)	ESP
Sols salins	> 4	< 15
Sols alcalins (sodiques)	< 4	> 15
Sols alcalino-salins	> 4	> 15

2.3. Origines de la salinité des sols

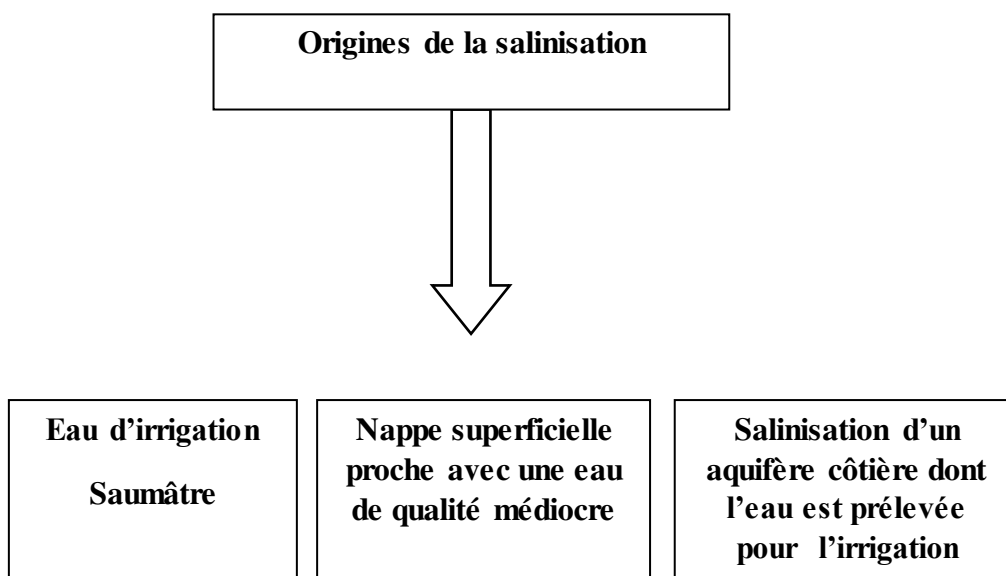


Figure 1 : origines de la salinisation (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

2.3.1. Eau d'irrigation saumâtre

Lorsque l'eau d'irrigation utilisée est saumâtre, ce sont les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation qui sont à l'origine de la salinisation des sols.

2.3.2. Nappe superficielle proche, avec une eau de qualité médiocre

L'agriculture irriguée modifie d'un côté l'équilibre en eau et de l'autre le niveau des nappes souterraines, l'évapotranspiration et la transpiration. L'agriculture irriguée entraîne un apport d'eau supplémentaire aux nappes souterraines superficielles.

Les besoins en lessivage qui supposent un apport d'eau supérieur aux besoins des plantes, mais également une mauvaise gestion du transport et de l'application de l'eau (pertes) entraînent une remontée des nappes vers la surface du sol.

La présence de la nappe phréatique réduit la profondeur jusqu'à laquelle les sels sont lessivés. La demande évapotranspiratoire peut être directement prélevée de la nappe, l'eau chargée des sels lessivés est alors entraînée dans un mouvement ascendant appelé remontée capillaire. Au cours de cette ascension, l'eau est progressivement évapotranspirée ce qui concentre la solution du sol. C'est le processus d'évapoconcentration. Ce phénomène, non seulement annule le lessivage, mais entraîne à nouveau les sels dans la partie supérieure du sol, la plus sensible pour la croissance des plantes.

Les nappes phréatiques des périmètres irrigués sont souvent riches en sels. D'une part, elles recueillent les eaux lessivant les sels et, d'autre part, lors de leur remontée, elles peuvent remobiliser des sels des couches profondes, précipités en surface lors du processus d'évapotranspiration (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

2.3.3. Présence d'un aquifère côtier dont l'eau est prélevée pour l'irrigation

Des pompages excessifs d'eau douce dans les nappes phréatiques côtières peuvent entraîner des dépressions, comblées par les eaux de mer voisines. L'eau de mer pénètre par le sous-sol par effet de contraste de densité entre l'eau douce continentale et l'eau salée (l'eau de mer contient en moyenne 30 grammes de sel par litre, et est donc plus dense et plus lourde que l'eau douce). Ce phénomène est connu sous le nom d'intrusion de biseau salé. Cette intrusion, au delà d'une position naturelle de faible pénétration, est quasi systématiquement la conséquence d'une surexploitation de l'aquifère (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

2.4. Les effets de l'excès de sels sur les sols

La salinité est l'un des facteurs majeurs responsables de la détérioration des sols en les rendant impropres à l'agriculture (Benidire et *al.*, 2014). Le phénomène de salinisation des sols est un facteur de désertification ; il provoque une dégradation des propriétés biologiques, chimiques et physique des sols (Qadir et Schuber, 2002). Cette dégradation des propriétés des sols a pour conséquence une diminution de leur fertilité, qui entraîne une réduction des rendements des cultures et l'abandon des terres, et parfois la disparition du couvert végétal naturel remplacé par d'immenses étendues de zones salées (Boivin et Job, 1988, cité par Diouf et *al.*, 2013). Cette altération des conditions édaphiques constitue donc un stress indirect pour la croissance des plantes (Allaoui, 2006).

La salinisation a pour principales conséquences une augmentation de la pression osmotique, une toxicité pour les végétaux dus à l'accumulation de certains ions, dont Na^+ est une dégradation du sol (Ghamnia, 2014).

3. L'EAU DE MER

3.1. Notion de la salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^{2+}), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}), et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires (Couture, 2004).

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (Densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (Olivier le Calvé, 2002).

3.2. Définition de la salinité de l'eau de mer

La salinité est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée (Olivier le Calvé, 2002).

4. L'EAU ET LA PLANTE

4.1. Importance de l'eau pour les plantes

Le suc végétal est toujours riche en eau et la fonction chlorophyllienne ne peut s'exercer qu'en sa présence ; les premiers produits de la photosynthèse peuvent être considérés comme le résultat de la condensation de gaz carbonique et d'eau.

L'eau provoque la turgescence des cellules qui caractérise leur vitalité et permet aux phénomènes d'osmose de se produire, constituant ainsi une régulation de la nutrition minérale aux dépens des sels dissous par l'eau. Elle joue aussi un rôle de régulateur thermique des tissus (Durand, 1973).

4.2. Absorption de l'eau

La plante peut absorber de l'eau de deux façons :

- Par les organes aériens, elle est alors absorbée par les feuilles, mais cette quantité reste toujours faible.

- Par les racines qui fournissent la quasi totalité de l'eau nécessaire. Cette absorption d'eau est un phénomène d'osmose et c'est cela qui est extrêmement important pour l'agriculture irriguée et l'utilisation des eaux d'irrigation (Durand, 1973).

4.3. L'utilisation des eaux salées pour l'irrigation

L'eau de mer renferme en moyenne 35g de sels par litre, avec forte prédominance en NaCl; toutefois sa concentration globale varie, suivant les mers, de 33 à 39 dans les grands océans et la méditerranée, à 6,33 dans la caspienne.

Les eaux telluriques sont plus ou moins chargées de sels mélangés en proportions diverses.

La concentration des eaux (nappes et rivières) subit d'ailleurs des fluctuations saisonnières avec maximum en fin de saison sèche et chaude (Georges, 1957).

4.4. Origine et nature des eaux salées

Les eaux salées proviennent, soit de la mer, soit de la terre (sources, rivières, nappes phréatiques, et artésiennes). La pluie, surtout à proximité de la mer, contient de faibles traces de sels, surtout NaCl; elle ne peut, en raison de sa dilution, être considérée comme un facteur de salinisation des sols, mais elle peut contribuer à leur alcalinisation et à leur solodisation (Georges, 1957).

4.5. Effets des eaux salées sur la végétation et sur le sol

L'eau d'irrigation agit sur les plantes par les modifications que son apport fait subir au sol et à sa solution.

L'ordre de classement des espèces en ce qui concerne la tolérance à l'égard de la salinité de l'eau d'irrigation est donc le même que pour la salinité de la solution sol.

Mais l'irrigation irrationnellement conduite avec des eaux salées détériore et stérilise les terres en provoquant leur salinisation.

Même une eau peu saline peut, à la longue, saler les sols pauvres en calcium, puis agir sur leurs propriétés physiques.

Par contre, d'autres sols supportent des apports de sels nettement plus élevés.

Le problème d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation est agro-pédologique plutôt qu'immédiatement biologique, car les végétaux supportent des degrés de salure supérieurs à ceux qui entraînent la dégradation du sol au bout d'un certain temps (Georges, 1957).

5. Effet de la salinité sur les végétaux

- **Effet physiologique**

La présence de sels solubles en forte concentration dans le sol, affecte les mécanismes physiologiques de la plante et constitue un facteur limitant majeur de la production végétale (Mehani et *al.*, 2012).

La majorité des plantes cultivées appartiennent à des espèces sensibles, à divers degrés, à la salinité et ont, dans ces conditions, des rendements très faibles. La germination des graines est le premier stade physiologique affecté par la salinité (Levigneron et *al.*, 1995).

- **Effet agronomique**

La salinité du sol constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole (Bissati et *al.*, 2011). Elle influence la croissance et la qualité des fruits dont l'aspect (fruits plus petits et nécrosés) et la qualité organoleptique sont modifiés, et dans la valeur marchande devient médiocre (Levigneron et *al.*, 1995).

6. Le stress

a. Définition de stress

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante (Hopkins, 2003 cité par Baba-Sidi-Kassi, 2010).

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (Jones et *al.*, 1989).

La plante dans son environnement est exposée aux différentes contraintes biotiques et abiotiques (El Feriha, 2010).

b. Les formes de stress**1. Biotiques**

Les organismes vivants, lesquels peuvent détériorer les plantes, ils ont pour origine les virus, champignons, les bactéries, vers, morsure (Siefritz et *al.*, 2002).

La plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (Shilpi et Narendra, 2005 cité par Ghamnia, 2014).

2. Abiotiques

Le stress abiotique est toute condition environnementale défavorable empêchant la plante de se développer normalement et de se reproduire (Kotchoni et *al.*, 2006). Ce stress peut être induit par des hautes ou basses températures, déficit nutritionnel, la sécheresse, d'un stress oxydatif, de la lumière, l'eau, l'oxygène, l'hypoxie, la salinité (Siefritz et *al.*, 2002).

✓ Stress salin

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées. Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes (Levigneron et *al.*, 1995).

✓ Stress hydrique

Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par une plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure, d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol et, d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence (Levigneron et *al.*, 1995).

✓ Stress ionique

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique (Levigneron et *al.*, 1995).

✓ Stress nutritionnel

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (Levigneron et *al.*, 1995).

6.1. Effets du stress salin sur les plantes**a. Sur la germination**

La germination des graines est le stade le plus sensible au stress salin et au stress hydrique (Boulghalagh et *al.*, 2006). En effet, la germination des graines est le premier stade physiologique affecté par la salinité (Levigneron et *al.*, 1995 ; Maillard, 2001).

La présence excessive des sels solubles peut causer une forte pression osmotique chez les plantes et l'inhibition de germination des graines (El Feriha, 2010). Le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des graines (M'Barek et *al.*, 2001).

b. Sur l'absorption

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Jabnoue, 2008).

En présence de sel, l'absorption des cations Na^+ , Ca^{+2} , et Mg^{+2} dépasse souvent celle des anions Cl^- , PO_4^- et NO_3^- , ce qui engendre un déficit anionique pour le végétal. Dans les feuilles, les chlorures (Cl^-) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le Na^+ (Rahmoune et *al.*, 2000).

c. Sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina et *al.*, 2000). En effet, les sels accumulés dans le sol ou dans l'eau d'irrigation peuvent limiter ou arrêter complètement la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et ou à l'effet toxique spécifique des éléments (Arbaoui et *al.*, 1999).

La salinité peut augmenter la croissance et le développement des plantes ; mais à un certain taux, le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules (Guerrier, 1983). La salinité influence également sur la croissance et la qualité des fruits (Levigneron et *al.*, 1995).

d. Sur la photosynthèse

La teneur en sel élevée dans les tissus influence directement les enzymes photosynthétiques et par voie de conséquence les réactions d'échange de lumière et de gaz (El-Hendawy, 2005). L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels et l'espèce de la plante, ce qui est évident qu'une concentration basse de sels peut stimuler la photosynthèse. Un environnement stressant qui affecte la croissance, affecte évidemment la photosynthèse (Ommamie, 2005). La plupart des stress environnementaux et en particulier le stress salin diminuent la croissance et réduisent nettement le taux de la photosynthèse (Kawaski et *al.*, 2001, Chaves et *al.*, 2009).

6.2. Mécanismes de réponses des plantes au stress

6.2.1. La tolérance des plantes au stress salin

La tolérance au sel d'une culture s'évalue soit en fonction du critère biologique (survivance ou dans un milieu salin), soit en fonction du rendement relatif d'une culture sur sol salin comparé à son rendement sur sol non salin.

On peut aussi évaluer le rendement absolu d'une culture sur sol salin, qui détermine le choix d'un assolement en milieu salin (Lallemand-Barrés, 1980).

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte de processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrat à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sodium dans ses tissus (Ghamnia, 2014).

6.2.2. L'adaptation à la salinité

Selon (Levitt, 1980), On distingue deux types d'adaptation.

- **Adaptation élastiques (ou capacité d'adaptation)**

Concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence de stress (Levitt, 1980).

- **Adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation)**

Inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant (Levitt, 1980).

II. LEGUMINEUSES (*FABACEAE*)

La famille des légumineuses (*Fabaceae*) compte plus de 18000 espèces regroupées en 714 genres et elle est la troisième plus grande famille d'Angiospermes (ou plantes à fleurs). Elle est de répartition mondiale et sous toutes les conditions climatiques. Elle comprend des espèces alimentaires (pois, fèves, haricot...) ornementales (arbre de judée...), de gomme (résine d'acacia) et fourragères (luzerne, soja,...) (Lewis et *al.*, 2005).

Cette famille est subdivisée en trois sous-familles : Cesalpiniacée, Mimosacée et Papilionacée Cette dernière constitue la plus grande sous-famille des *Fabaceae* avec 28 tribus, 478 genres et environ 13 800 espèces. (De Faria et *al.*, 1989). Les membres de cette sous-famille sont principalement des herbacées et elles fournissent le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales.

Dans la flore algérienne, les *Fabaceae* sont représentées par environ 360 espèces et sous espèces, dont 41% rares à très rares et 13% endémiques au sens large (d'après Quézel et Santa, 1962). Du fait de son importance fourragère et pastorale, cette famille a bénéficié d'une attention particulière de la part de différentes équipes de recherche (Amirouche et Misset, 2009).

1. Généralités sur la fève

1.1. Description de la fève

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse (*Fabaceae*) dont la culture est d'origine méditerranéenne. Elle est aujourd'hui parmi les plantes légumières les plus cultivées dans le monde. Sa culture dans les pays du bassin méditerranéen représente presque 25% de la surface totale cultivée et de la production mondiale de fèves, avec un rendement très proche de la moyenne mondiale (Saxena, 1991).

En Afrique du nord, elle représente une source alimentaire de première importance. En Algérie, on la cultive sur les plaines côtières et les zones sublittorales. Avec une surface cultivée d'environ 65000 ha et une production comprise entre 20000 et 38000 tonnes par an (Zaghouane, 1991). Elle occupe la première place parmi les légumes secs.

C'est une espèce qui présente plusieurs systèmes de reproduction. Elle peut être, selon les lignées, autogame ou allogame (Le Guen et *al.*, 1993 ; Pierre et *al.*, 1997, 1999).

La pollinisation figure parmi les facteurs limitant des lignées allogames (Benachour et *al.*, 2007).

La fève est une plante à feuilles glabres, composée de 2 ou 3 paires de folioles opposées de forme ovale. Les fleurs blanches ou violacées sont disposées par grappes de 2 à 9 situées à l'aisselle des feuilles.

La pollinisation est allogame, entomophile (bourdons) pour environ 40-50 chez le type « hiver ». Elle s'effectue par déclenchement de la colonne staminale encastrée dans la carène de la fleur, lors de l'entrée de l'insecte.

Le fruit est une gousse disposée en bouquets à l'aisselle des rameaux foliaires. D'abord verte, elle est noirâtre à maturité ; elle contient quelques graines brun noirâtre à noire, à hile clair ou noir (Moule, 1972).

1.2. Origine géographique

L'espèce *Vicia Faba* serait originaire du sud-ouest de l'Asie (sud de la mer caspienne), du moins pour les formes à petits grains (fèves). Les formes à gros grains (fèves) auraient une origine africaine.

L'homme aurait très tôt utilisé *Vicia Faba* pour sa nourriture : l'espèce était déjà largement répandue au néolithique en Espagne, Italie, Hongrie et France (Moule, 1972).

1.3. Caractères botaniques

1.3.1. Classification botanique

Les fèves et fève sont des légumineuses (*Leguminosae*) appartenant au genre *Vicia* et à l'espèce *faba* à $2n=12$ chromosomes. Cette espèce présente une assez grande variabilité morphologique (poids, forme, coloration du grain, hauteur des plantes).

La fève, *Vicia faba* L., est une légumineuse dont la classification prête encore aujourd'hui à discussion. Un consensus est cependant généralement trouvé sur la classification de Muratova (1931), cité par Gallais et Bannerot (1992) qui subdivise l'espèce en deux sous espèces, *paucijuga* et *eu-faba*. Dans le groupe *eu-faba*, cette classification, basée sur une différence de poids, de taille et de forme des graines, distingue trois variétés botaniques (Gallais et Bannerot, 1992).

Vicia faba var. *minor*, représentent la fève au sens large, à petits grains, destinées à l'alimentation du bétail.

Vicia faba var. *equina*, appelée fève ou fève dans certaines régions, à grains moyens (1 g au maximum), utilisée pour l'alimentation du bétail.

Vicia faba var. *major* : correspond à la fève potagère, à très gros grains de plus de 1g. Utilisée à la consommation humaine.

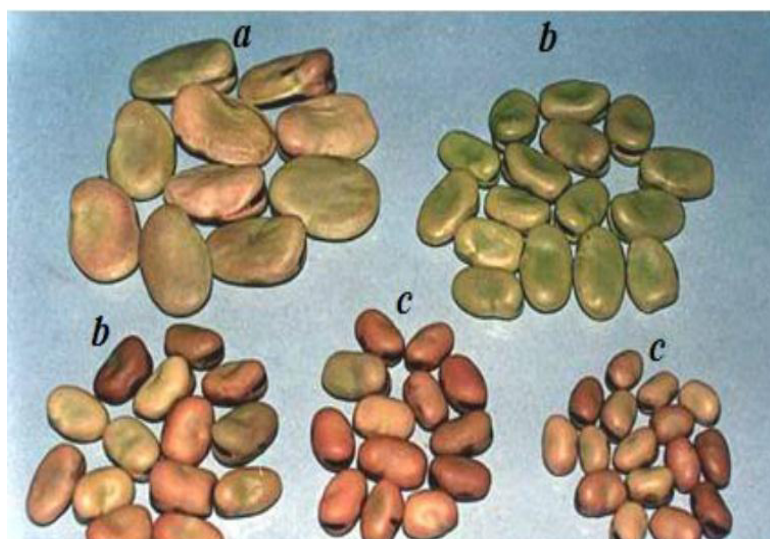


Figure 02 : (a) Graines de *Vicia faba major*, (b) Graines de *Vicia faba minor*, (c) Graines de *Vicia faba equina*

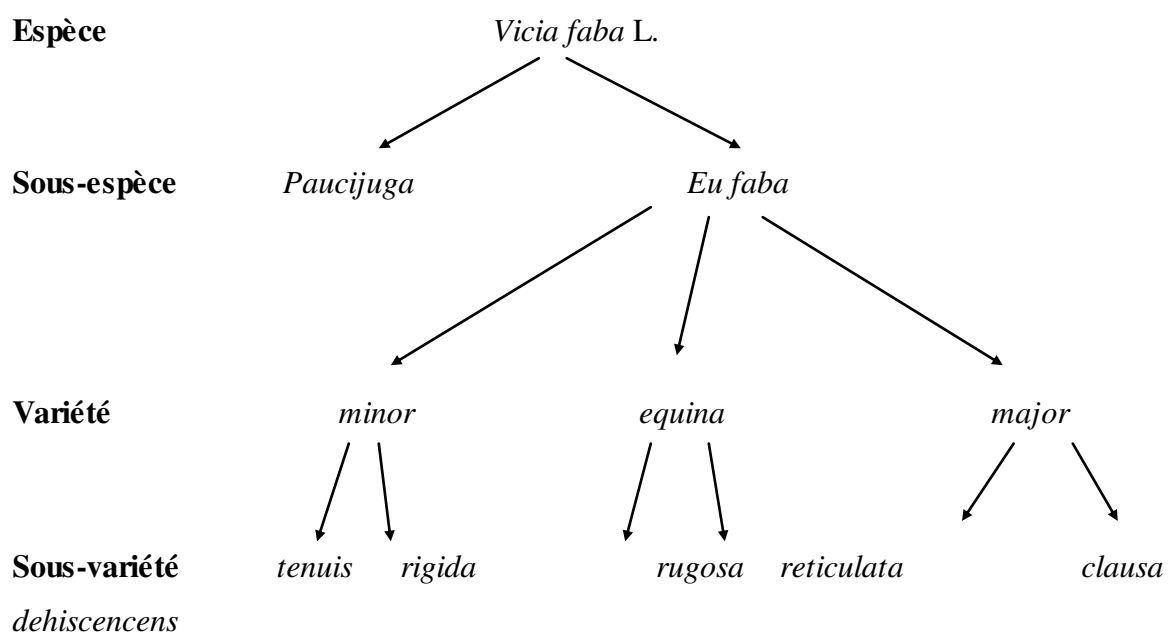


Figure 3 : Classification de *Vicia faba* L. selon Muratova (1931).

1.3.2. Caractères taxonomiques

D'après Wojciechowski et *al.* (2004), cette classification a été décrite comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : fabales

Famille : fabaceae

Genre : *Vicia*

Espèce : *Vicia faba* L.



1.4. Valeur nutritionnelle et utilisation

Les fèves et fêveroles sont cultivées soit pour leurs grains secs, soit comme fourrage ou comme engrais vert (fêverole seulement).

La fève entre exclusivement dans l'alimentation humaine (incorporation de farine de fève en boulangerie).

La graine de fêverole entre, principalement, comme complément azoté dans l'alimentation des animaux domestiques (Moule, 1972).

1.4.1. Valeur azotée

La graine de fêverole contient, selon les variétés 24 à 30% de matières azotées. Comparée aux autres graines de légumineuses, la fêverole est plus riche en matières azotées que le pois fourrager (20-22%), mais moins riche que lupin (30 à 40%) (Moule, 1972).

Tableau II : Composition chimique de la fèveole (Moule, 1972).

Composition % :	Fèveole		
	Graine entière	Amende	Tégument
Matière sèche	85	89	89,7
Matières minérales	3	3,4	2,6
Matière organique	82	85,6	87,1
Matières azotées	25,8	32,5	7,8
Matières grasses	1,2	1,2	0,4
Cellulose brute	7,1	1,8	40,8
Extractif non azoté	47,8	50	38,1

Sur le plan qualitatif, les protéines de fèvesoles, comme d'ailleurs celle des autres légumineuses, présentent un déficit important en acides aminés soufrés, mais leur intérêt réside surtout dans leur teneur élevée en lysine (6,5 à 7g par 16g d'azote), ce qui leur confère une bonne valeur de supplémentation vis-à-vis des protéines des céréales Tableau 2 (Moule, 1972).

1.4.2. Valeur énergétique

La graine de fèveole contient de 7 à 11% de cellulose brute et de 45 à 48 d'extractif non azoté. Sa valeur énergétique serait de l'ordre de 1 UF, donc équivalente à celle de l'orge (Moule, 1972).

Tableau III : teneurs en acides aminés des protéines de féverole par rapport à la matière sèche (g/16N) (Moule, 1972).

Matières azotées/matière sèche	Fèverole	
	Pauvre	Riche
	en azote	
	22,8	26,8
Acide aspartique	11,2	11,5
Thréonine	3,8	3,6
Sérine	5	4,9
Acide glutamique	17,3	17,25
Proline	4,2	4,1
Glycine	4,45	4,25
Alanine	4,3	4,1
Valine	5,1	4,7
Isoleucine	4,5	4,4
Leucine	7,7	7,25
Tyrosine	3,6	3,6
Phénylalanine	4,4	4,2
Méthionine	0,9	0,8
Cystine	1,45	1,6
Méthionine + cystine	2,35	2,4
Lysine	7,2	6,5
Histidine	2,7	2,7
Arginine	9	9,65
Tryptophane	0,9	0,9

Pour le porc, la valeur énergétique de la féverole serait, selon Nehring et Werner (1956) cités par Henry (1970), de 3 436 Kcal d'énergie métaboliste et 2 443 Kcal d'énergie nette par kilogramme de matière sèche, avec un coefficient d'utilisation digestible de l'énergie de 85,7%.

Pour le poulet, Carpenter et Johnson (1986) cités par Henry 1970) ont trouvé 3 330 Kcal d'énergie métabolisable par kilogramme de matière sèche pour la variété 'Strube' et 2 990 Kcal pour une moyenne de 3 variétés.

1.4.3. Utilisation par le bétail

S'apparentent assez bien, sur le plan azoté, au tourteau de soja, et sur le plan énergétique, à l'orge. La fève apparaît comme pouvant se substituer plus ou moins partiellement à ces aliments dans la ration des porcs, des volailles et des bovins (Moule, 1972).

1.4.4. Utilisation de la plante entière

Le fourrage de fève peut être exploité soit pour consommation en vert, soit, mieux encore, pour ensilage ou pour la déshydratation.

Enfin, la fève peut constituer un excellent engrais vert (40-50 t de matière verte à l'hectare) (Moule, 1972).

1.5. Intérêts

1.5.1. Intérêt alimentaire

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse dont la graine est particulièrement riche en protéines. Elle est susceptible de remplacer une partie du soja utilisé dans l'alimentation animale (Bernard et al., 1990).

La fève (*Vicia faba* L.) est l'une des plus anciennes légumineuses alimentaires domestiquées et la plus cultivée dans le monde. Elle constitue une source de protéine importante pour l'alimentation de l'homme et celle des animaux d'une part (Abbes et al., 2010 ; Al Mohandes dridi et al., 2011).

Elle représente aussi une source non négligeable de minéraux, des vitamines (vitamines B et C) et d'oligo-éléments, notamment de potassium, de magnésium et de fer (Kada, 2011 ; Gilles, 2012).

1.5.2. Intérêt économique

La fève permet une économie de la fertilisation azotée en raison de ses propriétés fixatrices d'azote atmosphérique (Al Mohandes dridi et al., 2011). Selon FAO, on cultivait en 1970 plus de 4700 000 ha de fèves sèches dans le monde, soit une production de 51 000 000 q^x.

Les principaux pays étaient l'Europe (730 000 ha) et notamment les pays méditerranéens (Italie, Espagne) et l'Afrique (532 000 ha) (Moule, 1972).

La fève *Vicia faba* L. est aujourd'hui parmi les plantes légumières les plus cultivées dans le monde. La récolte mondiale de fèves s'élève à 4.75 millions de tonnes dont : fèves vertes (1.02 millions de tonnes) et sèches (3.73 millions de tonnes) (FAO., 2002, cité par Ghamnia, 2013).

En Algérie, elle occupe toujours la première place parmi les légumes secs (Benachour et *al.*, 2007), avec une surface cultivée d'environ 49000 hectares, soit 46% de la superficie consacrée aux légumineuses, et une production, durant la campagne 2010, qui dépasse les 200000 qx/an (ITGC, 2010 cité par Kada, 2011).

1.5.3. Intérêt Ecologique

La fève est très sensible à la pollution, ce qui en fait un modèle végétatif utilisé en écotoxicologie dans un grand nombre d'étude (Nouri, 2012).

. Utilisée aussi en agriculture, peut pousser sur des sols de différentes natures, d'où son intérêt dans les expériences de terrain (Austruy, 2012).

1.6. Exigences

La culture des fèves est en soi peu exigeante, tant au niveau du climat (les fèves supportent des gelées jusqu'à -4°C mais repartent après une gelée plus forte) que du sol (bien que préférant un sol riche en humus).

La fève est une culture rustique, peu exigeante en éléments nutritifs. Dans un sol riche en humus, les apports ne sont pas indispensables. Dans un sol plus pauvre, un apport modéré (100kg à l'are) de compost bien mur permettra à la plante de se développer correctement (Gilles, 2012).

Compte tenu de ses exigences en eau, la fêverole a une préférence marquée pour les sols argileux riche en humus, à bon pouvoir de rétention en eau (20 à 25%), frais sans excès et suffisamment pourvus en calcium (limons du Nord, argiles de l'Est). Son système racinaire très puissant, a, par ailleurs, une action améliorante sur la structure du sol. Elle est très tolérante à l'égard de l'acidité du sol. Elle s'accommode de sols à pH allant de 5 à 8.

En apparence très fortes, les exportations en azote sont en réalité très faibles, puis que la fêverole fixe l'azote de l'air avec ses nodosités, les besoins en potasse sont par contre, très élevés (Moule, 1972).

CHAPITRE II :

Matériels et méthodes

1. Matériels

1.1. La plante

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre étude est composé de semences d'une variété locale de féverole (*Vicia faba* L. var. *minor*), couramment cultivée en Algérie (Figure 4). Les graines de cette variété nous ont été fournies gracieusement par un agriculteur de la région de Timezrit (Bejaia).



Figure04: Les graines de la féverole (*Vicia faba* L. var. *minor*),

1.2. Le sol

Le sol utilisé pour l'expérimentation provient des terres agricoles de la commune de Tichy située au nord-Est de la wilaya de Bejaia. Le prélèvement du sol a été effectué à une profondeur de 25cm environ dans une parcelle non cultivée. Il est ensuite acheminé au laboratoire et homogénéisé.

1.3. L'eau de mer

L'eau de mer utilisée a été prélevée de la plage d'Oued Das, située au Nord-Ouest de Bejaia. Après une période de décantation des impuretés, nous avons mesuré sa conductivité électrique, son pH et son taux de sel (TDS).

2. Méthodes

2.1. Analyse pédologique du sol

Le sol destiné à l'analyse pédologique a été séché à l'air libre pendant une semaine, puis tamisé à 2 mm. La fraction fine du sol obtenu a été soumise à une caractérisation physico-chimique comportant l'humidité résiduelle, la granulométrie, le pH, le calcaire total et calcaire actif, le carbone organique, l'azote total, le phosphore, la capacité d'échange cationique et les cations échangeables (calcium, magnésium, sodium et potassium).

2.1.1. Mesure de l'humidité résiduelle du sol

L'humidité de la terre est déterminée sur un échantillon de sol fraîchement prélevé et séché jusqu'à masse constante à 105°C. La différence de masse avant et après séchage sert de mesure pour la teneur en eau, exprimée en pourcentage de masse selon la formule suivante :

$$\%H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_3} * 100$$

Avec :

P_3 : poids de la tare vide

$P_1 - P_2$: poids de l'eau contenu dans l'échantillon de

$P_2 - P_3$: poids de sol sec contenu dans la tare.

2.1.2. pH du sol

Le pH du sol est déterminé par l'emploi d'un pH-mètre à électrode de verre préalablement étalonné à l'aide des solutions tampons de pH connu. La réaction du sol est déterminée sur une suspension aqueuse dans laquelle le rapport sol/eau = 1/2,5. Deux mesures de pH ont été déterminées :

- pH_{eau} ou acidité actuelle qui exprime la concentration en ions H^+ dissociés présents dans la solution du sol à un instant donné, en équilibre avec les radicaux qui les ont libérés et avec les autres ions dans le milieu.
- pH_{KCl} ou acidité potentielle qui correspond à la quantité totale des ions H^+ échangeables, capables d'être remplacés par un certain ion métallique (KCl) au fur et à mesure d'une neutralisation.

2.1.3. Dosage du carbone organique

La teneur du carbone organique du sol est déterminée par la méthode Anne modifiée. Le carbone de la matière organique est oxydé à chaud en CO_2 par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate de potassium non réduit est titré à froid par une solution réductrice de sel de de Mohr en présence du diphénylamine.

Le taux de matière organique du sol est déterminé selon la formule suivante :

$$\% MO = \% C \times 1.72$$

2.1.4. Dosage de l'azote total du sol

L'azote total du sol est déterminé par la méthode de Kjeldahl. Cette méthode est fondée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique et en présence d'un mélange catalyseur renfermant du sulfate de cuivre, de sulfate de potassium et de sélénium. L'ammoniac est libéré de sa forme combinée par distillation après alcalisation à l'aide d'une base forte (NaOH), recueilli dans une solution borique, puis dosé en retour par une solution d'acide sulfurique de titre connu.

2.1.5. Dosage du calcaire total

Le calcaire total du sol est déterminé par la méthode gazométrique grâce au calcimètre de Bernard. Son principe repose sur la propriété du carbonate de calcium (CaCO_3) de se décomposer sous l'action d'un acide (HCl). Le gaz carbonique dégagé est recueilli dans un tube gradué et son volume ainsi facilement mesuré.

$$\text{CaCO}_3(\%) = \frac{P.v}{p.V} * 100$$

2.1.6. Dosage du calcaire actif du sol (Méthode Drouineau-Gallet)

La détermination du calcaire actif concerne la fraction la plus fine du calcium des carbonates qui est précipitée par une solution d'oxalate d'ammonium puis un dosage de l'oxalate d'ammonium résiduel par du permanganate de potassium de titre connu en milieu sulfurique.

2.1.7. Mesure de la conductivité électrique

L'échantillon de sol est extrait dans un rapport d'extraction de 1:5 (m/V) avec de l'eau distillée, afin de dissoudre les électrolytes. La conductivité électrique (CE) de l'extrait filtré est mesurée à l'aide d'un conductimètre et exprimée en mmhos/cm et le résultat est corrigé à une température de 25°C.

2.1.8. Analyse granulométrique du sol

L'analyse granulométrique permet de déterminer la texture, en classant par catégorie de diamètre les particules minérales du sol selon l'échelle d'Atteberg. Elle est effectuée par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson.

La méthode consiste à détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée puis dispersions des ions enrobant les particules par l'hexamétaphosphate de sodium sous agitation. Les éléments les plus fins (argiles, limons fins) sont prélevés à la

pipette Robinson au cours de la sédimentation suivant la loi de Stokes et les autres (limons grossiers, sables fins et sables grossiers) sont séparés par tamisage.

2.1.9. Détermination de la capacité d'échange cationique (C.E.C)

La capacité d'échange cationique (CEC) correspond à la quantité maximale de cations que le complexe d'échange du sol peut fixer.

Selon la méthode de Schollenberger, on procède à l'échange, par percolation, des cations échangeables de l'échantillon de sol par les ions ammonium d'une solution aqueuse d'acétate d'ammonium (1M à pH 7.0). Les ions ammonium en excès sont éliminés avec de l'alcool éthylique. Une deuxième percolation par une solution aqueuse molaire de chlorure de potassium (KCl), on extrait les ions ammonium fixés.

La CEC, exprimée en milliéquivalents (méq) par 100 grammes de terre fine séchée, est déterminée selon la méthode de Metson par dosage des ions ammonium échangés selon la méthode de Kjeldahl.

Les cations échangeables dits basiques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+) sont déterminés dans le premier percolât. Les quantités de Na^+ et du K^+ à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme directement dans le percolât, alors que celles du Ca^{+2} et Mg^{+2} par complexométrie.

2.1.10. Dosage du phosphore du sol

L'extraction du phosphore assimilable est réalisée par la méthode Truog qui utilise une solution d'acide sulfurique (1N) avec une agitation pendant 2 heures.

Le phosphore en présence de molybdate-vanadate donne une coloration jaune susceptible d'un dosage calorimétrique. On établit la courbe d'étalonnage (Annexe 1) et on détermine la quantité de phosphore contenue dans un extrait de terre par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 400 nm.

2.2. Méthodes d'analyse du végétal

2.2.1. Préparation des graines

Afin d'éviter l'hétérogénéité de l'échantillon et réduire au maximum la variabilité des résultats due aux réserves des graines, nous avons réparti les graines de *Vicia faba* L. par classe de poids. Ainsi, 1000 graines triées en fonction de leur morphologie, leur taille et leur état sanitaire sont réparties par classe de poids. L'histogramme de la distribution pondérale (Figure 05) nous a permis de choisir la classe la plus représentative et la plus restreinte possible pour l'ensemble du lot. Dans toutes nos expériences, nous avons retenu les graines de la classe [0,41-0,5].

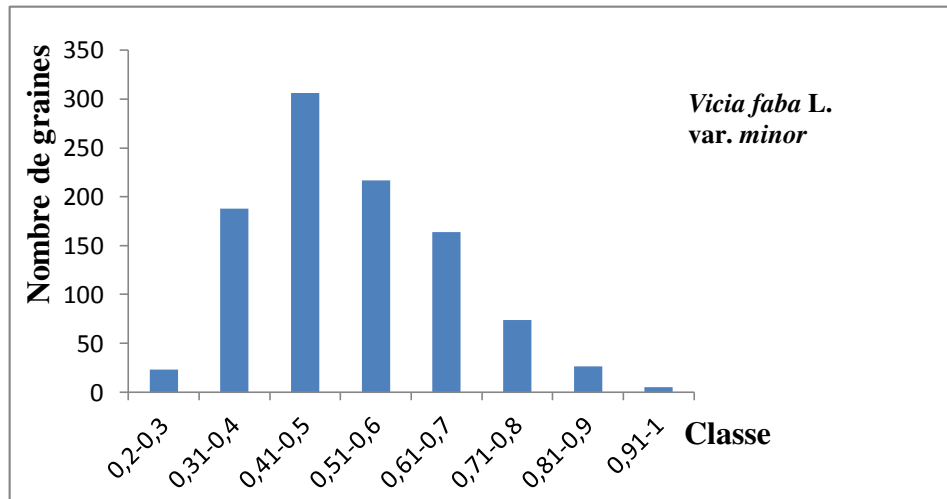


Figure 05 : Histogramme de distribution pondérale des graines de féverole

2.2.2. Test de germination

Ce test permet de connaître la faculté germinative (ou taux de germination) d'un lot de semences dans des conditions bien définies (Come, 1970).

Les graines de *Vicia faba* L. de la classe ([0,41-0,5]) sont stérilisées superficiellement dans de l'eau de Javel 1% pendant 10 min, puis rincées à l'eau distillée stérile. Les graines sont disposés par dix dans des boîtes de Pétri tapissées de papier wattman imbibé d'eau distillée. Les boîtes de Pétri sont ensuite mises dans une étuve d'incubation à 20°C. Les graines germées sont dénombrées quotidiennement en calculant le pourcentage cumulé de germination. L'émergence de la radicule étant l'indicateur de la germination. L'essai a porté sur 100 graines, soit 10 répétitions à raison de 10 graines par boîte de Pétri (figure 06).



Figure 06: test de germination

2.2.3. Effet de l'eau de mer sur la germination de *Vicia faba* L.

Afin d'évaluer l'effet de la salinité de l'eau de mer sur la germination de *Vicia faba* L., les graines ont d'abord été désinfectées par trempage durant 5 minutes dans une solution d'eau de Javel à 1%, puis rincées abondamment à l'eau distillée stérile.

Pour faciliter et homogénéiser leur germination, les graines ainsi traitées sont trempées durant 24 heures dans de l'eau distillée (imbibition), puis mises à germer dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre tapissées de papier filtre. Dans chaque boîte de Pétri sont versées 20 ml d'eau distillée pour le lot témoin et 20 ml de l'une des solutions d'eau de mer ayant les concentrations suivantes : eau de mer diluée de moitié à l'eau distillée (50%) et eau de mer (100%) pour les lots traités. Les boîtes sont ensuite enveloppées dans du papier aluminium et mises à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 20°C pour une période de 15 jours. Une graine est considérée germée lorsqu'il y a eu émergence de la radicule. L'essai prend fin lorsqu'après deux comptages successifs aucune germination n'est enregistrée.

Chaque traitement est répliqué 03 fois, à raison de 10 graines par boîte de Pétri et suivi tous les 24h pendant 15 jours. Le taux de germination est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines.

2.3. Effet de l'eau de mer sur le développement des plantules de *Vicia faba* L.

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer l'impact de la salinité de l'eau de mer sur le comportement éco-physiologique des plantes de *Vicia faba* L., ceci à travers l'analyse des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

2.3.1. Installation et conduite de l'essai expérimental

L'étude a été conduite en conditions semi contrôlées (température, humidité, luminosité) au niveau du laboratoire de biologie des sols de la faculté des sciences de la nature et de la vie (Université de Bejaia).

- Préparation des pots

La culture des plantes a été réalisée dans des pots en plastique d'une capacité de 2 Kg, ayant une hauteur de 11.5 cm et dont les diamètres supérieurs et inférieurs sont respectivement de 14.5 cm et de 9 cm. Afin de laisser drainer l'eau en excès et éviter l'asphyxie des plantules, le fond des pots a été perforé, puis tapissé de 300 g de gravier fin. Sur cette couche est déposé un filet de plastique perforé pour retenir le sol.

Le sol utilisé a subi un tamisage afin d'éliminer les débris végétaux, animaux et gravier pour n'obtenir que du sol fin. Ensuite, il est mis dans des pots à raison de 1kg par pot.

- **Mise en culture des plantes**

Afin de faciliter la germination, les graines de *Vicia faba* L. de la classe (0.41-0.5) sont sélectionnées selon leur morphologie, leur taille, leur couleur et leur aspect sanitaire (absence de contaminations). Celles-ci sont trempées dans de l'eau de Javel à 1% pendant cinq minutes, puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer les traces de chlore. Les graines sont ensuite semées dans des alvéoles pour la production de plantules à raison d'une graine par alvéole contenant de la tourbe humidifiée. Pour éviter l'assèchement des graines, le plateau d'alvéoles est arrosé avec de l'eau courante jusqu'au développement des plantules.

- **Repiquages des graines germées**

Après l'apparition des premières feuilles, les plantules de fêverole sont repiquées soigneusement et mises en pots à raison de 3 plantules par pot à une profondeur de 2 cm avec un léger tassement, puis immédiatement arrosés à l'eau courante à 60% de la capacité de rétention du sol.

- **Dispositif expérimental**

Les plantes ont d'abord été arrosées à l'eau courante pendant leur installation (10 jours). Une fois installées (stade 4 feuilles), les plantes ont été irriguées tous les trois jours à 60% de la capacité de rétention du sol, avec l'une des solutions des traitements suivants :

- ✓ à l'eau de robinet : plantes témoins (Traitement T1).
- ✓ à l'eau de mer diluée à 50% à l'eau distillée : plantes traitées (Traitement T2).
- ✓ à l'eau de mer non diluée (100% eau de mer) : plantes traitées (Traitement T3).

L'essai est conduit selon un dispositif expérimental en blocs complètement aléatoires (BAC), comportant 3 traitements. Chaque traitement est répété 3 fois (3 pots/traitement), à raison de 3 plantes par pot. Le nombre total des plantes est de 27.

Les pots sont disposés sur une table (h= 90 cm) permettant l'exposition des plantes aux conditions climatiques du laboratoire et ils subissent régulièrement des rotations (figure 7).



Figure 07: Effet de l'eau de mer sur la croissance de *Vicia faba*.L.

2.3.2. Paramètres mesurés

Après 4 semaines de culture, les pots sont soigneusement vidés de leur contenu et les plantes sont dégagées des particules de substrats à l'aide d'un jet d'eau. Les parties aériennes (tiges + feuilles) et les racines sont séparées. Les systèmes racinaires sont lavés soigneusement à l'eau puis essorés rapidement avec du papier filtre. Trois types de mesures ont été réalisés:

2.3.2.1. Mesures des paramètres morphologiques

- ✓ Les longueurs des parties aériennes (**LPA**) et des parties racinaires (**LPR**) ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée en mm.
- ✓ Matière fraîche (MF). Les masses fraîches totales des parties aériennes (**MFA**) et racinaires (**MFR**) de chaque plante sont déterminées par pesée.
- ✓ Matière sèche (MS). Après la détermination de la matière fraîche, les parties aériennes et racinaires sont ensuite soigneusement emballées dans du papier aluminium, numérotées et mises à l'étuve à 70°C pendant trois jours, puis au dessiccateur pendant 24 heures pour éviter toute trace d'humidité. Enfin, on mesure la MS des échantillons à l'aide d'une balance de précision.
- ✓ La surface foliaire (Sf). Elle est estimée par la méthode de Paul et *al.* (1979) qui consiste à placer la feuille sur du papier calque, à découper les contours de la feuille et à peser la partie du calque représentant la feuille (**Pf**). Ensuite, on détermine par pesée le poids (**Pq**) correspondant à une surface (**Sq**) connue d'un carré du même papier calque.

La surface de la feuille (**Sf**) est déduite par la formule suivante : $Sf = (Pf * Sq) / Pq$

2.3.2.2. Mesures des paramètres éco-physiologiques

Les analyses physiologiques ont concerné les paramètres suivants :

- ✓ La teneur en eau (TE). Elle est calculée à partir des valeurs des masses fraîches et sèches mesurées précédemment, en appliquant la formule suivante :

$$TE (\%) = [(MF-MS)/MF] *100.$$

Avec : **MF** : masse fraîche (en g) ; **MS** : masse sèche (en g)

- ✓ Teneurs en proline foliaire

L'extraction et le dosage de la proline ont été effectués selon la méthode décrite par Bates et *al.* (1973) sur des feuilles de plantes témoins et stressées du même étage foliaire, prélevés sur 3 plantes par pot.

0,1g d'échantillons de feuilles sont broyés dans 3ml d'une solution d'acide sulfosalicylique à 3%. Après incubation 30 minutes à 100°C, le broyat est centrifugé à 5000 tours/min pendant 5 min à 25°C.

0,2 ml du surnageant ont été mis à réagir avec 2 ml du mélange de réactif (composé de 30 ml d'acide acétique glacial, 20 ml d'eau distillée et 0.5g de ninhydrine). L'ensemble est incubé pendant 1 heure au bain-marie à 100°C. Après refroidissement des échantillons dans de la glace, le mélange réactionnel a été extrait avec 4 ml de toluène et le contenu a ensuite été mélangé vigoureusement pendant 15-20 secondes. Le chromophore contenant du toluène a été aspiré par la suite à partir de la phase aqueuse. L'absorbance est lue à 520 nm en considérant le toluène comme témoin. La concentration en proline dans les feuilles des plantes analysées est déterminée en se reportant à une droite préparée à partir d'une gamme étalon sur la base des concentrations connues de proline (Annexe 2). Les teneurs de la proline sont exprimées en **mg de proline/g de MVF** (MVF : Matière Végétale Fraîche).

- ✓ Teneurs en pigments chlorophylliens

Les pigments chlorophylliens sont déterminés selon la méthode d'Arnon (1949).

Vingt (20mg) de feuilles fraîches, issues de chaque traitement, sont broyées dans 5 ml d'acétone à 80%. Le broyage est répété plusieurs fois afin d'extraire la totalité des pigments chlorophylliens. L'extrait obtenu est filtré.

La lecture de la densité optique des filtrats obtenus est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre réglé aux longueurs d'ondes suivantes : 663 nm et 646 nm après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin de l'acétone à 80%. Les teneurs en

chlorophylle a, b et totale, exprimées en mg/g MVF, sont déterminées selon les équations établies par Mc Kinney (1941) et Arnon (1949).

$$\text{Chlorophylle a} = [(12,210 \cdot A_{663}) - (2,81 \cdot A_{646})] \cdot V/P$$

$$\text{Chlorophylle b} = [(12,21 \cdot A_{646}) - (2,81 \cdot A_{663})] \cdot V/P$$

$$\text{Chlorophylle totale} = \text{chlorophylle a} + \text{chlorophylle b}$$

Avec :

A : densité optique de l'échantillon mesurée à 663, 646 nm.

V : volume de l'extrait sur 1000 ml.

P : poids frais de l'échantillon en g.

✓ Mesure de perméabilité membranaire

La perméabilité membranaire (**Pm**), est déterminée en effectuant des mesures de la conductivité électrique initiale (CE_1) d'une solution contenant 5 disques de feuilles fraîches de 8 mm de diamètre prélevés grâce à un emporte pièce, puis immergés dans de l'eau distillée (après 3 h d'incubation à 45°C dans un bain-marie) et de la conductivité électrique finale (CE_2) de cette solution après chauffage (au bain-marie bouillant pendant 20 minutes) au moyen d'un conductimètre (Hanna EC 215) selon la méthode de (Lutts et *al.*, 1996). Le pourcentage de fuite d'électrolyte ou perméabilité membranaire (**Pm**) est calculée en appliquant la formule suivante : $Pm (\%) = (CE_1/CE_2) \times 100$

2.3.2.3. Mesures des paramètres de la nutrition minérale

Afin d'analyser le comportement de transport et de stockage des ions au niveau de la plante, nous avons déterminé les concentrations des ions minéraux (sodium et potassium) au niveau des différents organes (racine, partie aérienne).

Les échantillons secs des parties aériennes et racinaires sont broyés et tamisés à 0.2 mm de diamètre. Ils sont ensuite mis séparément dans des piluliers fermés hermétiquement et placés dans un réfrigérateur en attendant l'extraction et les dosages des éléments minéraux.

- Minéralisation par voie sèche

La poudre végétale (100 mg de la partie aérienne ou 50mg de racines) est placée dans des creusets en porcelaine et introduit dans un four porté vers 500°C pendant 5 heures jusqu'à obtention de cendres gris claires, selon la procédure décrite par (Claf, 1969). Après refroidissement, les cendres sont reprises au bain de sable par 2,5ml de HCl pur (37%) et évaporées à sec pour insolubiliser la silice. Puis l'hydrolyse est effectuée en

repreant par 3 ml de HNO₃ à 10% et en portant à l'ébullition pendant 3 minutes. Après filtration on complète à 25 ml avec de l'eau distillée. Ce minéralisât constitue la solution mère à partir de laquelle la détermination des éléments est faite.

- Dosage des ions minéraux

Les cations K⁺ et Na⁺ sont dosés par spectrophotométrie de flamme (Jenway), après étalonnage de l'appareil à l'aide d'une gamme de solutions de concentrations connues (Annexe 3 et 4). Les solutions étalons de potassium sont préparées à partir de KCl (à 1000 ppm de K⁺) et celles du sodium à partir de NaCl (à 1000 ppm de Na⁺).

2.4. Analyse statistique

Les données mesurées ont fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur de classification, à l'aide d'un logiciel statistique XLSTAT (2009). Puis, si nécessaire, un classement des moyennes a été effectué à l'aide du test Tukey HSD. Ce test permet de compléter l'interprétation et d'identifier les groupes de moyennes homogènes. On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$.

CHAPITRE III :

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Caractérisation physico-chimique du sol

Les principales caractéristiques physico-chimiques du sol retenu à l'étude sont représentées dans le tableau IV.

Tableau IV : Les résultats des analyses physico-chimiques du sol

Paramètres	Résultats
Granulométrie	
Argiles(%)	0
Limons Fins(%)	43.38
Limons Grossiers(%)	2.49
Sables Fins(%)	11.06
Sables grossiers(%)	43.05
Texture	Limono-sableuse
Analyse chimique et physique	
Carbone total (%)	3.52
Matière organique (%)	6.05
Azote total (%)	0.01
P (ppm)	0.007
CaCO ₃ total(%)	16.68
CaCO ₃ actif (%)	0.9
pH _{eau}	8.02
PH _{KCl}	7.48
Humidité résiduelle (%)	17.88
Conductivité électrique (µS/cm, à 25°C)	461 Non salé
Le complexe absorbant (meq/100g T.S.)	
C.E.C (T)	245.97
Ca ⁺²	0.156
Mg ⁺²	0
Na ⁺	0.147
K ⁺	14.60
Couleur (code Munsell) 5YR2.5/1 (black)	

D'après le triangle de texture USDA, les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la texture du sol de Tichy est limono-sableuse, avec des teneurs élevées en limons fins (43.38%), qui sont souvent responsables du colmatage et de la battance des sols

(Bonneau, 1961). Toutefois, la présence de sables grossiers (43.05%) permet une bonne aération du sol et l'enracinement des plantes. Ce type de sol est caractérisé par une capacité de rétention en eau relativement faible en raison de l'absence d'argiles.

Le sol de Tichy présente des teneurs très faibles en azote, par contre il possède des proportions relativement élevées en C matière organique avec 6.05%. D'après Soltner (1988), il considère que pour les sols cultivés des zones méditerranéennes, la teneur en carbone et de l'azote doit être comme suite 5 à 10% et 2% respectivement.

Par ailleurs, en tenant compte de l'échelle de classification établit par Gaucher (cité par Soltner, 1988), le sol de Tichy, avec un pH de 8.02, est considéré peu alcalin.

Le calcaire total est présent dans une proportion relativement importante dans notre sol avec 16.68%.

La C.E.C représente 245.97meq /100g T.S, avec des teneurs diminuées en Ca^{2+} et Na^{+} échangeables respectivement de 0.156 et 0,147 meq/100gT.S ; le potassium K^{+} est l'élément le plus important, il représente 14.16meq/100 T.S des cations échangeables dans notre sol, par contre la teneur en magnésium est nulle.

D'après l'échelle établit par le comité départemental de développement maraicher de Loire-Atlantique les valeurs de phosphore excédant 0.008 ppm sont considérées élevées. Dans notre cas, le sol étudié présente des taux relativement diminué en phosphore (0.007 ppm).

En se référant à la classification de Durand (1983).Par suite du fait de sa valeur de conductivité électrique (CE de 461 μ S/cm, à 25°C) qui est inférieure à 500 μ S/cm, permet alors de conclure que notre sol n'est pas salin, par conséquent il n'aura aucun effet sur la croissance des plantes.

2. Effet de l'eau de mer sur la cinétique et le taux de germination final de *Vicia faba*L.

2.1. Taux de germination

Les résultats de la figure 08 montrent que le pourcentage de germination varie distinctement avec la concentration de l'eau de mer. En effet, la capacité germinative des graines irriguées avec de l'eau de mer est réduite comparativement aux plantes irriguées avec l'eau courante (témoin, T1).

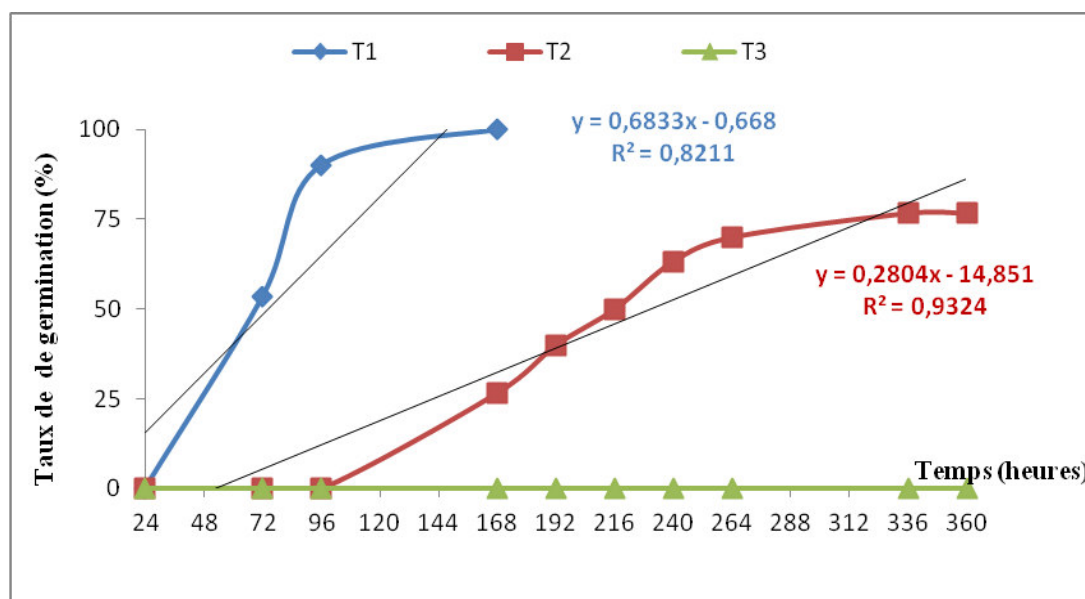


Figure 08 : Cinétique de germination de *Vicia faba* L.

Dans le traitement témoin (T1), le pourcentage de germination atteint son maximum au bout du septième jour (100%). Alors que durant la même période, ce pourcentage chute significativement de 26.66% en présence du traitement T2 (eau de mer diluée à 50%) par rapport au témoin, pour atteindre son maximum (76.66%) après 14 jours de culture. Il est important de noter que la germination des graines soumises au traitement T3 (eau de mer) est complètement inhibée.

Il ressort des résultats obtenus que l'irrigation des plantes de *Vicia faba* L. retarde la germination avec le traitement T2 (eau de mer diluée de moitié) et l'inhibe complètement en présence du traitement T3 (eau de mer).

2.2. Cinétique de germination

La figure 08 montre l'effet des différents traitements sur l'évolution du taux de germination des graines de *Vicia faba* L. en fonction du temps. Les courbes montrent que la cinétique de germination varie distinctement avec la concentration de l'eau de mer. En effet, pour les deux traitements (Témoin et Traitement T2), l'allure des courbes de germination permettent de distinguer, d'après (Hajlaoui et al., 2007 ; Bouda, et al., 2010) 3 phases:

- une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon le traitement. Elle est courte, de l'ordre de 24 heures, chez les plantes témoins. Mais,

elle devient longue de l'ordre de quatre jours, surtout chez les plantes soumises au traitement T2.

- une phase sensiblement linéaire, correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative dans les conditions de l'expérience.

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure.

Dans notre étude, les graines de *Vicia faba* L. se sont montrées fortement sensibles à l'augmentation de la salinité de l'eau de mer. Plusieurs travaux ont indiqué que l'augmentation de la salinité dans l'eau d'irrigation affecte la germination des glycophytes, dont *Vicia faba* L. (Ghulam et al., 1997 ; Duan et al., 2004 ; Tavili et Biniiaz, 2009 cités par Masmoudi, et al., 2001, Bajji et al., 2001). Selon ces mêmes auteurs, les semences des glycophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (Alem et Amri, 2005).

3. Effet de l'eau de mer sur les paramètres morpho-physiologiques

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Munns et al., 1993). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

3.1. Les paramètres morphologiques

Les résultats du tableau V ont révélé que l'eau de mer utilisée dans l'irrigation des plantes de *Vicia faba* L. induisaient des diminutions de tous les paramètres morphologiques étudiés (longueur, poids frais et secs des parties aériennes et racinaires), avec des seuils critiques obtenus au traitement T3 (eau de mer), à l'exception du % de matière sèche. En effet, l'analyse de la variance relative aux paramètres morphologiques a montré un effet

traitement très hautement significatif (Annexe 5). Ainsi, l'eau de mer a provoqué des réductions significatives :

- des croissances longitudinales des parties aériennes de (11,23% et 65,03%) et racinaires de (12,58% et 74,78%) respectivement pour T2 et T3 par rapport au T1 ;
- des poids frais des parties aériennes de 22,90% et 79,38% pour T2 et T3 par rapport au T1, ainsi que ceux des racines dont les diminutions respectivement de 4,48% et 88,61% pour T2 et T3 par rapport au T1.
- des poids secs des parties aériennes de 99,98% et 99,97%, des racinaires de 75,26% et 36,15%.

En revanche, l'eau de mer a provoqué des augmentations significatives de la matière sèche des parties aériennes et racinaires des plantes de *Vicia faba* L. En effet, les résultats de l'analyse de variance (Annexe 5 h-i) concernant la production de matière sèche des feuilles révèlent une différence très hautement significative entre les traitements salins, ce qui veut dire que la production de matière sèche augmente avec l'augmentation de la concentration de la salinité de l'eau de mer. Le taux d'augmentation pour T2 et T3 par rapport au T1 sont respectivement 6,64% et 81,41%.

Comme pour les parties aériennes de la féverole, on note une augmentation significative de la matière sèche dans les parties racinaires en fonction de l'augmentation de concentration de l'eau de mer. L'analyse de la variance a révélé un effet significatif de l'eau de mer sur la matière sèche des racines. La comparaison des moyennes par le test de Tuckey a mis en évidence des différences significatives entre les traitements. Ainsi, le taux d'augmentation pour T2 et T3 sont respectivement 49,34% et 146,06% par rapport au T1.

Tableau V : Effet de l'eau de mer sur les paramètres morphologiques des plantes de *Vicia faba* L.

Traitements	Longueur (cm)		Poids Frais (g/plante)		Poids Secs (g/plante)		%MS	
	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires
T1	33,5 a± 1,6	23,9 a±0,07	2,62 a±0,16	1,7 a±0,06	0,18 ^a ±0,01	0,19 ^b ±0,01	7,12 b±0,12	12,9 c±1,13
T2	29,7 b± 1,02	20,6 ^a ± 2,2	2,08 ^b ± 0,7	1,7 ^a ± 0,06	0,15 ^a ± 0,01	0,33 ^a ± 0,02	7,6 ^b ± 0,6	19,3 ^b ± 0,5
T3	11,7 c± 0,13	6,03 ^b ± 0,5	0,5 ^c ± 0,02	0,2 ^b ± 0,004	0,07 ^b ± 0,008	0,07 ^c ± 0,008	12,9 a± 0,9	31,8 ^a ± 1,7

Les valeurs en gras représentent les moyennes de 03 répétitions ± écart-types. Les moyennes de la même colonne portant des lettres différentes, elles sont significativement différentes au seuil $p \leq 0,05$.

Par ailleurs, la surface foliaire diminue avec l'augmentation de la concentration de l'eau de mer (figure 09). En effet, l'analyse de variance révèle un effet très hautement significatif du aux traitements. Le taux de diminution de la surface foliaire varie respectivement de 28,8% et de 74,3% pour T2 et T3 par rapport au T1.

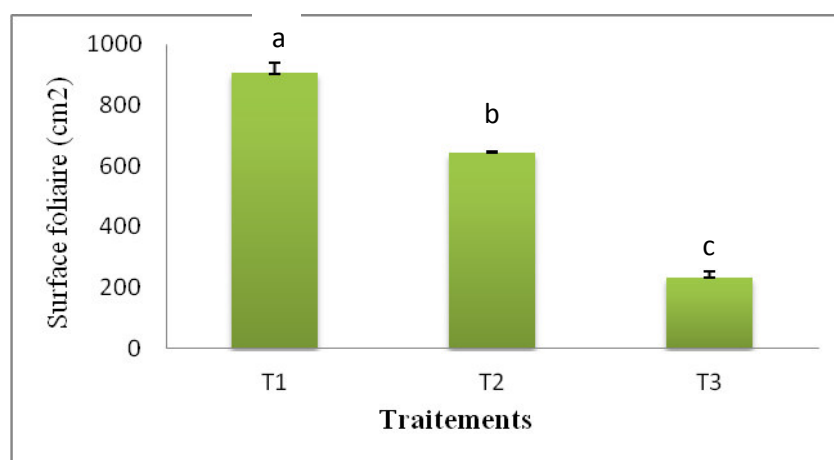


Figure 09: Effet de l'eau de mer sur la surface foliaire des plantes de *Vicia faba* L.

En accord avec les travaux de plusieurs auteurs, nos résultats laissent suggérer que les troubles rencontrés sur les plantes de *Vicia faba* L. sont causés par des concentrations élevées de sels de l'eau de mer. Ainsi, le stress salin présente un effet hautement inhibiteur sur la croissance de *Vicia faba* L. Un handicap qu'il faut prendre en considération lors de l'utilisation de cette légumineuse dans les programmes de valorisation des terrains pauvres ou dégradés, spécialement ceux potentiellement salins.

Selon (Saidi et al., 2014), la salinité affecte tous les processus physiologiques de la plante, son effet se traduit notamment par une réduction de la croissance en hauteur et que l'augmentation de la durée du stress s'accompagne d'une diminution significative de la hauteur de la partie aérienne. L'effet dépressif du stress salin sur la hauteur la partie aérienne est signalé par plusieurs auteurs chez différentes espèces notamment *Vicia faba* L. (Lazali et al., 2013) et chez trois écotypes de carvis soumis aux traitements salins. Cette réduction est d'autant plus importante que la contrainte saline est plus sévère (Laribi et al., 2016).

Dans le même contexte, (Ly et al., 2014) ont montré que les plantes de *Jatropha curcas* L. répondent aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de la croissance en hauteur pour les concentrations supérieures ou égales à 4 g/l. D'autres travaux ont montré que l'irrigation à l'eau chargée en NaCl affecte significativement l'enracinement des boutures de *Paspalum*. Le taux d'enracinement, le nombre moyen et la longueur moyenne des racines diminuent progressivement avec l'augmentation de la concentration en NaCl de l'eau d'irrigation (Doudech et al., 2008 ; Haouala et Salhi, 2011).

Nos résultats sont également similaires à ceux de (Ben Khaled et al., 2003) et de (Bacha et al., 2015) qui ont montré que le stress salin avait un impact plus négatif sur la production de la biomasse sèche de la partie aérienne surtout des plantes de glycophytes. Selon Daroui et al., (2013), la présence de sel dans le milieu de culture provoque une réduction des poids secs des parties aériennes alors qu'il améliore ceux des racines. D'après Guerrier (1996) cité par Ben Khaled (2003), la première réponse des glycophytes exposées à la salinité est un ralentissement de leur développement avec une croissance racinaire souvent moins affectée que la croissance foliaire. En effet, les plantes soumises au stress salin, dépensent plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau (Kafkai,

1991). Dans ces conditions, il semble que l'arrêt de la croissance foliaire soit déclenchée par des signaux hormonaux et qu'une part importante des photosynthétats soit alors réallouée à la croissance racinaire (Munns, 2002).

Nos résultats sont différentes de ceux de (R'him et *al.*, 2013) qui ont montré que la production de matière sèche des feuilles et des racines de piment a diminué significativement avec l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation.

Par ailleurs, la réduction de la surface foliaire semble être une réponse immédiate à la salinité, puisque les pertes ont été enregistrées dès l'application du traitement T2. Cette perte de la surface foliaire peut résulter d'une diminution de l'expansion foliaire ou d'un ralentissement de la croissance des jeunes feuilles, comme elle peut être également causée par l'accélération de la sénescence des feuilles. Ces modifications morphologiques des feuilles ont pour rôle de limiter les pertes d'eau par transpiration (Maury et *al.*, 2011 ; Lazali et *al.*, 2013). La croissance d'une plante dépend entre autres choses de la quantité de carbone qu'elle assimile et par suite de sa surface foliaire et de sa photosynthèse par unité de surface foliaire (Bernard, 1983).

3.2. Les paramètres physiologiques

3.2.1. Perméabilité membranaire

La figure 10 montre que la perméabilité membranaire augmente en fonction de l'augmentation de la concentration de l'eau de mer, ce résultats est confirmé par l'analyse de variance qui a révélé un effet très significative du au traitement. Cependant, l'analyse des données des traitements pris 2 à 2 par le test Tukey (HSD), on observe un fort effet du traitement T3 par rapport aux traitements T2 et T1.

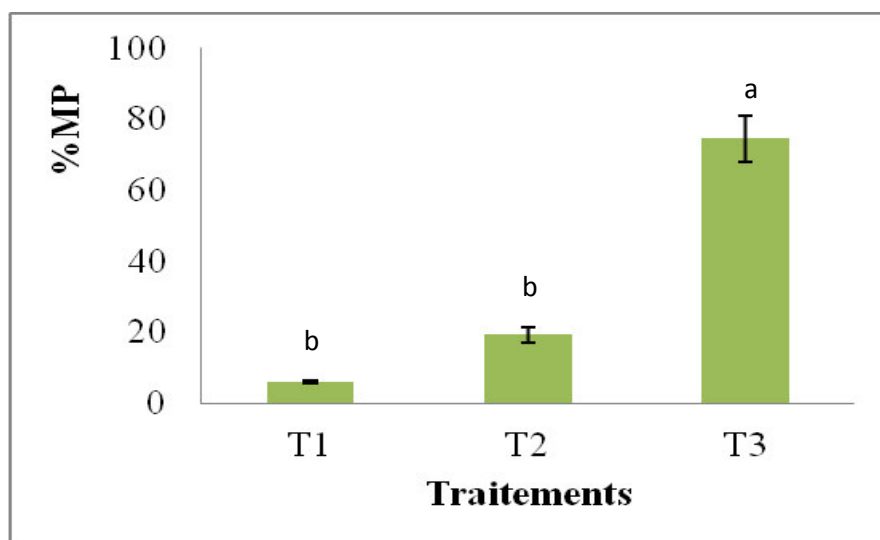


Figure 10: Effet de l'eau de mer sur la perméabilité membranaire des plantes de *Vicia faba* L.

Les mesures de l'intégrité membranaires peuvent nous renseigner sur la perte d'électrolytes au niveau des cellules foliaire lors du stress salin. Une diminution des valeurs d'intégrité membranaire a été associée à l'augmentation de la dose de NaCl pour un écotype 2 de *Medicago sativa* L. (Saidi et al., 2014).

3.2.2. La proline

Comme pour la perméabilité membranaire, la proline augmente avec l'augmentation de concentration de l'eau de mer, ceci suppose que la proline soit un facteur de la résistance au stress salin. L'analyse de la variance montre un effet hautement significative du aux traitements. Cependant, l'analyse des moyennes par le test de Tukey (HSD) montre que l'eau de mer utilisées pour l'irrigation des plantes de *Vicia faba* L. entraîne des augmentations importantes des taux de proline des feuilles, mais seule l'augmentation de ce paramètre en présence du traitement 3 (T3) est significative ($p \leq 0,05$), ceci laisse supposer que la proline soit un facteur de la résistance au stress salin.

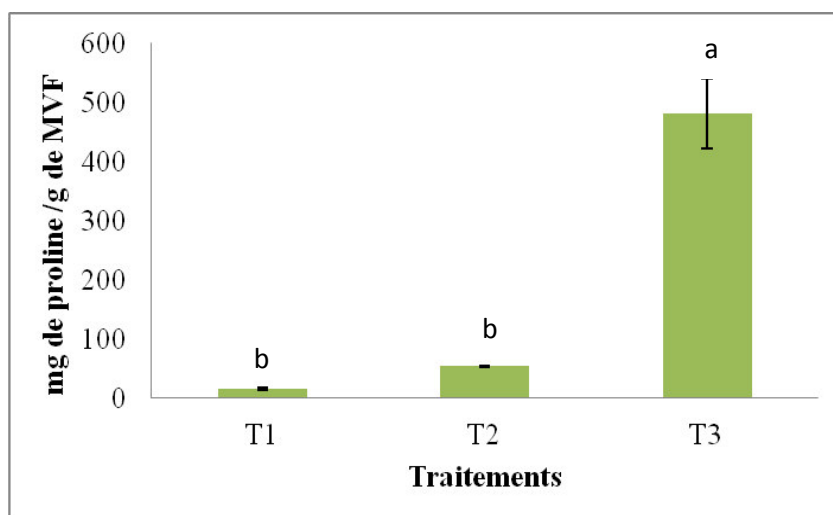


Figure 11 : Effet de l'eau de mer sur les teneurs en proline des plantes de *Vicia faba* L.

Les résultats obtenus rejoignent ceux de plusieurs auteurs qui ont remarqué que la teneur en proline augmente chez de nombreuses mono ou dicotylédones soumises à un stress salin (Mefi et al., 2001 ; El Midaoui et al., 2007 ; Saidi et al., 2014; Bacha et al., 2015).

Les acides aminés, comme le proline, jouent un rôle important dans la régulation osmotique de la plante dans les conditions de stress. L'augmentation de la teneur en proline et son accumulation dans les tissus foliaires de la plante, induite par le stress salin, est considérée comme étant un marqueur biochimique qui entre dans les mécanismes de tolérance au stress abiotique (Denden et al., 2005 ; Nana et al., 2009 ; Hadjadj et al., 2010 ; Belfakih et al., 2013).

L'augmentation de la teneur en proline à l'état libre peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines (Levigneron et al., 1975 ; Hadjadj et al., 2011 ; Djahra et al., 2015)

3.2.2. La chlorophylle totale

Les résultats de la figure 12 montrent que la chlorophylle totale diminue proportionnellement à l'augmentation de concentration de l'eau de mer, ceci est confirmé par l'analyse de la variance qui a montré un effet significatif du aux traitements. La diminution de la teneur en chlorophylle est très significative en présence du traitement T3 par rapport aux T1 et T2.

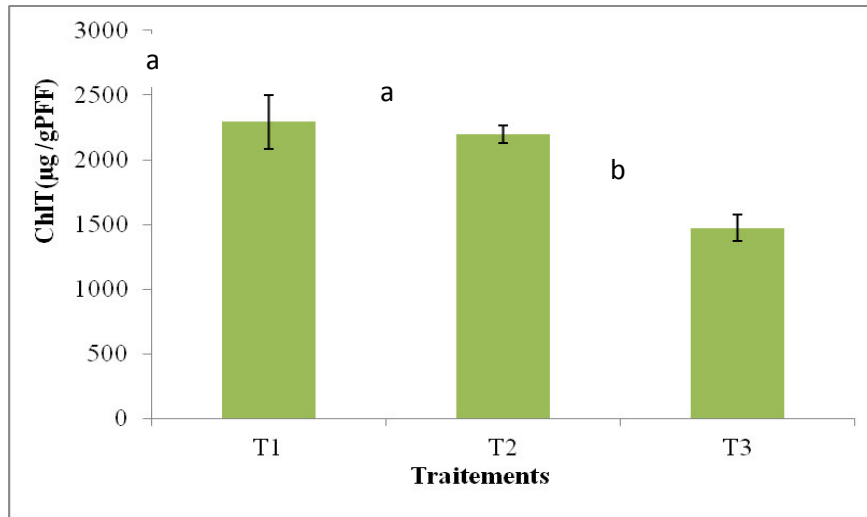


Figure 12: Effet de l'eau de mer sur les teneurs en chlorophylle totale des plantes de *Vicia faba* L.

Ces observations sont similaires à celles de (Nana et *al.*, 2009) qui ont observé une augmentation de la teneur en chlorophylle totale chez toutes les variétés de gombo sous stress salin survenu aux deux stades de développement. Ils ont attribué la réduction de la photosynthèse à la diminution de la surface foliaire, à la fermeture des stomates et à la déficience de la fixation du gaz carbonique.

3.2.4. Teneur en eau

La figure 13 montre que la teneur en eau des feuilles a diminué avec l'augmentation de concentration de l'eau de mer. Cette diminution est beaucoup plus marquée avec le traitement T3. Les taux des diminutions observées, par rapport au témoin T1, sont de 0,5% et 6,24% respectivement pour T2 et T3.

De même, la teneur en eau des racines diminue avec l'augmentation de la concentration de l'eau de mer. Les teneurs enregistrées chez les plantes stressées à 50% et à 100% d'eau de mer sont plus faibles, respectivement égales à 5,31% et 21,68% par rapport au témoin T1.

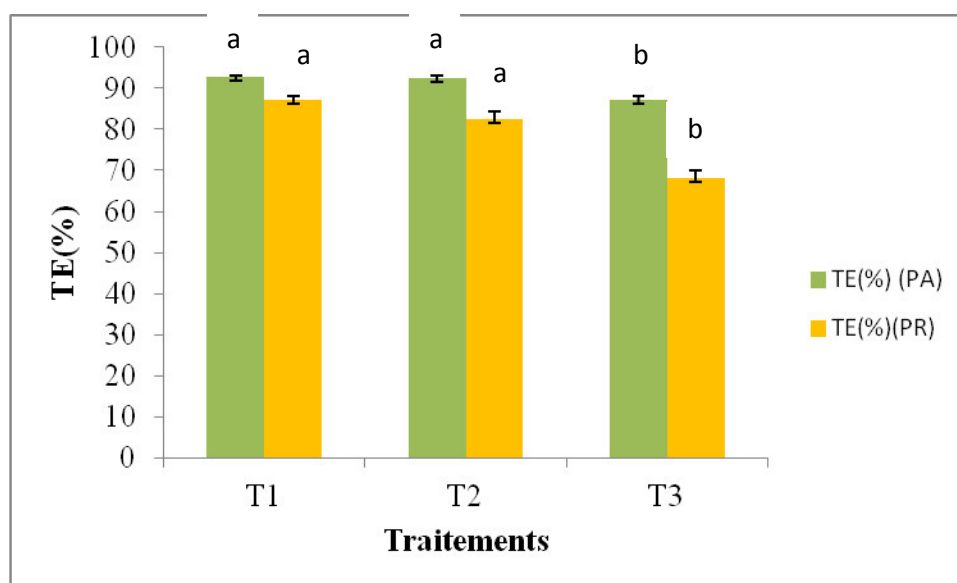


Figure 13: Effet de l'eau de mer sur la teneur en eau de la partie aérienne et racinaire des plantes de *Vicia faba* L.

Nos résultats corroborent les travaux de (Farissi et al., 2014) qui ont démontré que le stress salin réduit la teneur en eau, le contenu relatif en eau et le potentiel hydrique chez les légumineuses telles que *Phaseolus vulgaris* L., *Vicia faba* L. et *Ceratonia siliqua* L. Ces réductions sont plus importantes chez les cultivars sensibles comparativement aux tolérants. Le statut hydrique de la plante est un facteur déterminant pour l'activité métabolique et la survie des feuilles et ceux de (Grouzis et al., 1977) sur les halophytes de deux salicornes et ne confirment pas ceux de (Ben Khaled et al., 2007) sur le blé dur et ceux de (Hamrouni et al., 2011) sur la vigne sauvage.

3.2.3. La composition minérale des différentes parties de la plante

- **Teneurs en sodium**

La figure 14 montre que l'accumulation de l'ion Na^+ est nettement plus importante dans les tissus foliaires que dans les racines de *Vicia faba* L. En effet, l'eau de mer entraîne une augmentation significative des teneurs foliaires en sodium qui sont respectivement de 274,57 % et 100,42 % pour T3 et T2 comparativement au témoin (T1). Par contre les teneurs en sodium des racines diminuent en fonction de l'augmentation de la concentration de l'eau de mer. Les taux de diminutions du sodium enregistrés au niveau des racines sont respectivement 5,4% et 55,23% pour T2 et T3 par rapport au T1.

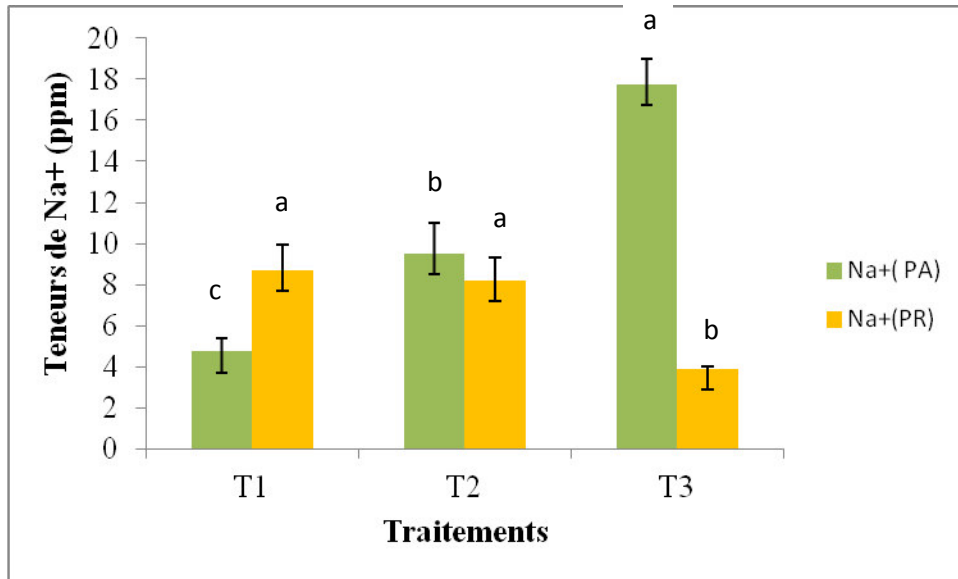


Figure 14: Effet de l'eau de mer sur les teneurs en sodium Na^+ de la partie aérienne et racinaire des plantes de *Vicia faba* L.

Nos résultats confirment ceux de (Hamrouni et *al.*, 2011) qui confirment que l'application du stress salin entraîne une augmentation significative des teneurs en sodium dans tous les organes des plantes stressées par rapport aux témoins. En présence de sel, la plante absorbe et transporte Na^+ dans ses organes aériens. Les feuilles les plus âgées présentent une surcharge en Na^+ , contrairement aux feuilles jeunes. Cette rétention de Na^+ dans les étages inférieurs pourrait représenter un mécanisme de protection des feuilles jeunes contre les effets toxiques de Na^+ (Bouaouina et *al.*, 2000).

- **Teneurs en potassium**

La figure 15 montre que le potassium des feuilles diminue avec l'augmentation de concentration de l'eau de mer dans le traitement T2. Cette diminution est plus marquée avec le traitement T2 (39,37%) par rapport au témoin T1. Cependant, le traitement T3 a augmenté d'une façon significative le pourcentage de cet ion de 30,55% par rapport au T1.

Par ailleurs, l'augmentation de la concentration en sel de l'eau de mer s'est traduite, par une diminution de la teneur en K^+ dans les racines ; augmentation particulièrement nette avec le traitement T3. Le taux des diminutions sont respectivement de 0,97% et 80,66% pour T2 et T3 par rapport au T1.

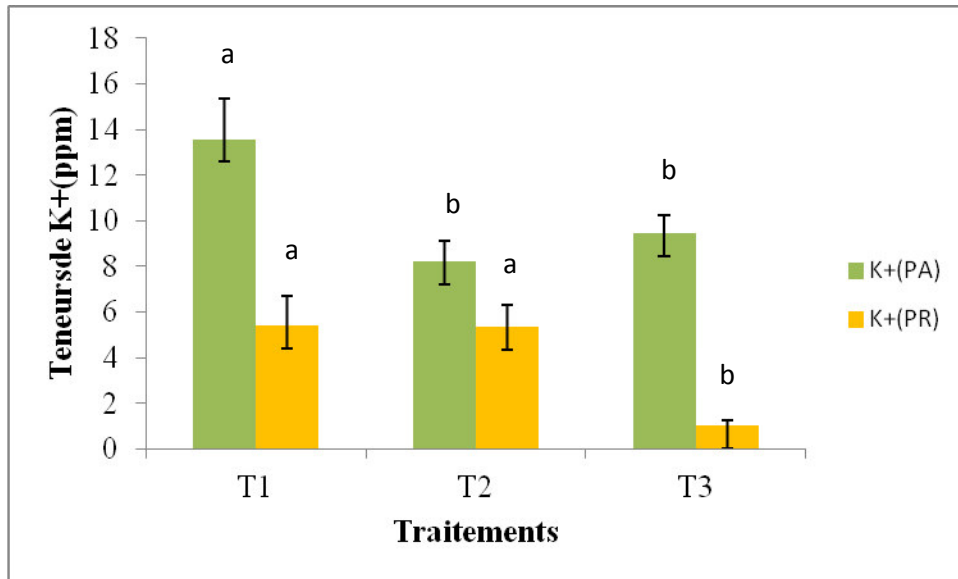


Figure 15: Effet de l'eau de mer sur les teneurs en potassium de la partie aérienne et racinaire des plantes *Vicia faba* L.

Des résultats similaires ont été rapportés chez le blé par (Hu et *al.*, 2005). Qui ont montré que, sous l'effet des traitements salins, le sodium se concentre dans les tissus, alors que la concentration en potassium diminue. En effet, en présence de NaCl, la plante absorbe le Na^+ et réduit l'absorption de K^+ (Nguyen-Queyrens et *al.*, 1995). Selon (El fakhri et *al.*, 2011). L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de stress lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} deviennent limitant.

Conclusion

CONCLUSION

Notre travail consiste à évaluer l'effet de l'eau de mer sur quelques paramètres morpho-physiologiques de jeunes plants de *Vicia faba* L.

Le sol utilisé dans le cadre de cette étude est caractérisé par une texture limono-sableuse et sa pauvreté en azote, par contre il est légèrement peu alcalin du fait de sa richesse en calcaire.

La germination constitue une étape primordiale du développement des plantes. Nos résultats montrent que les graines de *Vicia faba* L., sont capables de germer à une concentration de 50% de l'eau de mer ; les taux de germination des graines diminuent au fur et à mesure que la salinité de l'eau de mer augmente. Nous notons un ralentissement du processus de germination en fonction de l'augmentation de la salinité de l'eau de mer. Aucune graine n'a germé sous une concentration de 100% de l'eau de mer.

L'essai réalisé en pots sur la légumineuse *Vicia faba* L., cultivée sur un sol limono-sableux, a montré des effets néfastes sur l'ensemble des paramètres morphologiques, éco-physiologiques, et nutrition minérale des plantes soumise à des concentrations de 50% et 100% de l'eau de mer. Les résultats de la présente étude montrent que la salinité affecte négativement la croissance et le développement des plantes (hauteur de la partie aérienne et racinaire, poids frais et sec de la partie aérienne et racinaire, surface foliaire).

L'action de la salinité de l'eau de mer sur les fèves s'est traduite par des teneurs élevées en proline, une augmentation de la perméabilité membranaire, diminution des teneurs en chlorophylle ainsi que les teneurs en eau, qui vont de pair avec la concentration de l'eau de mer. Les accumulations du sodium ainsi que la réduction de la teneur en potassium, aident à la compréhension partielle de la tolérance des plantes à la salinité.

En perspective, il serait intéressant de poursuivre cette étude sur des sols relativement salins afin de sélectionner les plantes les plus tolérantes et adaptées au stress salin.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbes Z, Kharrat M, Shaaban K, Bayaa B. (2010). Comportement de différentes accessions améliorées de féverole (*Vicia faba* L.) vis-à-vis d'*Orobanche crenata* Forsk. et *Orobanche foetida* Poir. *Cah Agric*, vol. 19 • N° 3, pp : 194-9.

Al Mohandes Dridi B, Loumerem M, Ibn Maaouia Houimli S, Jabbes N, Tlahig S. (2011). Caractérisation phéno-morphologique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) sélectionnées et adaptées aux conditions de culture dans les régions arides en Tunisie. *Afrika focus* — Volume 24, Nr. 1, pp. 71-94.

Alem C, Amri A. (2005). Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Biology and Biotechnology*, 4. 1, pp : 20-31.

Allaoui A. (2006). Etude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d'agrumes à la salinité. *Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II, Maroc*, thèse de Magister, 144p.

Amirouche R, Misset M.T. (2009). Flore spontanée d'Algérie : différenciation éco géographique des espèces et polyploïdie. *Cah Agric*, vol. 18 • N° 6, pp : 474-480.

Amouri A. A, Fyad Lameche F. Z et Karkachi N. (2015). Variabilité de la tolérance au stress salin chez deux génotypes contrastés d'une légumineuse *Medicago truncatula* au stade germination. *Algerian journal of arid environment*, vol. 5, n° 2, pp : 17-25.

Arbaoui M, Benkhelifa M et Belkhodja M. (1999). Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la Salinité au stade juvénile. *Options méditerranéennes*, pp : 167-169.

Arnon D. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol*, pp: 24:1-15.

Ashraf M. et Harris P, (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci*, 166, pp: 3-6.

Asloum H. (1990). Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis, pp : 24- 32.

Austruy A. (2012). Aspects physiologiques et biochimiques de la tolérance à l'arsenic chez les plantes supérieures dans un contexte de phytostabilisation d'une friche industrielle. *Agricultural sciences*. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 300p.

Baba Sidi-Kaci S. (2010). Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire magister. Université Kasdi Merbah – Ouargla, 75p.

Bacha H, Mansour E, Guasmi F, Triki T et Ferchichi A. (2015). Proline, glycine bêtaïne et composition minérale des plantes de *Solanum lycopersicum* L. (var. *Microtom*) sous stress salin. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 22 (3), pp: 1007-1013.

Bajji M, Lutts S. et Kinet J.M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sciences*, 160, pp: 669-681.

Barrs H. (1968). Determination of water deficit in plant tissues" in "Water deficit and plant growth", *Koslowski, T. (ed) Academy Press, New York*, pp: 235-238.

Bates L.S, Waldren R.P. and Teare I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, pp: 205-207.

Belfakih M, Ibriz M, Zouahri A. (2013). Effet de la salinité sur les paramètres morphophysologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L). *Journal of Applied Bioscience*, 70, pp: 5652– 5662.

Belkhodja M & Soltani N. (1992). Réponses de la fève (*Vicia faba*L.) à la salinité: étude de la germination de quelques lignées à croissance déterminée. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 139:4-5, pp : 357-368.

Ben Kaddour M. (2014). Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba, 108p.

Ben Khaled L, Morte Gómez A, Ouarraqi E.M, Oihabi A. (2003). Réponses physiologiques et biochimiques du trèfle (*Trifolium alexandrinum* L.) à la double association Mycorhizes-*Rhizobium* sous une contrainte saline. *Agronomie* 23, pp : 571–580.

Ben Khaled L, Ouarraqi E.M et Zid E. (2007). Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique, *Acta Botanica Gallica*, 154:1, pp : 101-116.

Ben Khaled L, Morte Gomez A, Honrubia M & Oihabi A. (2003). Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé avec *Rhizobium*. *Agronomie*, 23, pp : 571-580.

Benachour K, Louadi K & Terzo M. (2007). Rôle des abeilles sauvages et domestiques (*Hymenoptera Apoidea*) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. *major*) (Fabaceae)

en région de Constantine (Algérie). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.) International Journal of Entomology*, 43 (2), pp : 213-219.

Benidire L, Daoui k, Fatemi ZA, Achouak W, Bouarab L, Oufdou K. (2015). Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3), pp : 840-851.

Bernard M, Colette M, Gérard D & Jean-Claude A. (1990). Modalités cytologiques de l'avortement des microspores ou du pollen chez plusieurs lignées mâle-stériles de Féverole (*Vicia faba* L.) (Stérilité mâle nucléo-cytoplasmique), *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 137:2, pp : 57-64.

Bernard S. (1983).Aspects écologiques de la photosynthèse. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, pp : 113-128.

Bissati S, Djerroudi O, Mehani M et Belkhodja M. (2011). Effet du stress salin sur deux paramètres hydriques (turgescence et transpiration) de jeunes plants d'*Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*. *Revue des BioRessources* Vol 1 N 1, pp : 31-38.

Bonneau M. (1961). Evaluation au laboratoire de la capacité au champ en fonction de la texture. *Bull. A.F.E.S.*, n° spécial (8), pp : 16- 26.

Bouaouina S, Zid E, Hajji M. (2000). Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40*, pp : 239- 243.

Bouda S, Haddioui A. (2010). Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « Nature & Technologie »*. n° 05, pp : 72 -79.

Boulghalagh J, Berrichi A, El Halouani H et Boukroute A. (2006). Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jjoba (*Simmondsia chinensis* [link] schneider). Recueil des résumés. *Le premier congrès national sur l'amélioration de production agricole*, Settat, Maroc, 24p.

Boumaaza B. (2011). Effets de la salinité sur le comportement écophysologique et biochimique d'une culture de pois chiche (*Cicer arietinum. L*) au stade juvénile. Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid —Tlemcen, 85p.

Chaves M.M, Flexas J, Pinheiro C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann. Bot.* 103, pp : 551–560.

Côme D. (1970). Les obstacles à la germination. *Monographies de physiologie végétale collection dirigée par le professeur P.E. Pilet, Masson et c^{ie}, éditeurs* 120, boulevard Saint-Germain, Paris (VI^e), 162p.

Couture I. (2004). Analyse d'eau pour fin d'irrigation. *Agri-vision*.

Daroui E, Boukroute A, Kouddane N, Berrichi A. (2013). Effet de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du *Washingtonia filifera* L. *Revue « Nature & Technologie ».* B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 08/, pp : 32 à 38.

De Faria S, Lewis G, Sprent J, Sutherland J. (1989). Occurrence of nodulation in the *Leguminosae*. *New Phytologist* 111, pp : 607-619.

Denden M, Bettaieb T, Alef Salhi & Mathlouthi M. (2005). Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *TROPICULTURA*, 23, 4, pp : 220-225.

Diouf D, Fall D, Kane A, Bakhom N, Ba A. T, Ba A. M, Duponnois R. (2013). Effet de l'inoculation avec des souches de *mesorhizobium* sp. Et / ou des champignons mycorrhiziens a arbuscules sur la croissance et la nutrition minérale de plants d'*A. seyal* Del. *Ird éditions institut de recherche pour le développement Marseille*, pp : 235-261.

Djahra A. B, Benmakhlouf Z, Benkherara S, Benkaddour M, Bordjiba O. (2015). Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes CHEZ LE BLE DUR *Triticum durum* var Kebir Pulverise par une phytohormone synthetisee: benzyl-amino-purine (BAP). *Algerian journal of arid environment* vol. 5, n° 2, pp : 71-81.

Doudech N, Mhamdi M , Bettaieb T & Denden M. (2008). Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon: *Paspalum notatum* Flügge. *Tropicultura*, pp : 182-185.

Durand J.H. (1973). Utilisation des eaux salines pour l'irrigation. *Institut national de la recherche agronomique*, pp : 40-58.

Durand J.H. (1983). les sols irrigables, étude pédologique. Ed département de géographie de l'université de Paris, Sorbonne, 389p.

El Fakhri M, Mahboub S, Benchekroun M, Nsarellah N. (2011). Effet du stress hydrique sur la répartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (*Triticum Durum*). *Revue «Nature & Technologie ».* n° 05, pp. 66-71.

El Feriha S. (2010). Influence de la salinité sur la formation des nodosités chez la fève (*Vicia faba* L.). Magister, Université d'Oran, 73p.

El Midaoui M, Benbella M, Aït Houssa A, Ibriz M & Talouizte A. (2007). Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*). Revue HTE N°136, pp: 29-34.

El-Hendawy S.E, Hu Y and Schmidhalter U. (2005). Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. Aust. J. Agric. Res., 56, pp : 123-134.

Farissi M, Aziz F, Bouizgaren A et Ghoulam C. (2014). La symbiose Légumineuses-rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance [Legume-rhizobia symbiosis under saline conditions: Agro-physiological and biochemical aspects of tolerance]. *International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014* Vol, pp: 96-104.

Gallais A, Bannerot H, (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection. Paris: *INRA*.

Georges G. (1957). Les problèmes biologiques relatifs aux plantes tolérant l'eau salée ou saumâtre et à l'utilisation d'une telle eau pour l'irrigation. *L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture*, 19, avenue Kléber, Paris-16, pp : 7-107.

Ghamnia Y. (2014). Action de la salinité sur caractéristiques physiologiques, biométriques, anatomiques, hydriques et minérales de la fève *Vicia faba L.* conduite dans un substrat sableux amendé à 7% de bentonite. Mémoire magister, Université d'Oran, 129p.

Gilles. (2012). La culture des fèves, *le jardinier bio29 commentaires*.

Grillot G. (1957). Les problèmes biologiques relatifs aux plantes tolérant l'eau salée ou saumâtre, et à l'utilisation d'une telle eau pour l'irrigation. *L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture*, 19, avenue Kléber, Paris-16, pp : 7-107.

Grouzis M, Heim G et Berger A. (1977). Croissance et accumulation de sels chez deux salicornes annuelles du littoral méditerranéen. *Ecol. Plant.*, 12 (4), pp: 307-322.

Guerrier G. (1983). Capacité germinative des semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoins, *Agricultural Salinity Assessment and Management*, pp : 113-137.

Guerrier G. (1996). Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻, and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* during short and long-term exposure to NaCl. *Plant Physiol.*, 97, pp: 583-591.

Hadjadj S, djerroudi O, et bissati S. (2011). Etude comparative des mécanismes biochimiques de tolérance au stress salin de deux espèces d'Atriplex: *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *Algerian journal of arid environment* vol. 1, n° 2, pp : 3-10.

Hadjadj S, Djerroudi O et Bissati S. (2010). Effet de la salinité sur l'accumulation de la proline foliaire D'*Atriplex Halimus* L. ET D'*Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt aux stades juveniles. *Annales des Sciences et Technologie* Vol. 2, N° 2, pp : 126-134.

Hajlaoui H, Denden M et Bouslama M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade de germination. *Tropicultura*, 25,3, pp : 168-173.

Hamrouni L, Hanana M, Abdelly C, Ghorbel A. (2011). Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *Sylvestris* (Var. Sènéné). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(3), pp : 387-400.

Haouala F et Salhi I. (2011). Effets du NaCl sur la croissance, la floraison et la bulbaison du glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* | vol. 43 (6), pp : 378–383.

Hillel D. (2000) . Salinity Management for Sustainable Irrigation. *The World Bank*, Washington, D.C.

Ibriz M, Thami Alami I, Zenasni L, Alfaiz C et Benbella M. (2004). Production des luzernes des régions pré-sahariennes du Maroc en conditions salines. *Fourrages* 180, pp : 527-540.

Ibriz M, Thami Alami I, Zenasni L, Alfaiz C et Benbella M. (2005). Effet de la salinité sur le rendement en biomasse et la composition en éléments minéraux d'écotypes marocains de luzerne (*Medicago Sativa*L.). *ALA WAMIA* 115 Vol.2N °3, pp : 107-119.

IPTRID, FAO, CISEAU. (2006). Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. *Centre d'Information Sur l'Eau Agricole et ses Usages*, 12p.

Jabnoue M. (2008) Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Présentation Power Point.106.

Jones H.G, Flowers T.J, Jones M.B. (1989). *Plants under stress*. Cambridge,Cambridge University Press.

Kada S. (2011). Réponses physiologiques et biochimiques des graines de la fève (*Vicia faba* L.) au stress salin associé aux gibbérellines au cours de la germination. Diplôme de Magister, Université d'Oran, 78p.

Kadri K, Maalam S, Cheikh M. H, Benabdallah A, Rahmoun C, Ben Naceur M. (2009). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*Hordeum Vulgare* L.). *Sciences & Technologie C* – N°29, pp.72-79.

Kafkai U. (1991). Root growth under stress. In: Waisel Y., Eshel A. & Kafkafi U., eds. *Plant roots: the hidden half*. New York, USA: Marcel Dekker, pp: 375-391.

Kawasaki S, Borchert C, Deyholos M, Wang H, Brazille S, Kawai K, Galbraith D, Bohnert H. (2001). Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice. *Plant Cell* 13, pp : 889–905.

Kotchoni S.O, Kuhns C,Ditzer A, Kirch H.H and Bartels D. (2006). Over- expression of different aldehyde dehydrogenase genes in arabidopsis thaliana confers tolerance to abiotic stress and protects plants against lipid peroxidation and oxidative stress. *Plant, cell and environment*, 29, pp: 1033-1048.

Lallemand-Barrés A. (1980). Aménagement des sols salés irrigation avec des eaux salées étude documentaire. *Bureau de recherches géologiques et minières service géologique national*, pp : 1-34.

Laribi B, Gharbi A, Kouki K, M'hamdi M et Bettaieb T. (2016). Etude de la tolérance à la salinité chez une plante condimentaire : le carvi (*Carumcarvi* L.). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC* (17), pp: 1321-1327.

Lazali M, Ounane S.M, Chaker-Haddadj A, Alkama N, Nouar S.(2013). Réponses morpho-physiologiques et biochimiques de la symbiose rhizobia-archide au stress hydrique. *Algerian journal of arid environment* vol. 3, n° 1, pp : 3-14.

Le Guen J, Mesquida J, Pierre J.S, Morin G, Tasei J.N, Carré S. (1993). Efficacité pollinisatrice de différents traitements sur 2 lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L. var. *equina* Steudel), à des niveaux d'auto fertilité différents, avec utilisation de diverses espèces de *Bombus* Latr. (*Hymenoptera : Apidae*). *Apidologie* 24(2), pp : 129-145. *Leguminosae*. *New Phytologist* 111 pp: 607-619.

Levigneron A, Lopez F, Vansuyt G, Berthomieu P, Fourcroy P, Casse-Delbart F. (1995). les plantes face au stress salin. *Cahiers agricultures* ; 4, pp : 263-73.

Levitt J. (1980). Responses of plants to environmental stress. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2, pp: 365- 406.

Lewis G.P, Schrire B, Mackinder B, Lock M. (2005). Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, UK. pp: 577.

Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Sci.* 116, pp: 15-25.

Ly M.O, Kumar D, Diouf M, Nautiyal S et Diop T. (2014). Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(1), pp: 46-56.

M'Barek B, Chaabane R, Sdiri H, Meddahi M.L, Selmi M. (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Inst Nati de reche Agro de Tunisie, sécheresse Volume 12, Numéro 3, pp : 74-167.

Maillard J. (2001). Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap international*, 34p.

Masmoudi A, Hemeir A, Benaissa M. (2001). Impacts de la concentration et du type de sel sur le potentiel germinatif et la production de biomasse chez l'orge (*hordeum vulgare*) Courrier du Savoir – N°18, pp.95-101.

Maury P, Langlade N, Grieu P, Rengel D, Sarrafi A., Debaeke P, Vincourt P. (2011). Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques* 14, pp: 123-13.

Mc Kinney G. (1941). Absorption light by chlorophyll solutions. *J BiolChem*140, pp: 315-322.

Mefti M, Abdelguerfi A, Chebouti A. (2001). Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 45, pp : 173- 176.

Mehani M, Bissati S, Djeroudi O. (2012). Effet de l'eau de mer sur deux paramètres hydriques (turgescence et transpiration) de jeunes plants d'*Atriplex canescens* (Effect of seawater on two water parameters (turgescence and transpiration) of young plants of *Atriplex canescens*). *J. Mater. Environ. Sci.* 3 (5), pp : 840-845.

Mermoud A. (2006). Maitrise de la salinité des sols. *Ecole polytechnique fédérale de lausanne*.

Moule C. (1972). Plantes sarclées et diverses. *La maison rustique – paris*, pp : 2-129.

Munns R, Greenway H, Kirst G.O. (1983). Halotolerant eukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment*. Eds. O L Lange, P S Nobel, CB Osmond and H Zeigler. pp. 59-135. *Encycl. Plant Physiol., New Series*, Vol. 12C. Springer, Berlin.

Munns R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* 25, pp: 239-250.

Nana R, Tamini Z et Sawadogo M. (2009). Effets d'un stress hydrique intervenu pendant le stade végétatif et la phase de floraison chez le gombo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(5), pp : 1161-1170.

Nguyen-Queyrens A, Derré N, Lamant A, Seillac P. (1995). Tolérance au chlorure de sodium et sélectivité Na/K chez trois races géographiques de pin maritime (*Pinus pinaster* Ait). *Ann Sci For* 52, pp : 465-475.

Nouri. (2012). La réponse de la fève *Vicia faba* L au stress salin cas d'un sol sableux amendé en bentonite, Magister, Université de Mostaganem, 89p.

Olivier Le Calvé. (2002). Propriétés Physiques du Milieu Marin un cours d'introduction à l'océanographie physique. *Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var Avenue G. Pompidou - BP56 83162 la valette du var cedex*, 40p.

Ommamie N. (2005). Response of Amaranth to salinity stress. These of Ph.D. Horticulture. University of Pretoria. Chapter 1, p 5-20, Chapter 6, p1.

Paul M.H, Planchton C, Ecochard R. (1979). Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la productivité chez le soja. *Ann.amélio. plants*, 29, pp: 479-492.

Qadir M. et Schubert S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation & Development*, 13, pp: 275-294.

R'him T, Tlili I, Hnan I, Ilahy R, Benali A et Jebari H. (2013). Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Applied Biosciences* 66, pp: 5060 – 5069.

Rahmoune C, Seridi R, Paul R. et Drez P. (2000). Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*. Vol. 27, n°1, pp. 72-77.

Saidi W, Mechri M, Melki M, Mehouchi T. (2014). Réponses de deux écotypes de topinambour (*Hélianthus Tuberosus*) aux différentes doses de NaCl. *International Conference on Green Energy and Environmental Engineering*, ISSN, pp: 2356-5608.

Saxena M.C. (1991). Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes*, Série Séminaires 10, pp : 15-20.

Siefritz F, et al. (2002). l'eau et la plante. *Plant Cell* 14:869–76, pp: 1-79.

Soltner S. (1988). Les bases de la production végétale-Le sol .Edition :*Coll.Sci.Et Tec. Agric.Angers*.Tome1.466p.

Wajciechowski M.F, Lavin M and Sanderson M.I. (2004). Aphytogeny of legumes Leguminosa based on analysis of the plastid mat k gene resolves many wellsupported subclades with the family .Am I. pp: 1846 1862.

Zaghouane O. (1991). The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options Méditerranéennes*. Série Séminaires 10, pp : 123-125.

Zaman-Allah M, Sifi B, L'Taief B, El Aouni M.H. (2009).Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(1), pp: 113-119.

ANNEXES

Annexe 1 :

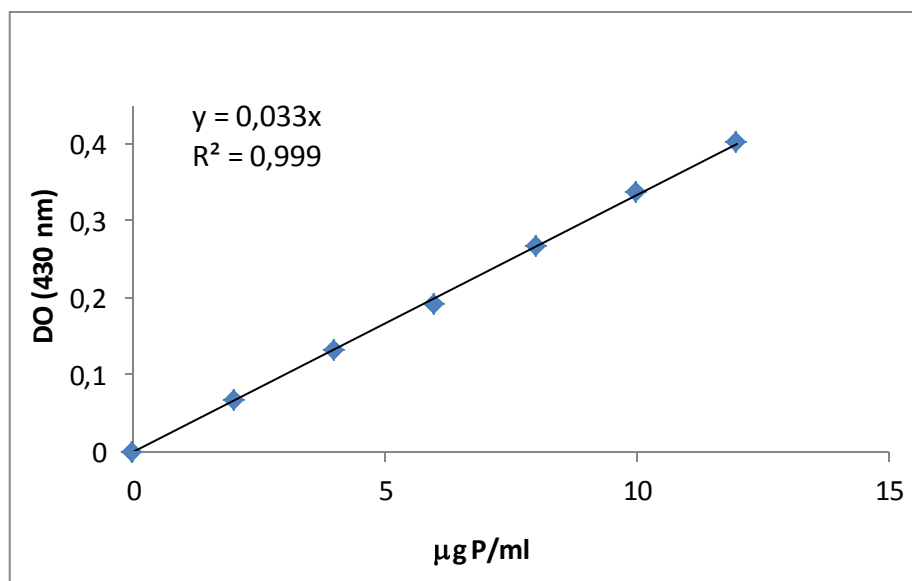


Figure : Courbe étalon de Phosphore

Annexe 2 :

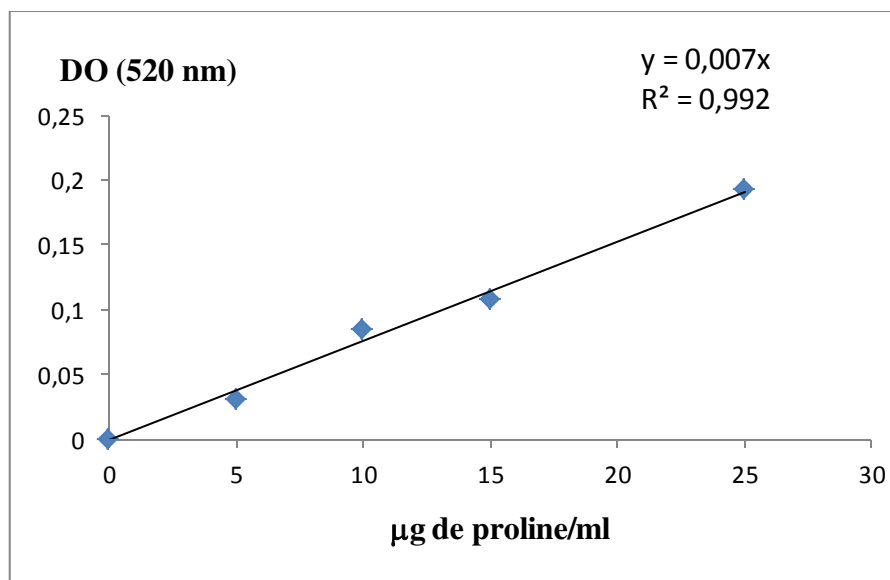


Figure : Courbe étalon de proline

Annexe 3 :

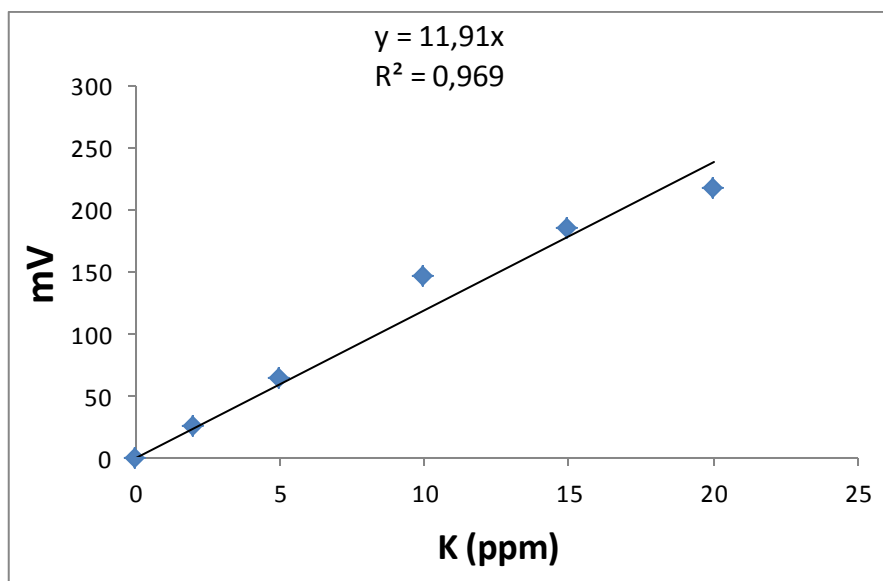


Figure : Courbe étalon de potassium

Annexe 4 :

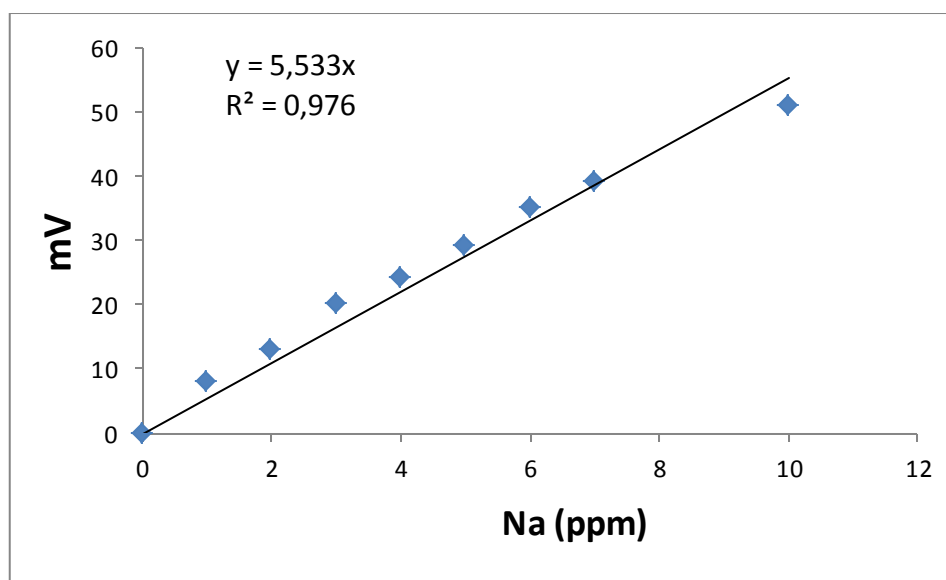


Figure : Courbe d'étalonnage de Sodium

Annexe 5 : Analyse de variance des paramètres morphologiques

a- Surface foliaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	688712,173	344356,087	387,108	< 0,0001
Erreur	6	5337,366	889,561		
Total corrigé	8	694049,539			

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

b- Longueur de la partie aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	814,363	407,182	214,256	< 0,0001
Erreur	6	11,403	1,900		
Total corrigé	8	825,766			

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

c- Longueur de la partie racinaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	543,002	271,501	105,635	< 0,0001
Erreur	6	15,421	2,570		
Total corrigé	8	558,423			

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

d- Poids frais de la partie aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	6,877	3,438	228,718	< 0,0001
Erreur	6	0,090	0,015		
Total corrigé	8	6,967			

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

e- Poids frais de la partie racinaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	4,753	2,376	491,669	< 0,0001
Erreur	6	0,029	0,005		
Total corrigé	8	4,782			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

f- Poids secs de la partie aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,022	0,011	57,353	0,000
Erreur	6	0,001	0,000		
Total corrigé	8	0,023			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

g- Poids secs de la partie racinaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,104	0,052	90,250	< 0,0001
Erreur	6	0,003	0,001		
Total corrigé	8	0,108			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

h- Matière sèche de la partie aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	62,163	31,082	46,075	0,000
Erreur	6	4,048	0,675		
Total corrigé	8	66,211			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

i- Matière sèche de la partie racinaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	553,746	276,873	117,687	< 0,0001
Erreur	6	14,116	2,353		
Total corrigé	8	567,861			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

Annexe 6: Analyse de variance des paramètres éco-physiologiques

a- Teneur en eau de la partie aérienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	62,163	31,082	46,075	0,000
Erreur	6	4,048	0,675		
Total corrigé	8	66,211			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

b- Teneur en eau de la partie racinaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	580,954	290,477	67,818	< 0,0001
Erreur	6	25,699	4,283		
Total corrigé	8	606,653			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

c- La proline

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	400116,502	200058,251	113,851	< 0,0001
Erreur	6	10543,170	1757,195		
Total corrigé	8	410659,672			

Calculé contre le modèle $Y=Moyenne(Y)$

d- La chlorophylle totale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	1203296,618	601648,309	20,387	0,002
Erreur	6	177064,466	29510,744		
Total corrigé	8	1380361,084			

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

e- Perméabilité membranaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	7946,656	3973,328	87,987	< 0,0001
Erreur	6	270,949	45,158		
Total corrigé	8	8217,605			

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

Annexe 7 : Analyse de variance des paramètres de la nutrition minérale**a- Sodium(Na⁺) des parties aériennes**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	254,442	127,221	154,755	< 0,0001
Erreur	6	4,932	0,822		
Total corrigé	8	259,374			

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

b- Sodium (Na⁺) des parties racinaires

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	57,756	28,878	187,614	< 0,0001
Erreur	6	0,924	0,154		
Total corrigé	8	58,679			

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

c- Potassium (K⁺) des parties aériennes

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
--------	-----	------------------	--------------------	---	--------

Modèle	2	26,625	13,312	18,359	0,003
Erreur	6	4,351	0,725		
Total					
corrigé	8	30,975			

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

d- Potassium (K^+) des parties racinaires

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	53,806	26,903	73,076	< 0,0001
Erreur	6	2,209	0,368		
Total					
corrigé	8	56,015			

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

Résumé

La salinité de l'eau de mer demeure dans les écosystèmes arides et semi arides, un obstacle majeur au développement et à la croissance des végétaux.

L'étude a montré que l'eau de mer a un effet dépressif sur le taux de germination et de la croissance de la plantule. L'effet de la salinité sur le comportement germinatif de la fève s'est traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination notamment aux concentrations de 0%, 50% (eau de mer diluée de moitié à l'eau distillée), 100% (eau de mer).

Les plantes de *Vicia faba* L. cultivées en pots et soumises à des concentrations croissantes en eau de mer, ont connu une réduction des paramètres morfo-physiologiques, à savoir la hauteur, le poids frais et secs, la teneur en eau de la partie aérienne et racinaire, la teneur en chlorophylle totale, de la surface foliaire et une diminution de Na⁺ et K⁺ dans les racines. Une augmentation de la teneur en proline, la matière sèche de la partie aérienne et racinaire, la perméabilité membranaire et des teneurs de Na⁺ de la partie aérienne.

Mots clés : salinité, *Vicia faba* L., germination, croissance, proline, eau de mer.

Abstract

The salinity of the sea water remains in semi-arid dryland ecosystems, a major obstacle to the development and growth of plants.

The study showed that sea water has a depressive effect on the rate of germination and growth of seedlings. The effect of salinity on the germination behavior of the bean (*Vicia faba* L.) has resulted in an increase in latency and a decrease in speed and the germination rate in particular at concentrations of 0%, 50% (diluted sea water half with distilled water), 100% (seawater).

The *Vicia faba* L. plants grown in pots and subjected to increasing concentrations in seawater, experienced a reduction of morfo-physiological parameters, namely height, fresh and dry weight, relative water content of the aerial and root part, total chlorophyll content, leaf area and decreased Na⁺ and K⁺ in the roots. An increase in the proline content, the dry matter of the aerial and root part, the membrane permeability and the contents of Na⁺ of the aerial part.

Key-words: salinity, *Vicia faba* L., germination, growth, proline, seawater.