

Université Ibn Khaldoun, Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

en

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.
Filière : Sciences Biologiques.
Spécialité : Biologie moléculaire et cellulaire.

Présenté par :

M^{elle}. ALLOUBA. Kheira
M^{elle}. BETTAHAR. Malika
M. BOUNOUA. Kamel

Intitulé

**"Etude l'effet de l'acide salicylique sur la réponse
physiologique et biochimique de la fève (*Vicia
faba* L.) stressée à la salinité "**

Soutenu publiquement le : 05/07/2018

Devant les membres de jury :

| | | |
|--------------|--------------------|-----|
| Président | M. TADJ AEK | MAA |
| Examineur | M. BOUFARES Khaled | MAA |
| Encadreur | M. SOUANA Kada | MAA |
| Co-encadreur | M. TAÏBI Khaled | MCA |



Remerciements

Nous tenons à remercier et rendre grâce à Dieu Le Tout Puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bon terme ce modeste travail.

A travers ce mémoire de fin d'étude nous rendons hommage à toutes les personnes qui ont fait que l'initiation, la réalisation et la finalisation de cette étude soit possible.

*Nos plus vifs remerciements sont adressés particulièrement à **M. SOUANA Kada**, en qualité s'enseignant et promoteur, pour nous avoir proposé ce thème et accepté de nous assister durant sa réalisation, avec une totale disponibilité et une modestie et sympathie exprimées à notre égard.*

*Nous insistons à exprimer nos profonds sentiments et nos sincères compliments à **M. TAÏBI Khaled**, en tant qu'enseignant, co-promoteur et chef de spécialité de Biologie Moléculaire et Cellulaire, pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée et les conseils infiniment utiles qu'il nous prodigués afin de réaliser ce travail.*

*Nous offrons aussi nos véritables remerciements et salutations à **M. TADJ AEK** qui à bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury, ainsi qu'à **M. BOUFARES Khaled** pour avoir accepté de nos honorer en faisant partie du jury en qualité d'examineur.*

*Notre gratitude doit être exprimée à **M.ACHIR Mohamed** et **M. BOUSSAID Mohamed** et **Mme AIT ABDERRAHIM Leila** pour nous avoir suivis et orientés durant ce travail.*

Enfin, nous adressons nos profondes reconnaissances à tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail, avec notre demande de pardon de ne pas pouvoir citer leurs noms.



Dédicace

*je dédie ce mémoire à mes chers parents qui m'ont guide durant les momons
les plus difficile de ce long chemin, ma mère qui a été à mes cote et mon père
qui sacrifie et ma soutenu durant tout sa vie*

*A mes chers frères **Mohamed, Mourad** et **Karim** et ma très chère sœur **Sabrina***

*Egalement toute la famille **Allouba, Sahraoui** sans exception*

*Et n'oublier pas mes amis **Fatiha, Asma, Hanan, Amina***

*A tout la promotion 2018 **Biologie Moléculaire et Cellulaire***

Et toute personne que je connais

Kheira

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À la personne qui est toujours avec moi malgré son absence, qui a sacrifiée jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, qui n'a pas pu voir ce que je suis devenu, à mon très cher père, que Dieu l'accueil dans son vaste paradis.

À ma chère mère, qui est toujours pré de moi, m'encourage, me conseille, avec tous les moyens, aucun mot, ne peut exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as pas cessée de me donner depuis ma naissance, merci maman que dieu te garde et te protège.

A mes chers frères

A mes chères sœurs

A ma famille.

*À mes très chers amies : **Bendhiba Ahmed, Guadabi Houari, Dayamida Nadir, Ali Mohemed Cherif, Lakehal Abd Elhakim, Berouba, Sofiane, Mostaki, Bahlole ,Kochih....***

En fin et profondes reconnaissances à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail mais qui ne sont pas cités ici, nous les remercions tous chaleureusement.

Kamel



Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents qui m'ont soutenue dans tous les moments difficiles et j'espère de tout mon cœur leur rendre un jour une partie de leur sacrifice.

Mes chers frères.

Mes chères sœurs surtout ma petit sœur

*« **Hadil RITAJ** ».*

*Toute la famille **BETTAHAR**.*

Tous mes amis.

Tous Les étudiants de la faculté De science

De La nature et de la vie.

Malika

Résumé

La salinité est un problème majeur qui porte atteinte non seulement à la qualité des sols, mais aussi à la production et la productivité agricole. Ce qui a rendu ce sujet l'une des priorités de la recherche scientifique visant à mieux comprendre le phénomène sur les plans physiologique, biochimique et moléculaire et afin de pouvoir sélectionner des variétés plus tolérantes.

Dans ce contexte, la présente étude a été menée sur deux génotypes de fève (*Vicia faba* L.) en les élevant dans des conditions salines et en leur appliquant un apport exogène d'acide salicylique afin de vérifier d'éventuelles interactions.

La salinité appliquée seule exerce des effets dépressifs sur l'ensemble des paramètres étudiés. L'acide, quant à lui, semble interagir avec la salinité en atténuant ses impacts. En comparant entre les deux génotypes cultivés, il semble qu'*Aguadulce* se comporte favorablement aux différents traitements effectués par rapport à *Histal*.

Mots clés : Légumineuses, *Vicia faba* L., Acide salicylique, stress salin

ملخص

الملوحة هي مشكلة رئيسية لا تؤثر فقط على جودة التربة ولكن أيضا على الإنتاج الزراعي والإنتاجية. وقد جعل هذا الموضوع أحد أولويات البحث العلمي لفهم هذه الظاهرة على نحو أفضل من الناحية الفسيولوجية والكيميائية والجزئية والقدرة على اختيار أصناف أكثر مقاومة.

في هذا السياق ، أجريت الدراسة الحالية على اثنين من التراكيب الوراثية للفاول (*Vicia faba L.*) عن طريق اختبارها في تراكيز ملوحة مرتفعة وتطبيق إمداد خارجي من حمض الساليسيليك للتحقق من التفاعلات المحتملة.

الملوحة التطبيقية وحدها تفرض تأثيرات اكتئابية على جميع المعلمات المدروسة. من ناحية أخرى، يبدو أن الحمض يتفاعل مع الملوحة من خلال تخفيف آثاره. مقارنة بين اثنين من الأنماط الجينية المزروعة ، يبدو أن *Aguadulce* يتصرف بشكل إيجابي في العلاجات المختلفة التي أجريت مقارنة مع *Histal* .

الكلمات المفتاحية : البقوليات ، *Vicia faba L.* حمض الساليسيليك، الإجهاد الملحي

Abstract

Salinity is a major problem that affects not only soil quality but also agricultural production and productivity. This has made this topic one of the priorities of scientific research to better understand the phenomenon physiologically, biochemically and molecularly and to be able to select more tolerant varieties.

In this context, the present study was conducted on two bean genotypes (*Vicia faba* L.) by raising them in saline conditions and applying an exogenous supply of salicylic acid to verify possible interactions.

Applied salinity alone exerts depressive effects on all the parameters studied. Acid, on the other hand, seems to interact with salinity by attenuating its impacts. Comparing the two cultivated genotypes, it seems that *Aguadulce* behaves favorably to the different treatments performed compared to *Histal*.

Key words: Legumes, *Vicia faba* L., Salicylic acid, salt stress

Table des matières

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Synthèse bibliographique

| | |
|--|----|
| 1. Généralités sur les légumineuses (Fabaceae)..... | 4 |
| 1.1. Données botaniques | 4 |
| 1.2. Importance | 4 |
| 1.3. Identification de la fève (<i>Vicia faba</i> L.) | 5 |
| 1.4. Variétés existantes | 6 |
| 1.5. Intérêts de la fève | 7 |
| 1.6. Exigences | 7 |
| 1.7. Maladies et ravageurs..... | 7 |
| 1.8. L'association symbiotique "légumineuse-rhizobia" | 7 |
| 2. La salinité | 8 |
| 2.1. Les facteurs de la salinisation | 8 |
| 2.1.1. La salinisation primaire | 8 |
| 2.1.2. La salinisation secondaire | 9 |
| 2.2. Le problème de salinité en Algérie | 9 |
| 2.3. Les stress..... | 9 |
| 2.4. Le stress salin | 9 |
| 2.5. Impacts du stress salin sur la plante | 10 |
| 2.5.1. Impacts sur la germination des graines | 10 |
| 2.5.2. Impact sur la nutrition hydrique et minérale | 10 |
| 2.5.3. Impact sur la photosynthèse | 10 |
| 2.5.4. Impact sur la croissance et le développement..... | 11 |
| 2.5.5. Impact sur la nodulation et l'activité symbiotique chez les Légumineuses..... | 11 |
| 2.5.6. Impact sur le métabolisme azoté..... | 12 |
| 2.6. Tolérance et modes d'adaptation | 12 |

Table des matières

| | |
|--|----|
| 2.6.1. La séquestration du sodium dans les vacuoles..... | 13 |
| 2.6.2. La conservation du ratio K^+/Na^+ | 13 |
| 2.6.3. La synthèse d'osmoprotectants | 13 |
| 2.6.4. La synthèse d'enzymesantioxydantes | 13 |
| 3. L'acide salicylique | 13 |
| 3.1. Historique | 13 |
| 3.2. Biosynthèse de l'acide salicylique | 14 |
| 3.3. Importance physiologique de l'acide salicylique | 14 |
| 3.4. L'acide salicylique et les stress abiotiques..... | 15 |
| 3.5. Mode d'action de l'acide salicylique | 15 |

Matériels et Méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Objectifs de l'étude | 17 |
| 2. Site et conditions de l'expérimentation | 17 |
| 3. Matériel végétal | 17 |
| 4. Méthodologie | 18 |
| 4.1. Test de germination..... | 18 |
| 4.2. Pré germination..... | 18 |
| 4.2. Pré germination..... | 18 |
| 4.3. Dispositif expérimental..... | 18 |
| 4.4. Préparation des solutions de traitement..... | 18 |
| 4.5. Repiquage | 19 |
| 5. Paramètres étudiés | 19 |
| 5.1. Paramètres physiologiques | 20 |
| 5.1.1. Paramètres de croissance | 20 |
| 5.1.2 Paramètres hydriques | 20 |
| 5.2. Paramètres moléculaires | 21 |
| 5.2.1. Dosage des pigments chlorophylliens | 21 |
| 5.2.2. Dosage des sucres solubles totaux | 21 |
| Résultats | 23 |
| Discussion | 39 |
| Conclusion | 44 |

Liste des figures

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure n°1: Arbre génétique des <i>papilionidé</i> | 4 |
| Figure n°2: Plante de <i>Vicia faba</i> L..... | 6 |
| Figure n°3: Fruit de <i>Vicia faba</i> L..... | 6 |
| Figure n°4: Partie d'une racinaire d'une légumineuse avec nodosité..... | 8 |
| Figure n°5: Graines de fève (<i>Histal</i>) | 17 |
| Figure n°6: Graines de fève (<i>Aguadulce</i>) | 17 |
| Figure n°7 : Variation du nombre d'étages foliaires chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence l'acide salicylique | 23 |
| Figure n°8 : Variation de la longueur de la tige chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 24 |
| Figure n°9 : Variation de longueur de la racine chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 25 |
| Figure n°10 : Variation du volume de la racine chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 26 |
| Figure n°11: Variation du poids frais de la biomasse aérienne chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 27 |
| Figure n°12 : Variation du poids frais de la biomasse racinaire chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 28 |
| Figure n°13: Variation du poids sec de la biomasse aérienne chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 29 |
| Figure n°14 : Variation du poids sec de la biomasse racinaire chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 30 |
| Figure n°15 : Variation du teneur relative en eau chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 31 |
| Figure n°16 : Variation du Taux de déperdition d'eau chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 32 |
| Figure n°17: Variation du teneur en chlorophylle a chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 33 |
| Figure n°18 : Variation du teneur en chlorophylle b chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 34 |
| Figure n°19 : Variation du teneur en caroténoïde chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 35 |
| Figure n°20 : Variation du teneur en sucres solubles chez les deux génotypes de la fève (<i>Histal</i> , <i>Aguadulce</i>) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique | 36 |

Liste des tableaux

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau (1) : Composition comparée des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé (% de la matière sèche, sauf pour acides aminés exprimés en g/16g N) (Feillet, 2000) | 5 |
| Tableau (2) : Dispositif expérimental | 18 |
| Tableau (3) : Concentrations de NaCl utilisées | 19 |
| Tableau (4) : Concentrations d'acide salicylique utilisées | 19 |

Liste des abréviations

AS : Acide salicylique

Chl a : chlorophylle a

Chl b : chlorophylle b

DO : densité optique

Na Cl : chlorure de sodium

PF : poids frais

PS : poids sec

Pt : poids turgescence

RWL : Taux de déperdition de l'eau

TRE : teneur relative en eau

PAL : phénylalanine ammoniac lyase

NRA : nitrate réductase

SAR : sodium adsorption ratio

SOD : super oxyde dismutase

Introduction

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Algérie fait partie des régions arides et semi-arides où on assiste à une dégradation continue des sols, qui se traduit non seulement par la diminution en productions agricoles mais aussi par la raréfaction d'espèces végétales, voire la disparition de certaines. Chaque année, 20% des terrains cultivés seraient dégradés, réduisant les productions végétales à 30% (OMM, 2005). L'une des principales causes de cette situation, selon la même source, est le phénomène de salinité défini, par plusieurs auteurs, comme étant l'accumulation excessive des sels dans le sol ou dans les eaux d'irrigation. Royer (1982) rapporte que la salinité et la sécheresse sont les facteurs principaux qui limitent dramatiquement la croissance et la productivité des plantes. Selon Bray et *al.* (2000), les contraintes abiotiques, entre autres la salinité, nuisent à la plupart des plantes cultivées en causant des pertes en rendements qui dépasseraient les 50%. En effet, l'agriculture est de plus en plus menacée par la salinité qui affecte approximativement 20 % des régions irriguées (Flowers, 2004).

Hamdy et *al.* (1999) ainsi que Ben m'barek (2001) soulignent que 954.8 millions d'hectares de sols, dans le monde, sont colonisés par la salinité, y compris 27 % de terres agricoles ; le bassin méditerranéen compte 16 millions d'hectares avec 3.2 millions en Algérie. Parmi les différents facteurs majeurs de salinisation figurent l'insuffisance des précipitations enregistrées et les fortes pertes en eau par évaporation et évapotranspiration (Epstein et *al.*, 1980). Ce déséquilibre hydrique provoque une accumulation progressive en sels dans le profil cultural que les rares eaux de pluies n'arrivent pas à lessiver. Ce qui rend ces sols incultes (Levigneron et *al.* 1995).

La salinité représente, ainsi, une menace majeure qui mérite que les chercheurs la prennent au sérieux et lui consacrent une bonne partie de leurs travaux.

D'autre part, le recours à l'exploitation des légumineuses est devenu de haute nécessité pour des raisons économiques, agronomiques et écologiques. Cela nous permet de bénéficier de leur capacité de fixation l'azote atmosphérique et de limiter, ainsi, les apports d'engrais azotés dont l'utilisation abusive aboutit souvent à mettre à la hausse les coûts de production et les risques d'affecter le milieu (Alkama et *al.*, 2002; Jeder et *al.*, 2003). Toutefois, il est probablement attendu que les contraintes environnementales citées, avant que ne leur soit trouvée une solution, affectent l'état physiologique de ces espèces végétales nous privant, ainsi, de leurs vertus.

INTRODUCTION

Différents auteurs confirment que les végétaux disposent de capacités adaptatives aux contraintes salines, mais de façons et à des degrés qui diffèrent selon l'espèce, la variété, le stade végétatif et la concentration en sel. Pour ce faire, ils impliquent des mécanismes d'adaptation d'ordre morphologique, physiologique et biochimique variés (Heller R. et *al.* 2000; Benaceur et *al.*, 2001). C'est ainsi que leurs modes de tolérance à la salinité se sont avérés différents. En effet, certaines cultures s'accommodent fort bien d'un sol salé, mais il n'en est pas de même pour d'autres (Bensalem, 1992 ; Ottow et *al.* 2005 ; Atmane et *al.* 2004). Belkhoja et *al.* (2004) signalent que dans des écosystèmes fortement salés, les halophytes évoluent naturellement, néanmoins, diverses espèces expriment des degrés différents dans la tolérance à la salinité au cours de leur développement. Ces espèces présentent l'avantage de tolérer des concentrations élevées de sels, principalement de sodium et de chlore (Hamdy et *al.* 1999).

Malgré que les études visant à mieux comprendre les stratégies mises en jeu par les plantes lors du stress salin soient nombreuses, la science n'a pas répondu à tout et le champ reste encore vierge devant les chercheurs pour bien éclaircir plusieurs points qui demeurent jusqu'à présent sombres.

Dans ce contexte est mené le présent travail afin de mettre en évidence le comportement physiologique et moléculaire des plants de la fève (*Vicia faba* L.) en réponse à leur mise en culture dans des conditions salines en présence de l'acide salicylique. Etant donné que ce dernier soit considéré, parmi d'autres, comme molécule de signalisation que la plante synthétise en cas de reconnaissance d'une menace biotique ou abiotique et qui, à son tour, induit une cascade de réactions biochimiques locales et systémiques aboutissant au déclenchement d'un système de défense naturelle (HELLER R. et *al.*, 2000).

Ainsi, après germination des graines de deux génotypes de *Vicia faba* L., *Histal* et *Aguadulce*, les plants sont élevés dans deux solutions salines (100 et 200 mM de NaCl) qu'on a enrichi en deux concentrations d'acide salicylique (0,5 et 1 mM) afin de vérifier d'éventuelles interactions, qui pourraient être mises en évidence en étudiant certains paramètres de croissance, hydriques et moléculaires.

Synthèse Bibliographique

1. Généralités sur les légumineuses (Fabaceae)

1.1. Données botaniques

Les *Fabaceae*, appelée autrefois *Légumineuses* est une famille botanique très diverse, elle comprend les légumineuses à graines, les oléagineuses, les plantes fourragères, les arbustes, ainsi que les arbres tropicaux ou subtropicaux. Cette famille comprend trois sous-familles : les *Caesalpinioideae*, les *Mimosoideae* et les *Papilionoideae* (*Faboideae*).

La plupart des plantes cultivées appartiennent à cette dernière sous-famille (*Papilionoideae* ou *Faboideae*) qui regroupe trois groupes majeurs sont présents au sein de cette sous-famille : les *Phaseolides*, par exemple : le Soja (*Glycine max*), le Haricot (*Phaseolus vulgaris*), et parmi les *Galegoïdes* : la Fève (*Vicia faba l*), le Pois (*Pisum sativum*), la Luzerne (*Medicago sativa*) et le Pois chiche (*Cicer arietinum*). Enfin, le groupe des *Aeschynomeneae* : comme l'Arachide (*Arachis hypogaea*) (Young *et al.*, 2003).

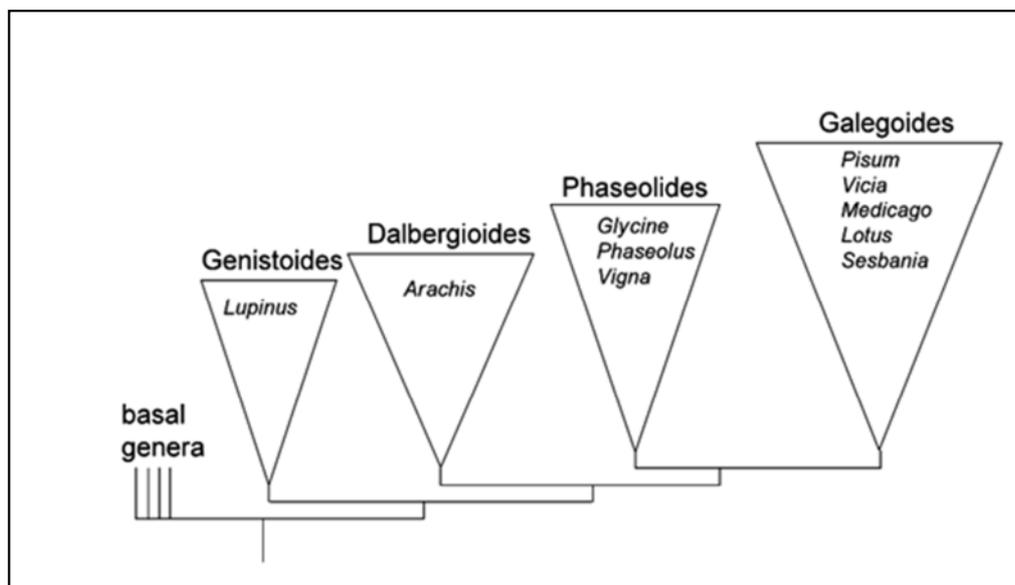


Figure n°1 : Arbre génétique des *papilionoïdes* [Wojciechowski *et al.*, (2004)].

Les *Papilionoideae* ont des fleurs en forme de papillon avec un pétale supérieur appelé étendard, deux pétales latéraux ou ailes et une carène formée par deux pétales inférieurs unis; les sépales au nombre de 5, sont soudés en tube ; les 10 étamines sont habituellement incluses dans les pétales, unies par leurs filets en un tube qui entoure le pistil, ou avec une étamine (Maxted et Bennett, 2001).

1.2. Importance

Les légumineuses ont une grande importance au niveau agricole. Elles sont classées au deuxième rang mondial après les céréales. Elles sont cultivées pour leurs graines et constituent

Synthèse Bibliographique

une part importante de l'alimentation dans le monde, particulièrement dans les pays en voie de développement où elles représentent une source importante de protéines pour l'alimentation humaine et animale. Elles contiennent généralement 20-30% de protéines et sont particulièrement riches en lysine et comportent également des huiles. D'autre part, elles jouent un rôle important dans les écosystèmes naturels, en agriculture et en agroforesterie. Leur capacité à établir des symbioses avec les bactéries du genre *Rhizobium* leur permet de produire de grandes quantités d'ammonium (Durantigius, 1997 ; Djballi, 2008). Grâce à cette symbiose, des quantités importantes d'engrais azotés peuvent être économisées. Au Brésil, et à titre d'exemple, l'inoculation du soja (*glycine max L.*) aux champs fournit jusqu'à 300 kg de N/ha, ce qui entraîne des économies d'engrais azotés estimés à 3 milliards de dollars (Santos et al, 2006).

Tableau n° 1 : Composition comparée des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé (% de la matière sèche, sauf pour acides aminés exprimés en g/16g N) (Feillet, 2000).

| Constituants/espèce | Amidon | Fibre | Lipides | Protéine | Lysine | Méthionine + Cystéine |
|---------------------|--------|-------|---------|----------|--------|--------------------------|
| Pois | 50 | 15 | 2 | 22-25 | 7.1 | 2.4 |
| Fève | 43 | 18 | 2 | 28-32 | 6.5 | 2.1 |
| Soja | 1 | 22 | 10 | 35-39 | 4.3 | 2 |
| Lupin blanc | 2 | 20 | 20 | 36-40 | 6.2 | 2.8 |
| Blé | 70 | 8-10 | 1-1.5 | 10-15 | 2.3 | 4 |

1.3. Identification de la fève (*Vicia faba L.*)

La fève est une dicotylédone annuelle appartenant à la famille des *Fabacées* (*Légumineuses*), connue botaniquement sous le nom de *Vicia faba L.* (Belkhoja, 1996). Selon Andre et Hubert (1992), le terme *Vicia faba major* désigne, dans le langage courant, la fève potagère cultivée dans le Bassin Méditerranéen, en Amérique du sud et en Asie du Sud-est pour servir essentiellement à la consommation humaine. Cependant *Vicia faba minor* représente la fève plus répandue en Europe Occidentale et du Nord et destinée particulièrement à l'alimentation du bétail.

La répartition de la fève en Algérie est pratiquée surtout dans les plaines côtières et de l'intérieure : Tlemcen, Chleff, Skikda, Ain Témouchent et Biskra (Maatougui, 1996)

Synthèse Bibliographique

Cette espèce peut être définie comme étant une plante herbacée, à tige creuse quadrangulaire pouvant dépasser 1 mètre de hauteur. Ses racines, pivotantes parfois et superficielles le plus souvent, portent des nodosités renfermant la bactérie spécifique fixatrice d'azote atmosphérique, *Rhizobium leguminosarum*. Les feuilles pennées comportent 2 folioles à la base de la tige, puis 3 ou 4 par la suite. Les fleurs portées aux aisselles des nœuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type ont des corolles blanches ou rosées, avec des taches noires sur les ailes. Les fruits sont des gousses contenant, selon le type, de 3 à 12 graines de forme ovale et aplatie avec une peau épaisse, les fèves (Andre et Hubert, 1992). C'est une espèce qui présente plusieurs systèmes de reproduction: elle peut être, selon les lignées, autogame ou allogame Benachour et *al*, (2007).



Figure n°2 : Plante de *Vicia faba* L.



Figure n°3 : Fruit de *Vicia faba* L.

1.4. Variétés existantes

Plusieurs variétés sont distinguées selon la hauteur de tiges et la grosseur des graines, à savoir la fève précoce d'*aquitaine*, variété hâtive à gousses allongées ; la *Muchamiel*, variété très précoce cultivée en Espagne ; la fève de *Séville*, variété précoce à longues gousses contenant 6 grosses graines ; la fève d'*Aguadulce*, variété semi précoce à tige très haute et très longues gousses contenant 8 à 9 graines d'un gros volume ; la fève trois fois blanche, variété tardive de la taille réduite (Peron, 2006).

Parmi les variétés les plus cultivées en Algérie, on peut citer l'*Aguadulce* et la *Séville* introduites d'Espagne, la fève précoce de Sidi Moussa qui a été sélectionnée en 1965 à EL Harrach et la fève de Sidi Aïch (Zaghouane, 1991).

Synthèse Bibliographique

1.5. Intérêts de la fève (*Vicia faba* L.)

- Comme toutes les légumineuse, l'espèce *Vicia faba* L. assure sa nutrition azotée par deux voies : l'assimilation de l'azote minéral du sol et la fixation symbiotique de l'azoté atmosphérique. Cette aptitude à fixer l'azote atmosphérique limite l'utilisation des engrais azotés qui sont couteux pour l'agriculture et néfaste pour la santé humaine et l'environnement (Nouar, 2007).

- La fève constitue avec les autres légumineuse la seconde source protéique pour l'alimentation humaine et animale et ce après les céréales ; la fève fraîche possède des caractéristique nutritionnelles intéressantes pour l'équilibre nutritionnel elle est riche en protéines végétales et glucide en plus de quantités appréciables de vitamines de groupe B, en particulier B3, B5 et B9 ou acide folique ; elle représente aussi une source non négligeable de minéraux et d'oligo-éléments, notamment de potassium, de magnésium et de fer. Enfin, grâce à sa teneur élevée en fibres (6,5 g aux 100 g), elle contribue efficacement à la couverture des besoins de l'organisme, et à la lutte contre la paresse intestinale (Adrian et al, 2002).

- Sa bonne utilisation de l'azote amène à privilégier des précédents à faibles restitutions et reliquats azotés. Par contre, elle est considérée comme excellent précédent cultural pour d'autres cultures exigeantes en azote, telles que les céréales. Un intervalle minimal de 3 à 4 ans est recommandé entre deux cultures de cette espèce (PAPVC, 2009)

1.6. Exigences

La fève préfère les sols profonds et peu acides, avec une alimentation hydrique régulière (Sibennaceur, 2007). Vu qu'il s'agit d'une espèce fixatrice de l'azote atmosphérique, aucun apport n'est, théoriquement, nécessaire sauf au début du cycle quand la nodulation n'a pas encore lieu (Malki et al, 1999).

1.7. Maladies et ravageurs

Le puceron noir est le ravageur le plus redoutable de la fève (Ezzahiri et al, 2004), elle craint aussi l'antracnose, le botrytis et la rouille (Sadiki et al, 1998).

1.8. L'association symbiotique "légumineuse-rhizobia"

La symbiose légumineuse-rhizobia est un processus indispensable à la plante pour acquérir l'azote sous forme réduite, mais aussi aux rhizobia pour obtenir les nutriments nécessaires à leur développement. La plante fournit des matières nutritives à la bactérie, celle-ci capte l'azote atmosphérique qui sera assimilé par la plante hôte (Raven et al, 2000). Là où se

Synthèse Bibliographique

développent des légumineuses indigènes, les rhizobia du sol ou les rhizobia endophytes des semences établissent une symbiose avec la légumineuse hôte (Giller, 2001).

L'interaction symbiotique entre les rhizobia et les Légumineuses se traduit par la formation d'organes spécifiques, appelés nodules ou nodosités, où les bactéries sous leur forme différenciées, fixent et réduisent l'azote moléculaire en ammoniac (Perry *et al*, 2004).



Figure n°4 : Partie d'une racinaire d'une légumineuse avec nodosité (Saeki, 2011).

2. La salinité

Halitim (1988) définit la salinité comme étant une accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines et naturelles (plantes, animaux, écosystèmes aquatiques, approvisionnement en eau, agriculture, ...). La concentration globale des sels solubles est généralement exprimée par la conductivité électrique. On distingue deux types de salinité, une salinité primaire où l'augmentation de sels est uniquement due à des processus naturels et une salinité secondaire ou induite où les augmentations ont eu lieu en raison des changements des pratiques d'utilisation des terres par les activités humaines (Hamdy *et al*, 1995).

2.1. Les facteurs de la salinisation

On désigne par salinisation le processus par le lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol, causant une dégradation du sol et une chute des productions agricoles, notamment dans les périmètres irrigués en zones arides et semi-arides. Ainsi, des pertes considérables en terres arables sont enregistrées dans le monde, elles sont estimées à 3 ha/mn (Iptrib, 2006).

2.1.1 La salinisation primaire

La salinisation primaire, localisée principalement dans les dépressions fermées et dans les bassins élémentaires, est liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat,

Synthèse Bibliographique

de l'altération des roches et de la dynamique des eaux (S.O.C.O., 2009). Son origine géologique est due soit à l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques, soit à la dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc., soit à l'altération des roches volcaniques (Servant, 1975).

2.1.2 La salinisation secondaire

Elle est fréquente dans les régions à climat aride ou semi-aride et est due principalement à la pratique irrationnelle de l'irrigation. Les surfaces irriguées affectées par la salinité sont estimées à 27% dans le monde (Hamdy et al, 1995), ce qui dépasse les 350 millions d'hectares (Szablocs, 1994), avec une augmentation annuelle variant de 10 à 12 millions d'hectares (Cheverry, 1995).

2.2. Le problème de salinité en Algérie

Selon Houerou (1993), les sols salés en Algérie peuvent être estimés à 3.2 millions d'hectares. Ils sont rencontrés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides, qui se localisent non seulement au sud mais aussi au nord (Djili, 2000 ; FAO, 2005).

2.3. Les stress

D'après (Chaussat, 1999) et Vincent (2006), les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

- Les stress biotiques qui sont dus à une agression par un autre organisme.
- Les stress abiotiques qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux.

Les stress abiotiques ont en commun une composante osmotique qui peut rompre l'homéostasie hydrique cellulaire (Levitt, 1980). La cause primaire du stress est alors la baisse d'activité de l'eau cellulaire, qui déstabilise les membranes et les macromolécules et entraîne la perte de turgescence des tissus (Lugan, 2008).

2.4. Le stress salin

Le stress salin est dû, en particulier et non pas exclusivement, à la présence en excès d'ions de Na^+ et Cl^- (Hopkins, 2003). Ce qui réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle ainsi de milieu « physiologiquement sec » (Tremblun, 2000). Il est induit principalement par l'abondance des chlorures de sodium dans le milieu, un stress de nature ionique s'ajoute au stress hydrique par l'action des ions Na^+ et Cl^- en excès (Flowers et al, 2000).

2.5. Impacts du stress salin sur la plante

2.5.1. Impacts sur la germination des graines :

La réponse des graines à la salinité est un indicateur de la tolérance de la plante, durant les étapes postérieures de développement (Jeffrey et *al*, 1985 ; Flowers, 2004). La germination est régulée par les caractéristiques génotypiques, les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau et du sel dans le sol (Gutterman, 1993). La germination des graines est le stade le plus sensible à la salinité, même chez les halophytes, qui possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, les graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade de germination (Belkhodja et Bidai, 2004).

2.5.2. Impact sur la nutrition hydrique et minérale :

Le potentiel hydrique, le potentiel osmotique et la pression de la turgescence cellulaire des plantes deviennent de plus en plus négatifs au fur et à mesure que le taux de salinité augmente (Romeroaranda et *al*, 2001 in Parida et Das, 2005).

Les fortes concentrations en Na^+ limitent l'absorption des autres cations, notamment le K^+ et le Ca_2^{++} , ce phénomène a été observé chez le riz (Levitt, 1980 in Haouala et *al*, 2007) et chez la canne à sucre (Nimbaikar, Joshi, 1975 in Haouala et *al*, 2007). Dans le cas du haricot, l'absorption des deux cations peut s'arrêter complètement, mais en cas de faibles concentrations en Na^+ , l'absorption en K^+ peut augmenter (Hamza, 1977 in Haouala et *al*, 2007).

Le stress salin cause aussi un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique cause un stress oxydatif à cause de la formation des espèces réactives de l'oxygène comme les super-oxydes, les radicaux hydroxyles et le peroxyde. Les espèces réactives de l'oxygène qui sont le produit des stress hyper osmotique et ionique causent un dysfonctionnement dans la membrane plasmique et finit par la mort cellulaire (Bohnert et Jensen, 1996) in (Parida et Das, 2005).

2.5.3. Impact sur la photosynthèse :

La salinité réduit la photosynthèse nette par la réduction des échanges gazeux et de l'activité photochimique (Godde, 1999; Orcutt et Nilsen, 2000; Ortega et *al*, 2004). Une forte concentration en sels conduit à la réduction de la vitesse d'expansion de la surface foliaire liée à la baisse d'activité d'eau cellulaire, qui entraîne la perte de turgescence des tissus (Wang et Nu, 2000). Sous l'effet du stress salin, une chlorose commence à se développer sur les feuilles les plus âgées, qui finissent par tomber (Agastian et *al*, 2000).

L'effet de salinité sur la photosynthèse est dû à la réduction de l'assimilation du CO_2 suite à la diminution de la surface foliaire (Munns et *al*, 2000), de la conductibilité des stomates

Synthèse Bibliographique

(Parida et al 2003), de l'activité des enzymes photosynthétiques et du fonctionnement des photosystèmes (Redondo –Gomez et al, 2008).

2.5.4. Impact 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 ; Zhu, 2001) et conduit à de fortes chutes de rendement (Allakhverdiev et al, 2000b in Parida et Das, 2005). Elle est à l'origine de la diminution de la biomasse, traduite par le poids frais et le poids sec des feuilles, des tiges et des racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000).

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

2.5.5. Impact sur la nodulation et l'activité symbiotique chez les Légumineuses :

La plupart des études conduites sur l'effet de la salinité sur la fixation symbiotique de l'azote montrent une diminution de la matière sèche nodulaire en condition de culture sur sel. Ce comportement traduit les effets simultanés du sel sur l'initiation et la mise en place des nodules d'une part et sur la croissance de ces organes symbiotiques d'autre part (Kaouther S. et al, 2001).

Bien que la plupart des bactéries étudiées se soient révélées plus tolérantes au sel que les plantes hôtes, l'initiation nodulaire a paru particulièrement sensible au sel. Quant à la fixation des rhizobia sur les poils absorbants, résultant d'un dialogue moléculaire entre le micro et le macro-symbiote et qui est déterminante pour la nodulation, semble sensible au stress salin (TU J.C, 1981 in Kaouther S. et al, 2001).

La présence de sel dans le milieu de culture limiterait l'alimentation des plantes en calcium ce qui conduirait à une inhibition de l'émergence et de la croissance des racines et des poils absorbants (Zahran H.H. et Sprent J.I, 1986).

L'effet du sel aux stades précoces de la nodulation se traduit par une réduction du nombre de nodules observée chez de nombreuses légumineuses (Ram P.C, 1989 ; James E.K. et al, 1993 ; Soussi M. et al, 1999).

D'autres études montrent que l'inhibition de la photosynthèse chez les plantes soumises au stress salin et la restriction du transport des photoassimilats vers les nodules conduisent à une réduction de la taille de ces organes (Velagaleti R. R, Marsh S, 1989 ; Serraj R. et al, 1998). Cependant, une stimulation de la croissance des nodules a été mise en évidence chez des légumineuses soumises au stress salin, telles que la fève (Yousef A.N et al, 1983) et le pois chiche (Soussi M et al, 1999).

Synthèse Bibliographique

L'inhibition de l'ineffectivité peut être liée à une diminution des sites potentiels d'infection résultant soit d'une inhibition du développement des racines (hamza M, 1977 ; Ikada J, 1994 ; Souissi A, 2000), soit de la réduction du nombre et du diamètre des poils absorbants (Zahran H.H. et Sprent J.I, 1986), soit encore de l'inhibition de l'élongation et de l'enroulement de ces organes (Zahran H.H. et Sprent J.I, 1986) et (Ikada J, 1994).

2.5.6. Impact sur le métabolisme azoté :

Chez les légumineuses, le métabolisme azoté et la synthèse protéique sont sévèrement affectés par le stress salin, limitant ainsi fortement la productivité et le développement normal des plantes (Pessarakli *et al*, 1989 ; Benkhaled *et al*, 2003). Cette contrainte provoque aussi la diminution de l'activité de la nitrogénase réductase et d'autres enzymes impliquées dans l'assimilation de l'azote (Delgado M.J. et Ligerio F, 1994).

Dans les feuilles de beaucoup de plantes étudiées, il est remarqué que le stress salin provoque la diminution de l'activité de l'enzyme nitrate réductase (NRA) (Flores *et al*, 2000). La première cause de cette réduction de la NRA dans les feuilles serait due à la présence des chlorures (Cl⁻) dans le milieu externe, ce qui réduit l'absorption des nitrates NO₃⁻, bien que l'effet direct du Cl⁻ sur l'activité de l'enzyme qui ne puisse pas être écarté (Flores *et al*, 2000). Chez le maïs cultivé en conditions salines, il est remarqué, aussi, une diminution de la NRA dans les feuilles, quant aux nitrates, une réduction est enregistrée dans les feuilles, mais dans les racines, leur concentration a augmenté (Parida et Das, 2004).

2.6. Tolérance et modes d'adaptation

Afin de s'adapter aux conditions stressantes, la plante manifeste un ensemble complexe de mécanismes parmi lesquels beaucoup ne sont pas encore connus (Lazrek, 2008). Les mécanismes jusque-là signalés par les chercheurs peuvent être récapitulés comme suivant :

En réponse au stress salin, l'homéostasie ionique au niveau des cellules est acquise par les stratégies suivantes (Hopkins, 2003) et (Heller *et al*. 1998).

- L'exclusion des ions Na⁺ des cellules par les canaux ioniques : antiport Na⁺/H⁺ ou bien par la limitation d'entrée des ions Na⁺.
- La compartimentation de Na⁺ dans des vacuoles intracellulaire pour un ajustement osmotique.
- La sécrétion des ions de Na⁺.

Synthèse Bibliographique

2.6.1. La séquestration du sodium dans les vacuoles

Afin de maintenir les ions de Na^+ à une faible concentration dans le cytoplasme et conserver un faible potentiel osmotique cellulaire, la plante recourt à la stratégie de séquestration de ces ions dans les vacuoles (Nouar, 2007). L'exclusion de l'excès de sodium du cytoplasme nécessite la synthèse d'osmolytes compatibles avec la réduction du potentiel osmotique nécessaire au prélèvement de l'eau dans des conditions de stress salin ; ce processus est coûteux en énergie pour la plante (Lazrek, 2008).

2.6.2. La conservation du ratio K^+/Na^+

Dans les conditions optimales, les plantes maintiennent un ratio cytosolique K^+/Na^+ élevé (Heller and *al*, 1998). Le stress salin entraîne la diminution de ce ratio, du fait que les ions Na^+ sont en concurrence avec les ions K^+ , ce qui est défavorable pour les processus biochimiques cellulaires (Chaussat, 1999). De même, une forte concentration de K^+ augmente le potentiel osmotique qui entraîne une entrée d'eau à partir du milieu extérieur ; ainsi, le prélèvement de K^+ est essentiel pour la turgescence cellulaire et le déroulement des processus biochimiques sous stress salin (Claussen et *al*, 1997).

2.6.3. La synthèse d'osmoprotectants

Il a été observé, chez des plantes transgéniques, que l'accumulation de certains osmoprotectants, tel le mannitol, la glycine, la bétaine, et la proline améliorent la tolérance au stress salin (Lazrek, 2008)

2.6.4. La synthèse d'enzymes antioxydantes

D'après LAZREK (2008), les plantes produisent des espèces d'oxygène actif nommés ROS : radicaux superoxyde (O_2^-), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), et radicaux hydroxyl (OH) en réponse à un stress salin ; les ROS causent d'importants dommages dans des lipides membranaires, des protéines et acides nucléiques. La détoxification des ROS constitue un élément clé de défense des plantes contre les stress abiotiques dont le stress salin et les enzymes responsables de cette détoxification, nommées antioxydants, incluent le superoxyde dismutase (SOD), la catalase, et des enzymes du cycle ascorbate-glutathion.

3. L'acide salicylique

3.1. Historique

L'acide salicylique ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$) est une phytohormone de nature phénolique, naturellement synthétisé par la plante en réponse à différents stress pour être impliquée dans la résistance systémique acquise (SAR) et participer dans la régulation des procès physiologiques (Lepoivre, 2003 ; Sakhabutdinova et *al*, 2003 ; Machiex et *al*, 2005). Il est présent en abondance dans

Synthèse Bibliographique

l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylique de méthyle (Heller, 1998 ; Yalpani et al, 1991). Il a été trouvé également dans les feuilles et les organes reproducteurs de 34 espèces d'importances agronomiques (Panchova et al, 1996).

Il fut découvert en 1828 par le chercheur Johann Buchner, qui a pu isoler une petite quantité de glucoside d'alcool salicylique, salicyline, à partir de l'écorce de saule. Le nom "acide salicylique" a été attribué à cet ingrédient actif du saule par Raffaele Piria en 1838 en s'inspirant du nom latin salix. Ce n'est qu'en 1874 que la première production commerciale d'acide salicylique synthétique a débuté en Allemagne où son dérivé appelé "acide acétylsalicylique" a été introduit, en 1898, sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise Bayer et est rapidement devenu le médicament le plus vendu dans le monde (Raskin, 1992).

Certains auteurs ajoutent que l'acide salicylique était utilisé, depuis longtemps, par les indiens d'Amérique, qui le plaçaient autour de leur tête pour traiter les migraines (Hopkins, 2003). Les fleuristes, aussi, le savaient même avant son identification au 19^{ème} siècle, mais sans en connaître les bases (Raskin et al, 1987).

3.2. Biosynthèse de l'acide salicylique

Les résultats de plusieurs travaux de recherche indiquent que la synthèse de l'acide salicylique débute avec la phénylalanine, qui est transformée en acide cinnamique par la phénylalanine ammoniac lyase (PAL). L'acide cinnamique est ensuite transformé en acide benzoïque, qui est finalement hydroxylé par l'acide benzoïque-2-hydroxylase en acide salicylique (Dempsey et al, 1994).

Les concentrations d'acide salicylique sont de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de nano grammes par gramme de matière végétale fraîche dans les tissus sains, et de quelques microgrammes à quelques dizaines de microgrammes par gramme de matière végétale fraîche dans les tissus atteints (Bernard F. in Klarzynski et Fritig 2001). Il faut cependant préciser qu'il s'agit là des concentrations totales d'acide salicylique, dont l'essentiel se trouve libre ou sous forme conjuguée de glycosylates méthyle, glucose-ester ou conjuguée avec les aminoacides (Lee et al., 1995).

3.3. Importance physiologique de l'acide salicylique

L'acide salicylique est considéré comme molécule omniprésente impliquée dans beaucoup de phénomènes physiologique chez la plante. Ainsi, il joue un rôle d'induction naturelle de la thermogénèse chez *Arum*, il induit la floraison de plusieurs plantes, il contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomacale (Raskin, 1992). Des données

Synthèse Bibliographique

expérimentales indiquent sa participation dans le signal de la régulation des expressions des gènes de la sénescence des feuilles chez *Arabidopsis* (Morris et al, 2000). Il contribue, en plus, dans la régulation du gravitropisme (Medvedev et Marcova, 1991) et l'inhibition du murissement des fruits (Srivastava et Dwivedi, 2000).

Il est considéré, d'autre part, comme molécule de signalisation qui induit l'activation de la défense naturelle de la plante, notamment contre les agressions pathogènes (Avères, 2000 ; Kunkel et Brooks, 2002). L'acide salicylique a été trouvé jouer un rôle clé dans la régulation de la croissance et le développement des plantes et dans les réponses aux divers stress environnementaux (Senaratana et al, 2000). En effet, il existe généralement une bonne corrélation entre la capacité de résistance de la plante et sa teneur en acide salicylique (Gozzo, 2003). Ainsi, il est considéré nécessaire pour activer la plupart des réactions de défense des plantes contre les stress (Smith et al, 1998).

3.4. L'acide salicylique et les stress abiotiques

Des menées sur le blé révèlent que l'induction de l'acide salicylique augmente la résistance à la salinité (Shakirova et Bezrukova, 1997), le déficit hydrique (Bezrukova et al, 2001) et prévient la réduction du contenu en auxine et cytokinine, ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (Shakabutdinova et al, 2003). Il augmente aussi la résistance de la tomate et la fève au stress thermique (Senaratna et al, 2000) ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (Mishra et Choudhuri, 1999).

3.5. Mode d'action de l'acide salicylique

L'acide salicylique apparaît comme molécule de signal qui est à l'origine d'une cascade de transduction intracellulaire aboutissant à l'expression de nombreux gènes (Klessig et al, 2000).

La plupart des résultats d'études effectuées indiquent que la présence d'acide salicylique reste indispensable aux endroits où s'exprime la SAR, qu'il provienne du transport phloémien ou d'une biosynthèse directe au niveau de ces organes cibles. (Kunkel et al, 2002 ; Pieterse et al, 1999).

Matériel et Méthodes

Matériels et méthodes

1. Objectifs de l'étude

La présente étude est menée dans le cadre de mieux comprendre le comportement physiologique et moléculaire de deux génotypes de fève (*Vicia fana* L.) cultivés dans un milieu salin en présence de l'acide salicylique.

2. Site et conditions de l'expérimentation

L'expérimentation avec ses différentes étapes a été effectuée au laboratoire de Biologie Moléculaire et Cellulaire au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université Ibn Khaldoun (Tiaret).

3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de deux génotypes de fève (*Vicia fana* L.) « *Aguadulce* » et « *Histal* ». Il s'agit de deux variétés introduites et très répandues sur le marché algérien des semences agricoles.

Aguadulce est une variété précoce, vigoureuse et très productive dont les gousses atteignent 23 à 24 cm de long et contiennent de 7 à 9 grains charnus. Sa faculté germinative est estimée à 90 % avec un taux de pureté de 98 %.

Quant à la variété « *Histal* », elle est semi- précoce et de bonne résistance au froid. La plante est haute avec 4 à 5 tiges fortes et épaisses, ses feuilles sont grandes avec folioles ovales. Ses gousses ont une longueur de 30 à 33 cm de long et 3cm de large, contenant de 7 à 8 grains de grande dimension.



Figure n°5 : Graines de fève (Var : Histal). **Figure n°6 :** Graines de fève (Var : Aguadulce)

Matériels et méthodes

4. Méthodologie

4.1. Test de germination

Compte tenu de l'importance du pouvoir germinatif des semences sur les stades ultérieurs de toute plante, un test de germination a été effectué *in vitro* dans des boîtes de Pétri mises à l'étuve réglée à 25°C.

4.2. Pré-germination

Pour favoriser la germination et homogénéiser les plants au moment et après le repiquage, on a procédé à une phase de pré germination en mettant deux graines par alvéole rempli de terreau, qu'on a pulvérisé jusqu'à saturation à l'eau douce et recouvert en film plastique transparent pour maintenir la température à un degré élevé proche à celui de la germination. Les alvéoles contenant le substrat de culture et les semences étaient pulvérisés plusieurs fois jusqu'à l'obtention de plants germés plus ou moins homogènes, qu'on a gardé un seul plant par alvéole.

4.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été réparti comme suit :

Tableau n°2 : Dispositif expérimental

| variété Traitement | <i>Histal</i> |  | <i>Aguadulce</i> |  |
|-------------------------|---------------|---|------------------|---|
| | | | | |
| Témoin 0 (eau douce) | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 100 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 200 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| AS 0.5 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| AS 1 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 100 mM + AS 0.5 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 200 mM + AS 0.5 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 100 mM + AS 1 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |
| NaCl 200 mM + AS 1 mM | 4 Répétions | | 4 Répétions | |

4.4. Préparation des solutions de traitement

Pour préparer les solutions d'arrosage prédestinées, on a procédé au calcul des masses de sel et d'acide salicylique à dissoudre comme il est indiqué dans les tableaux suivants:

Matériels et méthodes

- Les solutions salines (NaCl)

Tableau (3) - Concentrations de NaCl utilisées.

| | |
|----------|----------|
| 100 mM | 200 mM |
| 5,85 g/l | 11,7 g/l |

- Les solutions d'acide salicylique (A.S)

Tableau (4) - Concentrations d'acide salicylique utilisées.

| | |
|-----------|-------------|
| 0.5 mM | 1mM |
| 0.069 g/l | 0.13812 g/l |

4.5. Repiquage

Les plants germés en alvéoles ont été enlevés avec leurs mottes et repiqués dans des pots plus volumineux (20x30 cm) contenant un mélange de deux volumes tourbe contre un volume de sable, déposé sur une petite couche de gravier moyen afin d'assurer le drainage.

La conduite de la culture a été menée dans un laboratoire de la faculté SNV qui nous a paru bien exposé à l'ensoleillement et où on a installé des lampes électriques LED afin d'intensifier l'éclairage et prolonger sa durée pour quelques heures.

Concernant l'arrosage à l'acide salicylique, il a été appliqué juste avec l'application de la salinité.

Les arrosages ont été appliqués à des quantités égales à 60 % de la capacité de rétention du substrat utilisé, préalablement calculée à 0,4 l/pot.

5. Paramètres étudiés

Notre étude a pour but de mettre le point sur le comportement physiologique et moléculaire des plants de *fève* (*Vicia faba* L.) mis en culture dans les conditions suits:

- La culture est arrosée en solutions salines, à des concentrations de 100 et 200 mM de NaCl.
- Le milieu de culture reçoit des apports exogènes d'acide salicylique de 0,5 et 1 mM.
- Les deux concentrations salines citées sont combinées aux deux concentrations d'acide salicylique.

Matériels et méthodes

5.1. Paramètres physiologiques

5.1.1 Paramètres de croissance

- Longueur de la tige et de racine

Mesurée à l'aide d'une règle graduée en cm à partir du collet.

- volume de racine

Il est mesuré par immersion du système racinaire dans une éprouvette graduée (en ml) remplie d'eau, selon le principe de la poussée d'Archimède, soit : « Le volume d'un corps immergé est égal au volume du liquide déplacé (dénivellation)».

- Etages foliaires

On considère un étage foliaire les feuilles situées sur le même niveau de la tige.

- Poids frais et sec de la partie aérienne

Au moment d'analyses, la partie aérienne comprend la tige et l'ensemble des feuilles qu'elle porte.

5.1.2. Paramètres hydriques

- Teneur relative en eau (TRE)

Selon la méthode de Barrs et Weatherley (1962), l'avant dernière feuille est excisée à sa base et immédiatement pesée, le poids frais initial (Pfi) est déterminé. La partie excisée est trempée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée. L'ensemble est placé à l'obscurité à une température de 4°C pendant 24 heures. Les feuilles sont à nouveau pesées, le poids de pleine turgescence (Ppt) est évalué.

Le poids sec (Ps) est obtenu par passage à l'étuve pendant 48 heures, à une température de 80°C. La teneur relative en eau des feuilles est estimée par l'équation :

$$\text{TRE (\%)} = \frac{\text{Pfi} - \text{Ps}}{\text{Ppt} - \text{Ps}} \times 100$$

- Taux de déperdition d'eau (TDE)

C'est une méthode qui permet l'identification des génotypes adaptés à des conditions défavorables. Elle permet d'évaluer le taux de déperdition d'eau des feuilles excisées de la manière suivante (Monneveux, 1991):

$$\text{TDE (\%)} = \frac{\text{Pi} - \text{P2h}}{\text{PS}} \cdot \frac{1}{\text{SF.120mn}}$$

Pi : poids initial de la feuille.

P2h: poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2h).

PS : poids sec de la feuille (48heure à 80C°).

Matériels et méthodes

SF : la surface foliaire de la feuille.

5.2. Paramètres moléculaires

5.2.1. Dosage des pigments chlorophylliens

L'extraction de la chlorophylle est réalisée dans un mélange d'acétone et d'éthanol (75 % et 25%) de volume et de 80% et 20% de concentration (Francis *et al*, 1970).

Pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière, les feuilles sont mises dans des boites noires. 100 mg de feuilles sont coupés en petits morceaux et mis dans 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol de volumes respectifs 75 % et 25 % moyennant deux concentrations de 80 % et 20 %. Après 10 min de centrifugation à 5000 tours.mn⁻¹, La densité optique correspondant à la teneur en chlorophylle "a" est lue à la longueur d'onde 645 nm et celle de la chlorophylle "b" à 663 nm. Les concentrations en chlorophylles totales (Chlorophylles a et b), exprimées en mg. g⁻¹ de matière fraîche sont données selon les formules:

$$\text{Chl a (mg/g MF)} = 12.7 \text{ DO (663)} - 2.59 \text{ DO (645)} \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Chl b (mg/g MF)} = 22.9 \text{ DO (645)} - 4.68 \text{ DO (663)} \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Chl t} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

Avec: V : Volume solution extraite. W : Poids de matière fraîche de l'échantillon.

5.2.2. Dosage des sucres solubles totaux

La teneur en sucres totaux est déterminée par la méthode phénol-acide sulfurique décrite par (Dubois *et al*, 1956).

L'extraction des glucides est faite par l'éthanol à 80%. 100 mg de chaque échantillon sont broyées dans 5ml d'éthanol 80%. Les tubes contenant le mélange sont chauffés pour évaporer l'alcool. Dans chaque tube sont ajoutés 10 ml d'eau distillée, c'est la solution à analyser. 1 ml est prélevé de cette solution auquel on ajoute 1 ml de phénol 5% et 5 ml d'acide sulfurique. Les tubes sont agités et placés à 5°C pendant 45 min à l'obscurité. La lecture de densité optique (D.O) est réalisée à 485nm.

Résultats

Résultat

1. Paramètres de croissance

La croissance de la plante peut être exprimée par plusieurs paramètres à savoir la biométrie des organes (longueur de tige et de racine, volume de racine,...), le poids de la biomasse fraîche et sèche (tige et racine), la morphogénèse (étages foliaire).

1.1. Nombre d'étages foliaires

Sous les conditions d'irrigation à l'eau douce, le nombre d'étages foliaires est autour de 8 chez le génotype *Aguadulce* et de 6 chez le génotype *Histal*. L'apport de l'acide salicylique induit l'augmentation du nombre d'étages foliaires chez *Aguadulce* alors que la concentration 1 mM ne semble avoir aucun effet chez *Histal*.

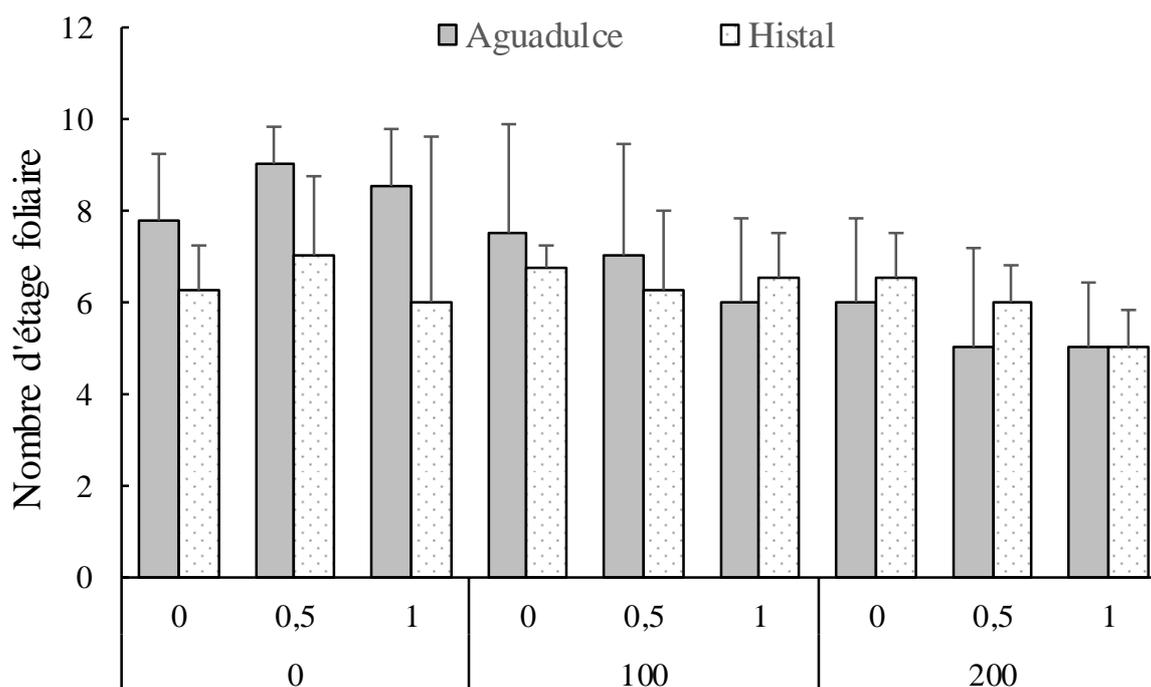


Figure n°7 : Variation du nombre d'étages foliaires chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

D'une manière générale, la salinité du milieu de culture a réduit significativement le nombre d'étages foliaires des plantes *d'Aguadulce*. Cependant, aucune variation n'a été enregistrée chez le génotype *Histal*.

Résultat

La combinaison acide salicylique-salinité semble avoir un effet dépressif sur la croissance végétale exprimée en nombre d'étages foliaires. L'augmentation de la concentration de l'acide salicylique est accompagnée d'une réduction systématique du nombre d'étages foliaires.

Toutefois, le nombre d'étages foliaires demeure supérieur chez le génotype *Aguadulce* que chez *Histal*.

1.2. Longueur de la tige

La longueur de la tige sous les conditions témoins dépasse 80 cm chez le génotype *Aguadulce* et 60 cm chez le génotype *Histal*. Suite à l'apport de l'acide salicylique il ne paraît aucun effet chez le génotype *Aguadulce*. La concentration de 0.5 mM d'acide salicylique a entraîné une augmentation de la longueur de la tige chez le génotype *Histal*, alors que sous traitement à 1 mM, une diminution est enregistrée chez les deux génotypes.

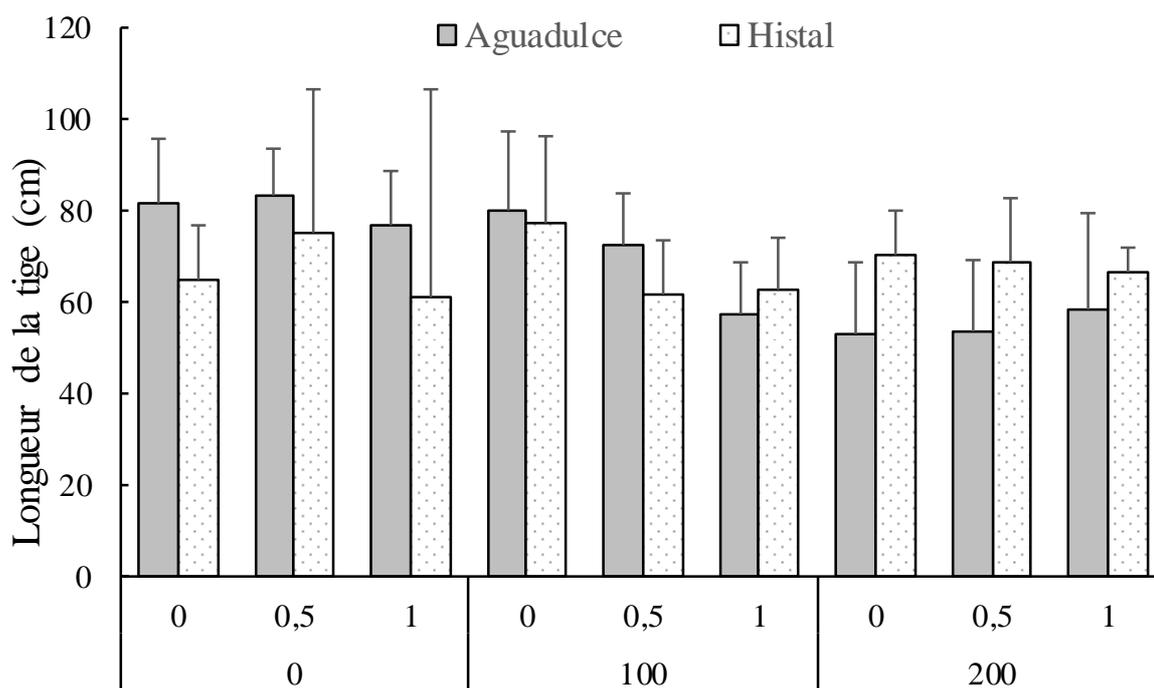


Figure n°8 : Variation de la longueur de la tige chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Lorsque la salinité est appliquée seule à 100 mM, aucun effet n'est enregistré sur la longueur de la partie aérienne d'*Aguadulce*, mais cette dernière a significativement diminué sous 200 mM. Cependant, chez *Histal*, les deux concentrations ont abouti à une augmentation nette.

Résultat

En combinant l'acide salicylique à la salinité, les différents traitements ont entraîné une réduction de la longueur de la tige chez *Aguadulce*. Chez *Histal*, sous les deux combinaisons d'acide salicylique avec 100 mM de NaCl aucun effet n'a été observé. Par contre avec 200 mM de sel, est enregistrée une augmentation de la longueur de la tige.

1.3. Longueur de la racine

Chez les plantes témoins, la longueur de la racine a dépassé les 8 cm chez le génotype *Aguadulce* et 4 cm chez *Histal*. L'acide salicylique appliqué seul provoque une réduction de la longueur de tige chez *Aguadulce*, alors que chez le génotype *Histal*, la concentration 0.5mM ne semble avoir aucun effet, mais celle de 1 mM a provoqué sa diminution.

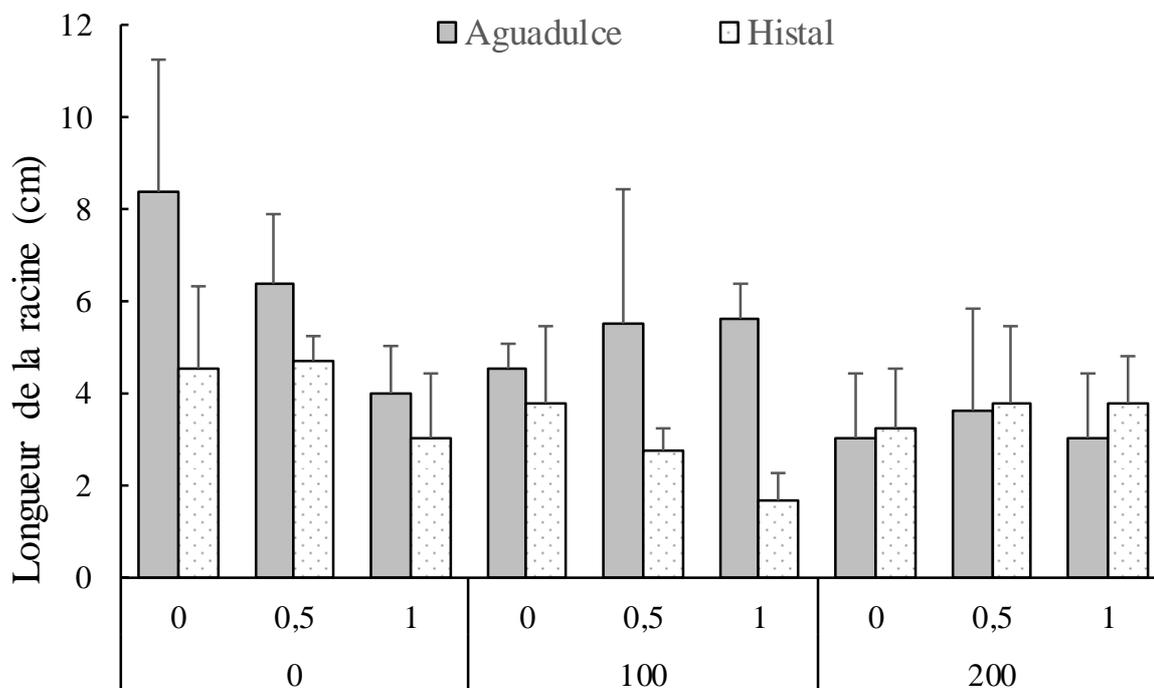


Figure n°9 : Variation de longueur de la racine chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Concernant la salinité appliquée seule, une diminution de la longueur de la racine a été enregistrée chez les deux génotypes.

Sous l'effet de l'acide salicylique associé au NaCl, la longueur de la racine diminue significativement chez les deux génotypes. Toutefois, il est à signaler que les concentrations progressives d'acide salicylique en présence de 100mM de sel ont entraîné des augmentations

Résultat

progressives correspondantes chez *Aguadulce*, contrairement à *Histal* où on assiste à une diminution progressive. En doublant la concentration du NaCl à 200 mM, une baisse en longueur de racine est remarquée chez *Aguadulce*, mais aucun effet n'a été enregistré chez *Histal*.

Sous les différents traitements où le NaCl est absent ou appliqué à 100 mM, la longueur de la racine du génotype *Aguadulce* paraît supérieure que celle de l'autre génotype, tandis qu'à 200 mM le phénomène s'est inversé.

1.4. Volume de la racine

Sous les conditions contrôles irriguées à l'eau douce (Témoin), le volume de la racine est égal 22.5cm³ chez *Aguadulce* et moins de 20cm³ chez *Histal*. L'apport exogène de l'acide salicylique seul à 0,5 mM ne paraît avoir aucun effet chez le génotype *Aguadulce*, mais à 1 mM une légère diminution est enregistrée. Pour *Histal*, une baisse est observée à 0,5 mM d'acide salicylique alors qu'à 1 mM, cela a augmenté.

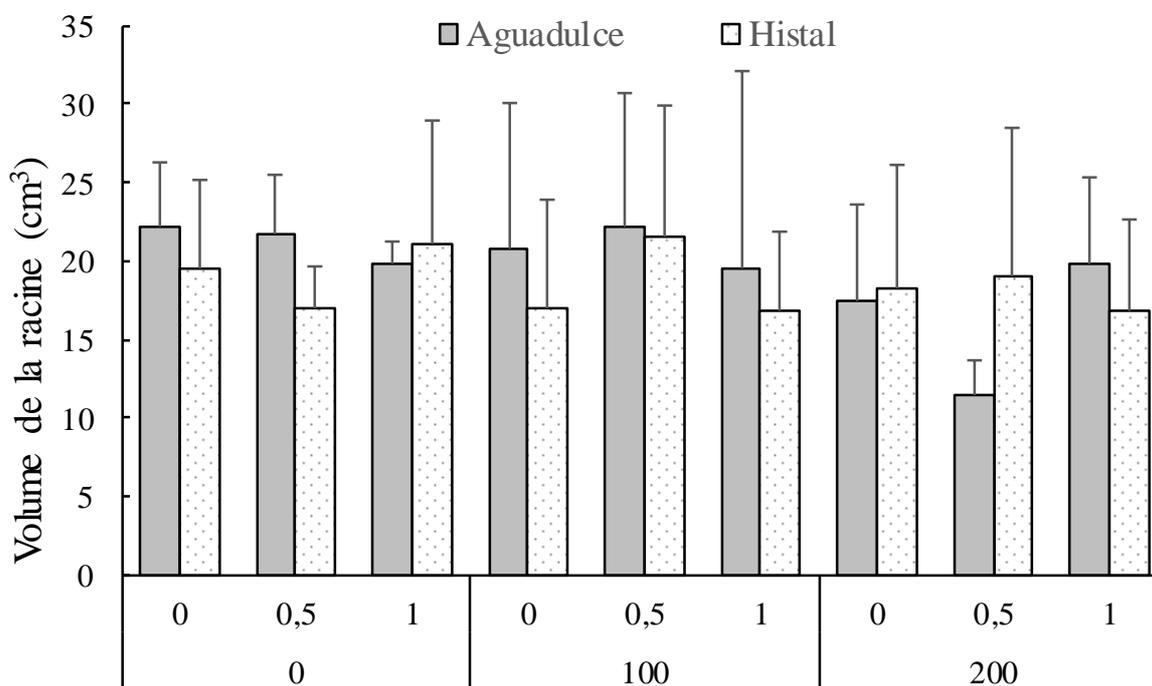


Figure n°10 : Variation du volume de la racine chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Sous les deux concentrations salines appliquées seules, une diminution en volume des racines est révélée chez les deux génotypes.

Résultat

Lorsque l'acide salicylique est additionné à la salinité, des diminutions de volume des racines sont distinguées chez *Aguadulce*, mis à part le traitement combiné de 100 mM de NaCl avec 0,5 mM d'acide salicylique. Au sein des blocs correspondant à la variété *Histal*, il est remarqué des diminutions sous les différents traitements, sauf celui de 0,5 mM d'acide salicylique. Avec 100 mM de NaCl qui a abouti à une augmentation modérée.

1.5. Poids frais de la biomasse aérienne

Sous les conditions d'irrigation à l'eau douce (témoin), le poids frais de la biomasse aérienne est légèrement supérieur chez *Aguadulce* que chez *Histal*, soit 17g contre 16g.

L'application de l'acide salicylique seul induit l'augmentation du poids frais chez le génotype *Aguadulce*, alors que chez le génotype *Histal*, il n'y a qu'une légère diminution lorsqu'on traite à 0,5 mM.

En traitant à la salinité seule, des diminutions sont observées sous les différents traitements chez les deux génotypes.

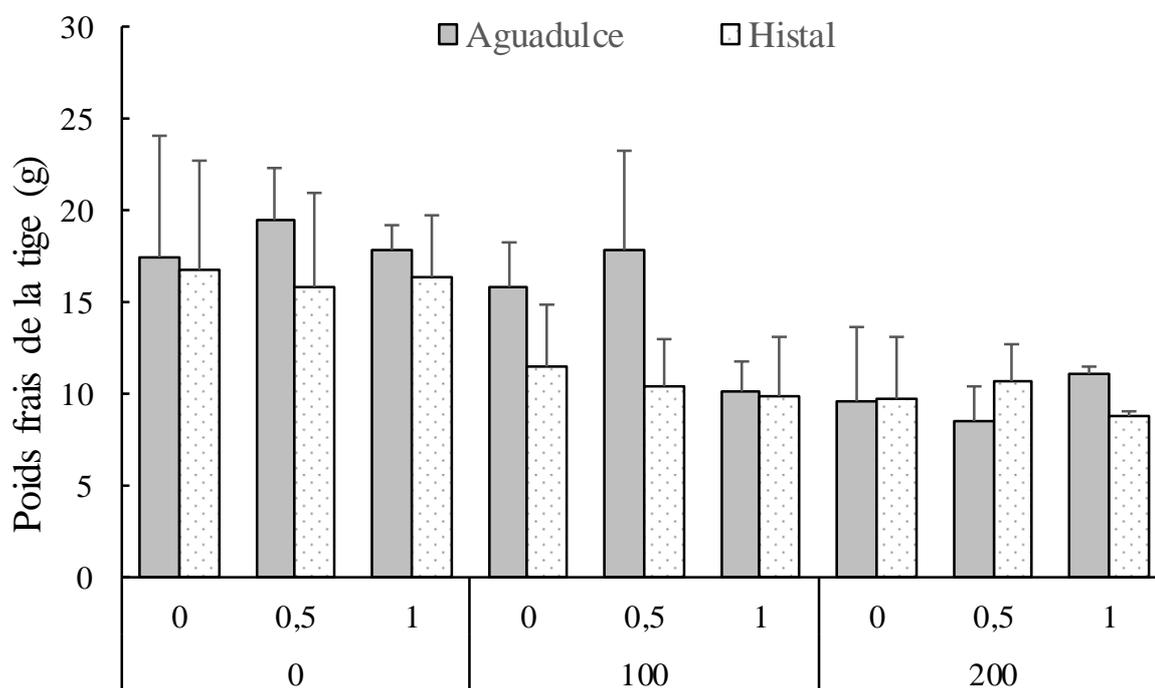


Figure n°11 : Variation du poids frais de la biomasse aérienne chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Mis à part l'association de 0,5 mM d'acide salicylique à 100 mM de NaCl qui a entraîné une légère augmentation, l'application du stress salin en présence l'acide salicylique provoque

Résultat

une réduction significative du poids frais de la biomasse aérienne des plantes chez les deux génotypes.

1.6. Poids frais de la biomasse racinaire

Sous les conditions témoins, le poids frais de la biomasse racinaire relevé est de l'ordre de plus de 6 g chez *Aguadulce* et moins de 6g chez *Histal*. L'apport de l'acide salicylique seul à une concentration de 0.5 mM provoque une augmentation chez les deux génotypes. Cependant, lorsqu'il est apporté à 1 mM, une baisse modérée est enregistrée chez *Aguadulce* contrairement à *Histal* où aucun changement n'a été observé.

Sous l'effet de la salinité, appliquée seule, des diminutions sont remarquées chez les deux génotypes, à l'exception du traitement à 100 mM qui n'a manifesté aucun effet.

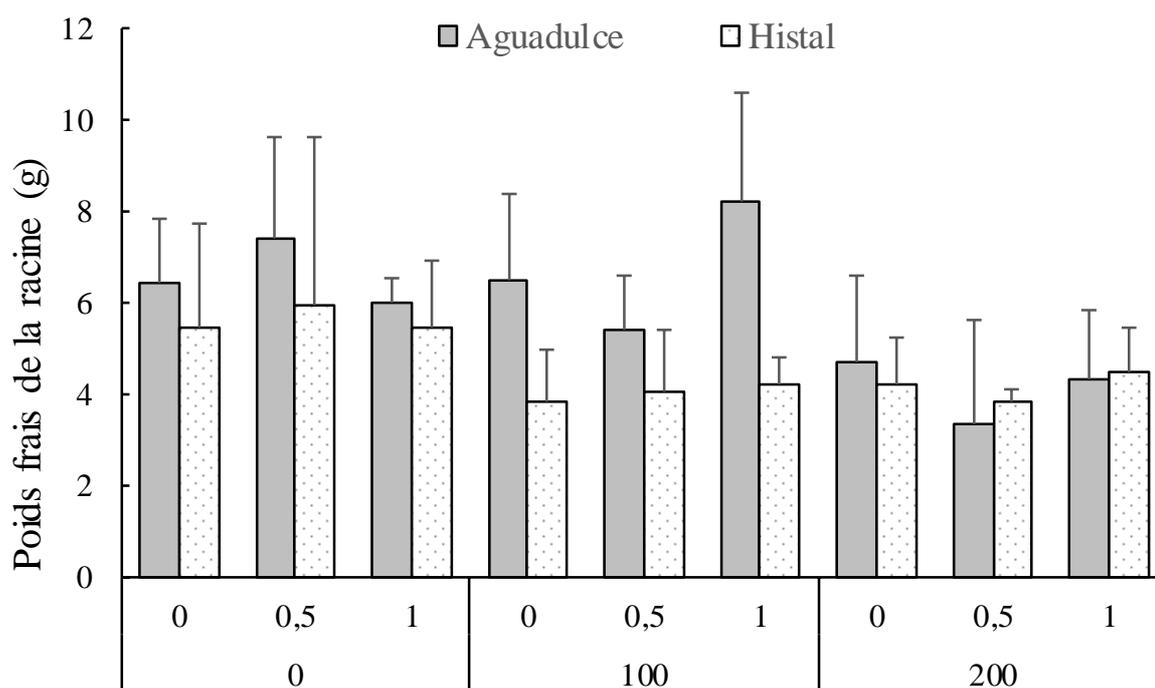


Figure n°12 : Variation du poids frais de la biomasse racinaire chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

L'addition de l'A.S. au sel NaCl, a provoqué une diminution du poids frais de la biomasse racinaire chez les deux génotypes, sauf que chez *Aguadulce* sous l'effet combiné (1 mM et 100 mM), une augmentation significative a été remarquée.

Résultat

1.7. Poids sec de la biomasse aérienne

Chez les plants arrosés à l'eau distillée (Témoin), le poids sec de la biomasse aérienne est égal à 0.75 g chez le génotype *Aguadulce* et près de 0.7g chez le génotype *Histal*. Sous l'effet de l'apport de l'acide salicylique appliqué seul à 0,5 et 1 mM, l'augmentation progressive du poids sec de la biomasse aérienne est nette chez *Aguadulce*, alors que chez *Histal*, cet indice augmente fort légèrement sous traitement à 0.5 mM, mais en doublant la concentration d'acide salicylique, son augmentation devient plus remarquable.

Lorsque le NaCl est appliqué seul, une diminution du poids sec de la biomasse aérienne est distinguée chez les deux génotypes.

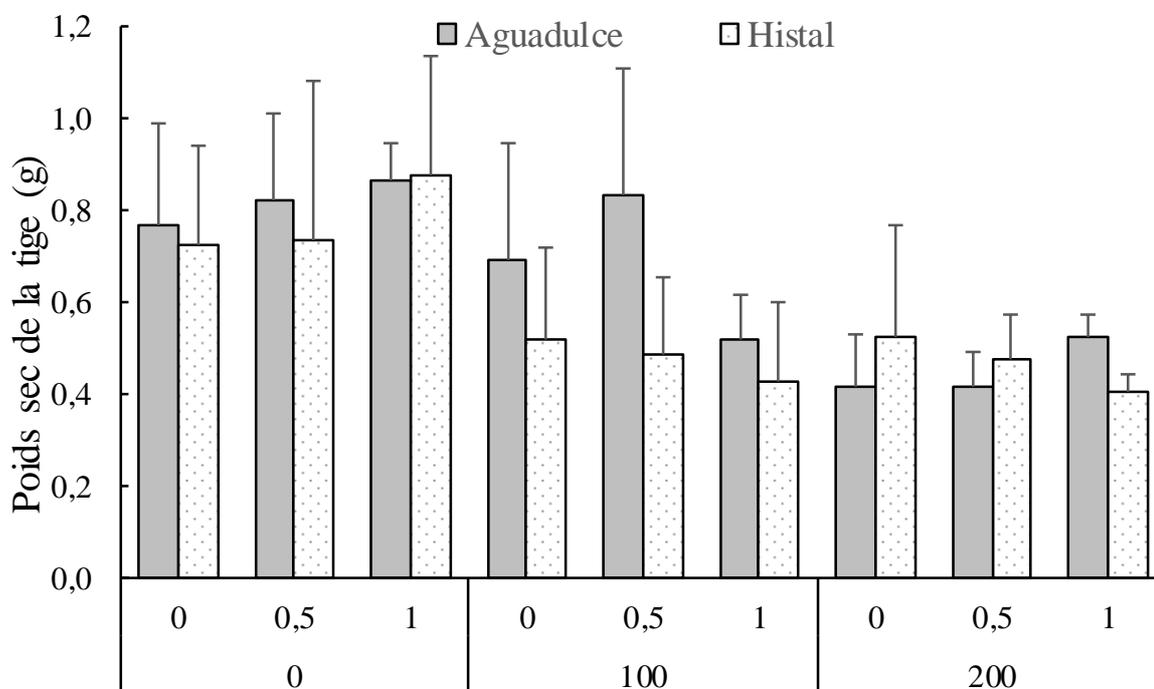


Figure n°13: Variation du poids sec de la biomasse aérienne chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

En combinant l'acide salicylique à la salinité, les différents traitements ont abouti à une réduction nettement significative du poids sec de la partie aérienne chez les deux génotypes à l'exception du milieu de culture traité à 0.5 mM d'acide salicylique ajouté à 100 mM de NaCl, où est enregistrée une augmentation chez le génotype *Aguadulce*.

1.8. Poids sec de la biomasse racinaire

Sous les conditions contrôles irriguées à l'eau douce (Témoin), le poids sec de la biomasse racinaire atteint 0,26 g chez le génotype *Aguadulce* et 0.23 g chez *Histal*. En présence

Résultat

de l'acide salicylique seul, le poids sec de la biomasse racinaire diminue chez les deux génotypes et sous l'effet des deux concentrations utilisées (0,5 et 1 mM).

Quand la salinité est appliquée seule à une concentration de 200 mM, la valeur de cet indice a chuté chez les deux génotypes, alors que sous traitement à 100 mM le poids sec racinaire a diminué chez *Aguadulce* et aucun effet n'a été enregistré chez *Histal*.

A propos de la combinaison « acide salicylique-salinité », lorsque le NaCl est appliqué à 100 mM, la diminution du poids sec de la biomasse racinaire est modérée chez *Aguadulce*, mais elle sévère chez *Histal*. Quant aux traitements contenant 200 mM, ils ont entraîné des diminutions de cet indice chez les deux génotypes.

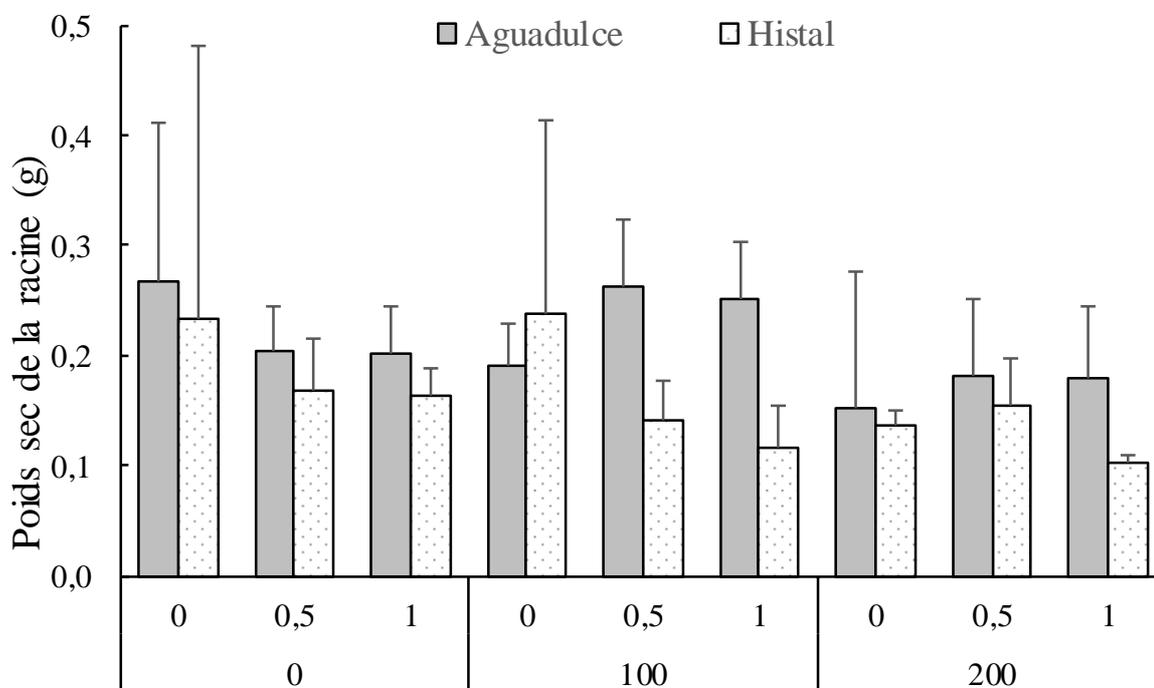


Figure n°14 : Variation du poids sec de la biomasse racinaire chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

2. Paramètres hydriques

2.1. Teneur relative en eau

La teneur relative en eau des feuilles est parmi l'un des critères d'évaluation de la tolérance au stress. Elle est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'hydratation des tissus qui leur permet la continuité de l'activité métabolique.

Résultat

Sous les conditions témoins, la teneur relative est de l'ordre de 90% chez le génotype *Aguadulce* et 85% chez *Histal*. L'addition de l'acide salicylique diminue la teneur relative en eau chez le génotype *Aguadulce* et l'augmente chez *Histal*.

La présence de la salinité sans acide salicylique dans le milieu de culture provoque une baisse significative de la teneur relative en eau chez les deux génotypes et sous les deux concentrations, 100 et 200 mM de NaCl.

Sous traitement combiné « acide salicylique-salinité », la teneur relative en eau diminue significativement chez les deux génotypes et quelque soit la combinaison.

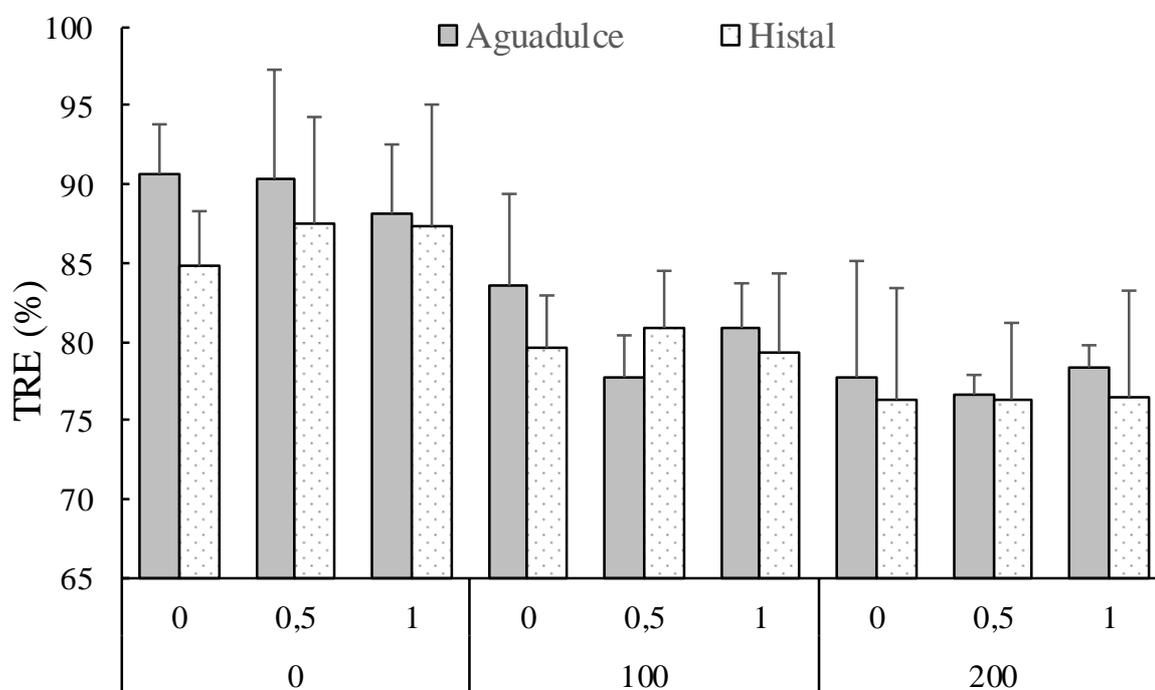


Figure n°15 : Variation du teneur relative en eau chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Il est à souligner que les teneurs relatives d'eau enregistrées ont été, dans tous les cas, supérieures chez le génotype *Aguadulce* en comparaison à celles d'*Histal*.

2.2. Taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée

Les taux de déperdition d'eau enregistrés sont autour de 0.015 mg/cm²/min chez *Aguadulce* et plus de 0.02 mg/cm²/min chez *Histal* là où on a traité à l'eau naturelle (Témoin).

Résultat

En apportant de l'acide salicylique seul, il est remarqué que sous les deux concentrations d'acide salicylique le taux de déperdition de l'eau enregistré a significativement augmenté chez *Aguadulce*, alors que chez *Histal*, il a augmenté sous l'effet de 0.5 mM d'acide salicylique et a diminué sous l'effet de 1 mM.

Sous les conditions salines, le taux de déperdition d'eau a nettement augmenté chez les deux génotypes, notamment lorsque le milieu est arrosé à 200 mM de solution saline.

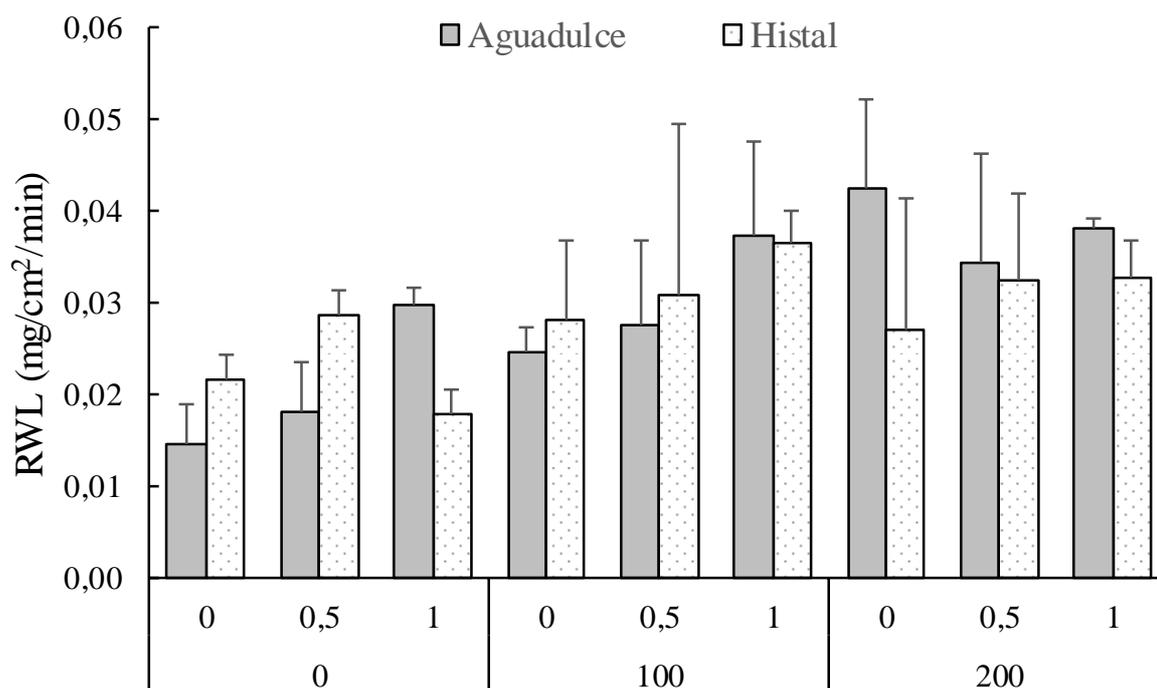


Figure n°16 : Variation du Taux de déperdition d'eau chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Dans les milieux de culture arrosés à la solution saline en présence de l'acide salicylique, le taux de déperdition d'eau des plants a augmenté chez les deux génotypes et suite aux différentes combinaisons.

3. Paramètres moléculaires

3.1. Teneur en chlorophylle "a"

La chlorophylle "a" est impliquée dans les réactions lumineuses, elle absorbe la lumière des régions du spectre colorées en bleu, violet et rouge et apparaît vert foncé, car elle réfléchit principalement la lumière verte.

Résultat

Dans les milieux irrigués à l'eau naturelle, la teneur en chlorophylle "a" des plants a atteint 15 mg/g chez le génotype *Aguadulce* et 14,80 mg/g chez *Histal*.

En cas d'application de l'acide salicylique seul, il est observé une augmentation de la teneur en chlorophylle "a" chez *Aguadulce*. Par contre, chez *Histal* cet indice a diminué sous concentration de 1mM d'acide salicylique, mais aucune variation n'a été enregistrée à 0.5 mM.

Une chute de la teneur en chlorophylle "a" est enregistrée chez les plants des deux génotypes dans les milieux arrosés seulement à la salinité (100 et 200 mM).

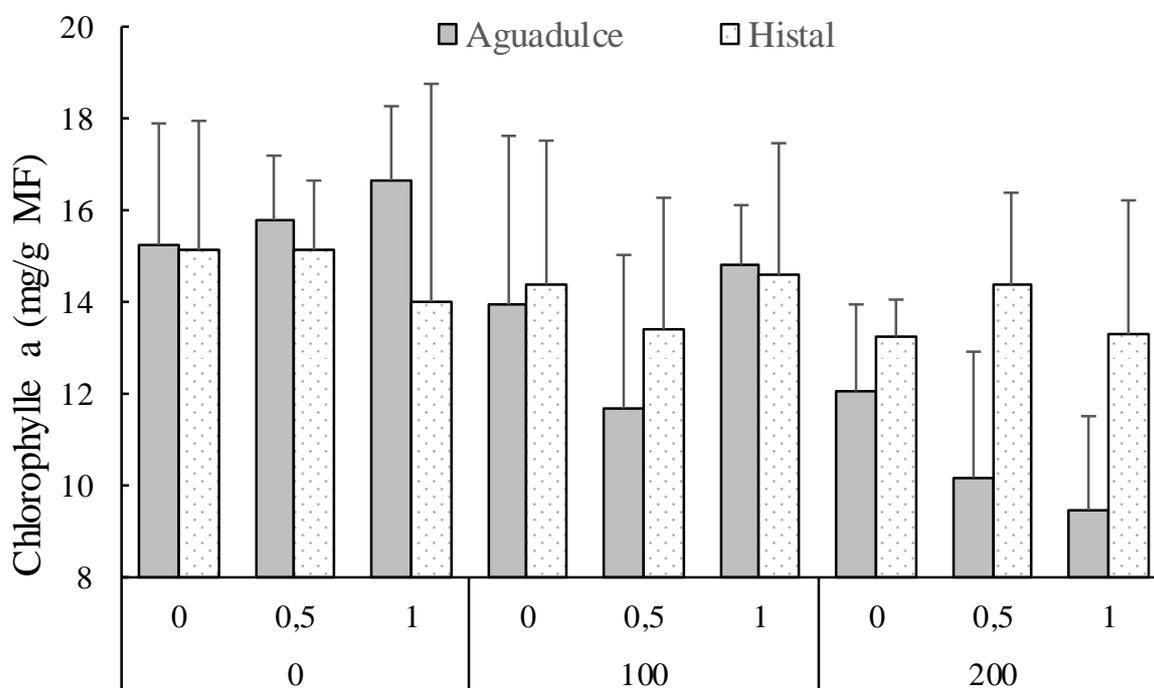


Figure n°17: Variation du teneur en chlorophylle "a" chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

En rajoutant l'acide salicylique à la salinité, les résultats enregistrés indiquent une diminution significative de la teneur en chlorophylle "a" chez le génotype *Aguadulce*, mise à part à la combinaison 1 mM de l'acide salicylique avec 100 mM de NaCl où la réduction est très minimale. Quant au génotype *Histal*, de légères diminutions de cet indice ont été enregistrées sous traitements combinés (1 mM d'A.S. et 100 mM de NaCl) et (0,5 mM d'acide salicylique et 200 mM de NaCl).

Résultat

3.2. Teneur en chlorophylle "b"

La chlorophylle "b" transmet l'énergie absorbée à la chlorophylle "a", elle est appelée "pigment accessoire".

Chez les plantes témoins, la teneur en chlorophylle "b" atteint respectivement 7,8 mg/g chez *Aguadulce* et 5,85 mg/g chez *Histal*.

Concernant les plants ayant subi un apport d'acide salicylique seul, les deux concentrations utilisées ont provoqué une augmentation de la teneur en chlorophylle "b" chez les plants de la variété *Aguadulce*. Cependant, chez *Histal*, la teneur en chlorophylle "b" augmente lorsqu'on traite à 0,5 mM et diminue sous 1 mM.

Pour les plantes alimentés en solution saline sans acide salicylique, aucune variation n'a été enregistrée sous traitement à 100 mM de NaCl, ni chez *Aguadulce*, ni chez *Histal*, alors que la concentration saline est levée à 200 mM, une chute de la teneur en chlorophylle "b" est observée chez les deux génotypes.

L'application de la salinité avec l'acide salicylique provoque une diminution de la teneur en chlorophylle "b" chez les deux génotypes, exceptée la combinaison 1 mM d'acide avec 100 mM de sel qui n'a abouti à aucune variation.

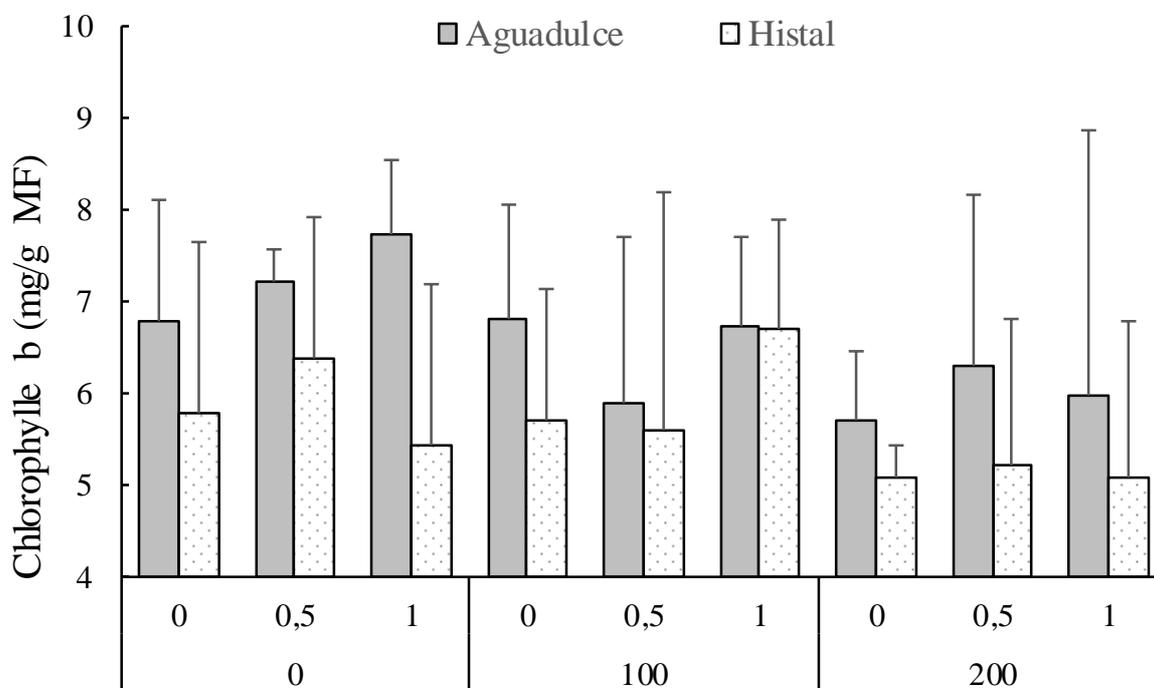


Figure n°18 : Variation du teneur en chlorophylle b chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Résultat

3.3. Caroténoïdes

Sous les conditions témoins la teneur en caroténoïdes est élevée 4 mg/g MF chez le génotype *Histal* contre 3.5 mg/g MF chez le génotype *Aguadulce*.

L'apport de l'acide salicylique se traduit par une augmentation progressive de la teneur en caroténoïdes chez *Aguadulce* et une diminution progressive chez *Histal*.

L'approvisionnement du milieu de culture en solution saline seule, les deux concentrations de NaCl ont abouti à la même réduction de la teneur en caroténoïdes chez *Histal*.

Par contre, chez *Aguadulce*, la première concentration saline (100 mM de NaCl) a provoqué un accroissement de la teneur en caroténoïdes, tandis que la deuxième (200 mM) a entraîné une réduction.

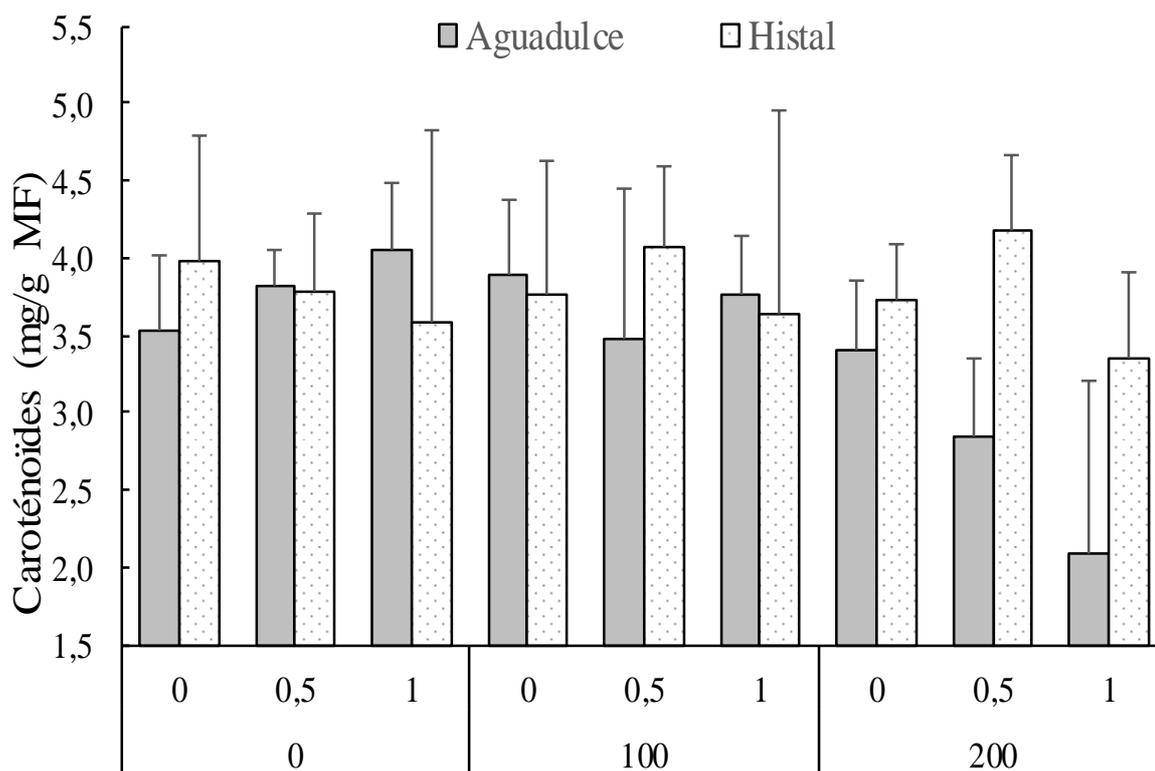


Figure n°19 : Variation du teneur en caroténoïde chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

Là où la salinité est associée à l'acide salicylique, seulement sous l'effet de la combinaison (1 mM d'acide salicylique + 100 mM de NaCl) une légère augmentation de la teneur en caroténoïdes est constatée chez *Aguadulce*, les autres combinaisons ont tous entraîné des réductions. Quant au génotype *Histal*, les plants arrosés à 0,5 mM d'A.S. ajouté à 100 mM de

Résultat

NaCl et ceux irrigués à 0,5 mM d'acide salicylique et 200 mM de sel ont connu un enrichissement de la teneur en caroténoïdes ; les deux autres combinaisons ont abouti à des chutes.

3.4. Sucres solubles

Sous les conditions témoins, la teneur en sucres solubles s'est avérée plus importante chez le génotype *Histal* que chez le génotype *Aguadulce*, soient respectivement 5,6 mg/g MF et 2,5 mg/g MF.

L'application de l'acide salicylique seul s'est traduite par une augmentation de teneur en sucres solubles chez *Aguadulce*, qui était plus significative sous traitement à 5 mM d'acide salicylique que l'autre issue de la concentration de 1 mM. Chez *Histal*, les deux applications d'acide salicylique (0,5 et 1 mM) ont donné une réduction de la teneur en sucres solubles.

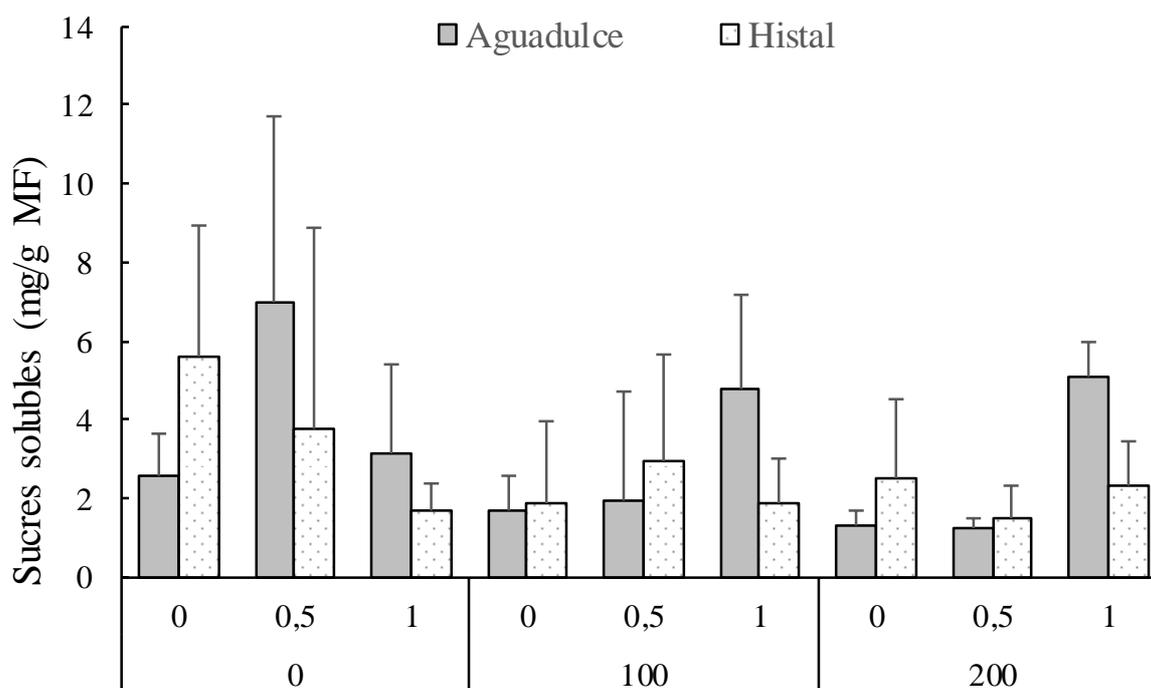


Figure n°20 : Variation du teneur en sucres solubles chez les deux génotypes de la fève (*Histal*, *Aguadulce*) stressés à la salinité en présence de l'acide salicylique.

L'arrosage des plants en solutions salines a, dans tous les cas, provoqué des diminutions de la teneur en sucres solubles, que ce soit chez le génotype *Aguadulce* ou *Histal*.

Au sujet des combinaisons «acide salicylique + NaCl», les différents traitements ont entraîné des chutes de la teneur en sucres solubles chez le génotype *Histal*. De l'autre côté, chez

Résultat

Aguadulce, les plants alimentés en (0,5 mM d'acide salicylique + 100 mM de NaCl) et ceux ayant reçu (0,5mM d'acide salicylique + 200 mM de NaCl) ont, tous les deux, vu une réduction de la teneur en sucres solubles, alors que chez les autres arrosés à (1 mM d'acide salicylique + 100 mM de NaCl) ou (1 mM d'acide salicylique + 200 de NaCl), la teneur en sucres solubles s'est considérablement enrichie.

Discussion

Discussion

Les plantes possèdent, naturellement, la capacité de faire face aux contraintes biotiques et abiotiques, y compris la salinité, qui leur causent des dégâts sur la croissance, le développement et la productivité. En réponse à ces conditions défavorables, une cascade de réactions biochimiques locale et systémique est déclenchée dès que la menace est signalée (Faessel et al, 2016). L'acide salicylique est une molécule de signal que la plante synthétise en cas de stress. Vu ses différentes vertus, de nombreuses études ont opté à son application sous forme exogène pour voir son interaction avec les différents stress que peut subir une plante.

Le présent travail conduit sur deux génotypes de fève (*Vicia faba* L.), *Aguadulce* et *Histal*, cultivés sous stress salin en présence de l'acide salicylique, porte sur l'étude de différents paramètres moléculaires, hydriques et de croissances dont les résultats se résument au suivant :

Les effets du stress salin ainsi enregistrés se manifestent nettement au niveau de la plante entière à des degrés variables, mais qui sont perceptibles à toutes les échelles : moléculaire, hydrique et de croissance. Ce qui confirme une multitude d'études faites antérieurement sur deux variétés de maïs (Hajlaoui et al., 2015) et sur le piment (Bouassaba K. et ChouguI S., 2018). Cet impact augmente proportionnellement avec l'accroissement de la concentration saline (Wang et al. 2003). D'autre part, les impacts de la salinité enregistrés révèlent, d'une façon générale, une bonne tolérance manifestée par l'espèce *Vicia faba* L. vis-à-vis des concentrations salines appliquées, avec une hétérogénéité d'expression entre les deux génotypes étudiés et les degrés d'intensité de stress. Cette tolérance semble être plus significative chez le génotype *Aguadulce* que chez *Histal*.

Les résultats obtenus indiquent, en général, que la salinité exerce un effet dépressif considérable sur l'ensemble des paramètres de croissance étudiés. Khadri et al. (2001) sont arrivés aux mêmes observations durant leur travail sur la légumineuse *Phaseolus Vulgris*.

L'apport de l'acide salicylique induit une croissance du nombre d'étages foliaires chez les deux génotypes, résultats similaire à ceux de Munns (2002) et Hamsas (2013). Par contre, la présence de la salinité provoque une réduction du nombre d'étages foliaires, notamment chez le génotype *Aguadulce*. Quant aux combinaisons « salinité-acide salicylique », il semble que ce dernier exerce un effet dépressif sur le stress salin à toutes les concentrations et chez les deux génotypes.

Discussion

Pour ce qui est de l'effet de l'acide salicylique sur la longueur de la tige, les résultats concernant le géotype *Aguadulce* obtenus sont identiques à ceux de BOUAOUINA et al (2000) ayant travaillé sur le blé dur (*Triticum durum* L.), une diminution est ainsi obtenue. En ce qui concerne l'impact de la salinité, il est remarqué qu'elle provoque un abaissement de la longueur de la partie aérienne, résultat analogue à celui de Saidi et al. (2014).

Il est à noter que l'effet combiné de l'acide avec la salinité induit également une réduction de la longueur de la tige chez les deux géotypes, *Aguadulce* et *Histal*.

Mis à part la combinaison de 100 mM de NaCl avec 0.5 mM d'acide salicylique, l'apport de ce dernier, l'interaction des deux éléments induit une diminution nettement significative de la longueur racinaire, que ce soit chez le géotype *Aguadulce* ou *Histal*. Ce résultat est analogue à ce que signale Smirnov (1981) dans une étude effectuée sur l'espèce *Pseudorlaya pumila*, où il rapporte qu'en milieu peu salé, le système racinaire atteint 70 cm contre 30 cm seulement en sol salin.

En distinguant le volume racinaire, il s'est avéré que' à l'exception de la concentration de 1 mM qui semble n'avoir causé aucun effet sur le géotype *Histal*, le reste des traitements à l'acide salicylique entraîne une réduction du volume racinaire des deux géotypes. Le même résultat a été obtenu par Huch et al. (1970) qui a travaillé sur le coton. A propos des plants arrosés seulement en solutions salines, une diminution du volume des racines a été induite. D'autre part, lorsque l'acide salicylique est additionné à la salinité, des résultats non significatifs sont enregistrés laissant dire que l'acide salicylique, dans ce cas, ne semble pas avoir un effet clair sur la salinité.

Concernant la biomasse aérienne, son poids frais a été augmenté par l'acide salicylique et réduit par la salinité. D'ailleurs, cette réduction induite par le stress salin est, sous les différentes combinaisons avec l'acide salicylique, significativement accentuée, mis à part là où 0.5 mM d'acide salicylique est rajoutée à 100 mM de NaCl. Khadi et al. (2001) ont aussi constaté que la salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus Vulgris* exprimée en poids frais de la biomasse aérienne. La présence de la salinité affecte non seulement le poids frais de la biomasse aérienne et souterraine, mais aussi le poids sec (Huch et al. 1970).

Concernant l'effet de l'apport exogène de l'acide salicylique sur les paramètres hydriques exprimés en teneur relative en eau (TRE), les deux concentrations appliquées ont entraîné une légère diminution progressive chez *Aguadulce* contre une minime augmentation enregistrée chez

Discussion

Histal. Dans les milieux strictement salins, il s'est induit une diminution très nette de la teneur relative en eau chez les deux géotypes, qui devient plus intense lorsque la concentration saline augmente. Nos résultats se rapprochent à ceux obtenus par Farissi et al. (2014) ayant travaillé sur différentes légumineuses telles que *Phaseolus vulgaris* L., *Vicia faba* L. et *Ceratonia siliqua* L. et ceux d'Ali D. (1992) dans une étude portant sur le blé dur.

Quelle que soit la concentration utilisée, le taux de déperdition en eau augmente sous l'effet de l'acide salicylique appliqué seul et aussi sous l'effet de la salinité. Lorsque ces deux derniers sont combinés, et suite à tous les traitements, il s'est observé que la présence de l'acide salicylique aggrave la déperdition en eau causée par la salinité, sauf si l'on associe 0,5 ou 1 mM d'A.S. avec 200 mM de NaCl où une diminution est constatée uniquement chez le géotype *Aguadulce*. Des résultats identiques sur le blé sont obtenus par Zahariva et al. (2001).

L'apport de l'acide salicylique a un effet positif sur l'accumulation des chlorophylles « a » et « b » chez les deux géotypes, *Aguadulce* et *Histal*, cependant, la salinité les a significativement affectées. L'impact du stress salin sur l'accumulation des pigments chlorophylliens « a » est aggravé en présence de l'acide salicylique, mais dans le cas de chlorophylle « b », il a été atténué. Des travaux, qui ont été menés par UNLU et al (2009) sur le haricot, par Okcu et al (2005) sur les pois et par Kaya et Day (2008) sur le tournesol, ont abouti à des résultats en accord avec les nôtres.

El housseine et al. (1998) ont observé une diminution des pigments chlorophylliens suite à un stress salin chez trois variétés de blé. Par ailleurs, Shaheena et al. (2005) ont rapporté une diminution des chlorophylles « a » et « b » chez la moutarde stressée à la salinité. Ces constatations convergeant avec celles cités ci-avant renforcent les résultats que nous avons obtenus.

D'une part, un abaissement de la teneur en sucres solubles chez le géotype *Histal* a été induit par l'apport exogène d'acide salicylique, résultats analogues à ceux d'ottow et al (2005) constatées chez les feuilles d'olivier, tandis que chez le géotype *Aguadulce*, cette teneur en sucres solubles s'est enrichie. D'autre part, la salinité provoque une chute de la teneur en sucres solubles lorsqu'elle est appliquée seule alors qu'on assiste à un redressement de cette teneur lorsqu'il lui est rajouté l'acide salicylique. Zhu (2001) ont enregistré, dans des résultats concordants, que les plantules de *Pistacia Atlantich* répondent à des concentrations élevées de sels en augmentant l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles.

Discussion

Il est important de signaler que cette étude a montré certaines différences entre le génotype *Aguadulce* et le génotype *Histal* en ce qui concerne leur comportement vis-à-vis de la salinité et aussi l'acide salicylique. Ceci pourrait rejoindre les résultats selon lesquels plusieurs auteurs ont souligné que la réponse aux différents stress diffère entre les espèces végétales et également entre les génotypes (Cramer, 2000 ; Pedersen et al, 2000).

En effet, le génotype *Aguadulce* s'avère plus résistant à la contrainte saline par rapport au génotype *Histal*.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le recours à l'exploitation des légumineuses est devenu de haute nécessité afin de bénéficier de leur capacité de fixation l'azote atmosphérique et de limiter, ainsi, les apports d'engrais azotés (Alkama et al, 2002; Jeder et al, 2003) dont l'utilisation abusive aboutit souvent à mettre à la hausse les coûts de production et les risques d'affecter le milieu. Cependant, ces avantages attendus sont exposés à être influencés par toute contrainte biotique ou abiotique pouvant affecter l'état physiologique de la plante tel que les maladies, la déficience nutritionnelle, la toxicité, la salinité, etc. (Brockwel et al, 1995).

Sachant aussi que l'acide salicylique est une molécule de signalisation de nature phénolique bio synthétisée par les plantes en cas de stress pour induire une défense naturelle, nous avons mené le présent travail qui se résume en l'application d'un apport exogène d'acide salicylique à deux génotypes de fève (*Vicia faba L.*) exposées au stress salin pour vérifier une éventuelle interaction entre cette substance stimulatrice de défense et la salinité.

Nous avons opté à un apport exogène de deux concentrations d'acide salicylique (0,5 mM et 1 mM) pour les combiner avec 100 mM et 200 mM de NaCl. Les concentrations de NaCl ont été choisies pour être considérées faisant partie des limites de tolérance par différentes espèces de glycophytes, tandis que celles d'acide salicylique, appliquées, on s'en est inspiré de différents travaux similaires effectués.

Afin d'ajouter un plus aux multiples travaux de recherches antérieurs menés sur des thèmes proches ou similaires, nous avons choisi d'évaluer le comportement de deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*), à savoir *Aguadulce* et *Histal*, en réponse aux combinaisons des concentrations salines et d'acide salicylique tout en vérifiant l'effet de ces deux facteurs lorsqu'ils ont appliqués chacun tout seul. Les paramètres ciblés sont d'ordre physiologique (indices hydriques et de croissance) et moléculaires.

Les résultats ainsi obtenus permettent de signaler les points suivants:

- En général, les résultats correspondant au traitement aux solutions salines pures indiquent que la salinité mène à l'abaissement de la plupart des paramètres étudiés en comparaison au témoin.

Conclusion

- Les échantillons n'ayant subi que l'acide salicylique ont abouti à des résultats indiquant que cette molécule induit une amélioration des paramètres de croissance notamment ceux liés aux racines, ainsi que les paramètres hydriques et moléculaires.
- En ce qui concerne les plants de fève (*Vicia faba L.*) exposés à la salinité en présence de l'acide salicylique et à travers les différents paramètres étudiés, les résultats obtenus montrent que l'acide salicylique atténue l'effet régressif de la salinité sur les paramètres de croissance et sur l'accumulation des pigments et des sucres solubles.
- Il s'est avéré à travers cette étude que les résultats obtenus sont beaucoup plus significatifs chez le géotype *Aguadulce* que chez *Histal*.

Les résultats auxquels a conduit le présent travail ont besoin d'être vérifiés dans de prochaines études. De tels travaux auront à mettre en évidence l'effet de l'apport exogène de l'acide salicylique lorsqu'on l'ajoute sous d'autres concentrations à la salinité qui, elle aussi, mérite de lui diversifier les concentrations. Il serait intéressant d'étudier les paramètres en relation directe avec le métabolisme azoté, à savoir le dosage de l'azote total, de la teneur en protéines et de la Nitrate réductase, etc...

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- 1. ADRIAN J., POTUS J. et FRAGNE R., 2002** - La science alimentaire de A à Z. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier (3^{ème} éd.); 579 p.
- 2. AGASTIAN P., KINGSLEY S., VIVEKANANDAN M. (2000)** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38:287-290. ALLAKHVERDIEV *et al*, 2000b in
- 3. Alkama N., Noureddine N.E., Haddadj A., Sadji H., Issad S., Amrani S., 2002.** La pratique de l'inoculation en agriculture et en foresterie : une biotechnologie à notre portée-communication orale présentée au 2^{ème} congrès de Biotechnologie. Tunisie.
- 3. ANDRE G. et HUBERT B., 1992** - Amélioration des espèces cultivées : objectifs et critères de sélection. Ed. INRA ; 771 p.
- 4. ANZALA F. J, 2006** - Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat ; Université d'Angers ; 148 p.
- 5. ATMANE R., LEMSELLEK J., BOUSARHAL A., ABDELLATIF R., 2004** - Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 2698-2704.
- 6. AVERES AL., (2000).** Salicylic acide in machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Mol-Biol.* 44,429-442
- 7. BELKHODJA M., 1996** - Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minéral et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse de doctorat d'Etat es Sciences Biologiques. Université d'Oran. 230 p.
- 8. BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004** - Réponse des grains d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* 15 (4): 331-335.
- 9. BENACHOUR K., LOUADI K. et TERZO M., 2007** - Rôle des abeilles sauvages et domestiques (*Hymenoptera apoidea*) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L.) en région de Constantine (Algérie). *J. Plant Physiol.* 152: 213-219.

Références Bibliographiques

- 10. BEN M'BAREK, 2001** - Etude de l'écosystème du Lac Ichkeul et de son bassin versant : Caractéristiques physiques et géochimiques des eaux et des sédiments. *Sécheresse* 7(3): 274- 277.
- 11. BENKHALED A. ET REMINI B., 2003.** – Analyse de la relation de puissance : débit solide- débitliquide à l'échelle du bassin versant de l'Oued Wahrane (Algérie), *Revue Sciences de l'eau*, 16(3) : 333-356.
- 12. BENNABI F., 2006-** Métabolisme glucidique et azoté chez une halophyte (*Atriplex halimus* L.) stressée à la salinité. Thèse de Magister, Univ. d'Oran (Algéries) ,50 p.
- 13. BENSALÉM, M., 1992** - Etude comparative de l'adaptation à la sécheresse du blé, de l'orge et du triticale. Communication présentée au Séminaire sur " la tolérance a la sécheresse des céréales en zone méditerranée : Diversité génétique et amélioration variétale" à Montpellier. *J. Environ. Qual.* 6: 122-126.
- 14. BOHNERT H.J., & JENSEN, R.G., 1996.** Strategies for engineering watertressvtolerance in plants. *Trends Biotech.* 14: 89-
- 15. BOHNERT H.J., SHEVELVA E., 1998** - Plant stress adaptations, making metabolism move. *Curr. Opinion. Plant Biol.* 1: 267-274.
- 16. BOUAOUINA S, ZID E, HAJJI M (2000)** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) .CIHEAM – Options Méditerranéennes.pp. 239-243
- 16. BOUASSADA K. ET CHOUGUI S. (2018).** Effet du stress salin sur le comportement biochimique et anatomique chez deux variétés de piment (*Capsicum Annuum* L.) à Mila/Algérie. *European Scientific Journal.* May 2018 Ed. Vol.14, No 15 ISSN : 1857-7881 (Print) e-ISSN 1857-7431
- 17. BOYER J. S., 1982** - NaCl alteration of plasma membrane of *Allium cepa* epidermal cells. *J. Plant Physiol.* 145, 726-730.
- 18. BRAY E.A., BAILEY-SERRES J. and WERETILYK E., 2000** - Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant Soil* 247: 43–54.
- 19. BROCKWELL J., BOTTOMLEY P.J., THIES J.E., 1995.** Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: a critical assessment. *Plant and Soill.* 174:143-180.
- 20. CHARTZOULAKIS K., KIAPAKI G. (2000).** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during différent growth stages. *Sci. Hortic.* 86, 247-260.

Références Bibliographiques

21. **CHAUSSAT R., 1999** - Productions végétales : croissance et développement des plantes. Ed. Paris ; p. 5-16.
22. **CHEVERRY C. 1995.** Comportement des plantes et milieu salé. Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France. Vol.81n°2, pp. 42-46.
23. **CIHEAM**, Options Méditerranéennes Série A (40) : 239-243.
24. **CRAMER, G.R. (2000).** Sodium-calcium interactions under salinity stress. In: Salinity: Environment - Plants - Molecules. A. Läuchli and U. Lüttge (eds.). In press
25. **CÔME D. (1975).** Quelques problèmes de terminologie concernant les semences et leur germination. Ed. Gauthier-Villars, Paris; p.11-26.
26. **CÔME D., 1970** - Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie.162 p.
27. **D'HAENZE W, HOLSTERS M. 2002.** Nod factor structures, responses and perception during initiation of nodule development. Glycobiology 12, 79–105p.DEAKER et al., 2004).
28. **DELGADO M.J. et LIGERO F. (1994).** Effect of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. Soil Biol. Biochem. 26: 371-376.
29. **DEMPSEY E., NORLYN J.D., RUSH D.W., KINGSBURY R.W., KELLEY D.B., 1994.** Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*solanum melongena* l.) seeds during development. is. journ. pl. sc. 51: 125-131.
30. **DURANTI, M. & GIUS, C. 1997.** Legume seeds: protein content and nutritional value. Field Crops Research 53:31-45. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relations of Pinus radiata in different water regimes. Tree physiology 24: 65-73p.
30. **EL Housseine Tahri, Abdelmajid Belabed & Khadija Sadki** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*)
31. **EPSTEIN E., NORLYN J.D., RUSH D.W., KINGSBURY R.W., KELLEY D.B., CUNNINGHAM G.A. and WRONA A. F., 1980** - Saline culture of crops: A genetic approach. Science 210: 399 - 404.
32. **EZZAHIRI B., BOUHACHE M., MIHI M., et ERRAKI I., 2004** - Index phytosanitaire du Maroc. Ed. AMPP 2004; 257 p.

Références Bibliographiques

- 33. FAESSEL L. et TOSTIVINT C. (2016).** Les produits de stimulation en agriculture : un état des connaissances. NESE n° 40, Mai 2016, pp. 7-39
- 34. FAGHIRE, M., MANDRI, B., OUFDU, K., BARGAZ, A., GHOUAM, C., RAMIREZ-BAHENA, M., VELAZQUEZ, E., & PEIX, A. (2012).** Identification at the species and symbiovar levels of strains nodulating *Phaseolus vulgaris* in saline soils of the Marrakech region (Morocco) and analysis of the *otsA* gene putatively involved in osmotolerance. *Systematic and Applied Microbiology*, 35(3), 156-164.
- 35. FAOSTAT, 2013** - Statistiques de la FAO (Food and Agricultural Organisation).
- FIGUEIREDO MVB, BURITY HA, MARTINEZ CR, CHANWAY CP (2008).** Alleviation of water stress effects in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation *Paenibacillus x Rhizobium tropici*. *Applied Soil Ecol* 40:182–188
- 36. FARISSI M., FAGHIRE M, BOUIZGAREN A., BARGAZ A., MAKOUDI B., GHOUAM C. 2014.** Growth, nutrients concentrations and enzymes involved in plants nutrition of alfalfa populations under saline conditions. *J Agr Sci Tech* 16:301-314.
- 36. FLESH V., 1991** - Etude du développement végétatif et de l'accumulation en métabolites terpéniques de *Ginkgo biloba* L. en conditions contrôlées et naturelles. Thèse de doctorat ; Université de Paris ; 262 p.
- 37. FLORES P., BOTELLA M.A., MARTINEZ V., CEDRA A. (2000).** Ionic and osmotic effects on nitrate reductase activity in tomato seedlings. *J. Plant Physiol.* 156, 552-557.
- 38. FLOWERS T.J., 2004** - Improving salt tolerance. *Journal of Experimental Botany.* 55, 307–319.
- 39. FOUCHER, F., AND KONDOROSI, E. 2000.** Cell cycle regulation in course of nodule organogenesis in *Medicago*. *Plant Mol. Biol.* 43:773-786.
- 40. GALLAIS A., BANNEROT H., 1992** - Amélioration des espèces cultivées: objectifs et critères de sélection. INRA édition. p.31-32.
- 41. GEMELL L.G., HARTLEY E.J., HERRIDGE D.F., 2005.** Point-of-sale evaluation of preinoculated and custom-inoculated pasture legume seed. *Australian Journal of Agricultural Research.* 45: 161-169.
- 42. GERBEAUD XAVIER, 2010** – Apport nutritionnels de la fève. Site web:
- 43.** <http://www.gerbeaud.com/fruit-legume-de-saison> (consulté en avril 2018).

Références Bibliographiques

- 44. GILLER K.E. 2001.** Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB Publishing: Wallingford, UK.
- 45. GODDE D. (1999).** Adaptation of the photosynthetic apparatus to stress conditions. In: Lerner.
- 46. GOMES F.E., PRISCO J.T., CAMPOS F.A.P. et FILHO E.J., 1983** - Effect of NaCl salinity in vivo and in vitro ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. Plant Physiol. 59, 183-188.
- 47. GOZZO F., (2003).** Systemic acquired resistance in crop protection :from nature to a chemical approach .*J.Agric.Food.Chem.*51PP 4787-4503
- 48. HAJLAOUI H., MAATALLAH S. ET DENDEN M. (2015).** Effet du stress salin sur l'efficience d'utilisation d'azote et les bilans ioniques chez deux variétés de maïs (*Zea mays* L.) fourragères. Journal of Animal & Sciences, 2015. Vol.24, Issue 3/3787-3801
- 49. HALITIM A., 1988-** Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 141p
- 50. HALL A., CLARK N., 1995.** Coping with change, complexity and diversity in agriculture: the case of rhizobium inoculants in thailand. World Development. 23: 1601-1614.
- 51. HAMDY A., LEITH H., MEZHER Z., 1999** - Halophyte performance under high Salinity levels: an overview saline irrigation. Halophyte production and utilization. Project N° IC 96, 20-58.
- 52. HAMZA M.,1979.** Action de différents régimes d'apport de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses: Phaseolus vulgaris (sensible) et Hedysarum carnosum (tolérante). Relations hydriques et relations ioniques, Thèse Doctorat d'État, Paris, 1977, 252 p.
- 53. HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL HADJ S., 2007** - Effet salinité sur la répartition des cations (Na^+ , K^+ et Ca_2^+) et du chlore (Cl^-) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11(3): 235-244.
- 54. HELLER R., ROBERT E., CLAUDE L., 1998** - Physiologie végétale. Vol. (1) Nutrition; Edit. Dunod, Paris. 322 p.

Références Bibliographiques

- 55. HERRIDGE D. F., 2008.** Inoculation technology for legumes. In: Dilworth M.J., James E.K., Sprent J.I., Newton W.E. (Eds): Nitrogen-fixing leguminous symbioses. Eds. Springer Science et Business Media. pp 77-115.
- 56. HOPKINS W. G., 2003** - Physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck ; p. 66-81 ; 309-362.
- 57. HUCH M. G, CLEPPER B, TAYLOR M, 1970.** Diurnal variation in root diameter .*plant physiology*,(45) :529-530.
- 57. IPTRID. (2006).** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. P2, 11.
- 58. JABNOUNE M., (2008)** adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.
- 59. JAMES E.K., SPRENT J.I., HAY G.T., MINCHIN F.R., 1993.** The effect of irradiance on the recovery of soybean nodules from sodium chloride-induced senescence, *J. Exp. Bot.* 44 (1993) 997–1005.
- 60. JEDER ET AL., 2003.** Effects of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Expt. Bot.*: 49
- 61. JEFFREY R., SEEMANN J., CHRISTA C., 1985** - Effect of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta* 164: 51–162
- 62. JENSEN. E., 1986** - Symbiotic N₂ fixation in pea and field bean estimated by N₁₅ fertiliser dilution in field experiment with barley as reference crop. *Plant and soil* 92: 3-13.
- 63. KAYA, M.D. AND S. DAY. (2008).** Relationship between seed size and NaCl on germination. Seed vigor and early seeding growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) *African Journal of Agricultural Research* 3:787-791.
- 64. KHADRI M, PLIEGO L, SOISSI M, LLUCH C , OCANA A , 2001.** Ammonium assimilation and residue metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Agronomy*, (21) :635-643.
- 64. KLESSIG D.F., DURNER J., NOAD R., NAVARRE D.A., WENDEHENNE D., KUMAR D., ZHOU J.M., SHAH J., ZHANG S., KACHROO P., TRIFA Y, PONTIER D., LAM E., SILVA H., 2000.** Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 2000, pp. 8849- 8855.

Références Bibliographiques

- 65. KUNKEL, B. N., AND BROOKS, D. M. 2002.** Cross talk between signaling pathways in pathogen defense. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5:325-331.
- 66. LAZREK B.F.F., 2008** - Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat; Université de Toulouse. 255 p.
- 67. LEVITT J., 1980** - Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. Ed. Academic Press, New York, NY. 512 p.
- 68. LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P et CASSE-DELBAR T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture.* (4): 263-273.
- 69. LUGAN R., 2008** - Phénotypage métabolique des réponses aux stress abiotiques chez *Arabidopsis thaliana*. Analyse fonctionnelle et intégrative du métabolome et phénotypage métabolique des réponses aux stress abiotiques chez *Arabidopsis thaliana*. Thèse de doctorat; Université de Rennes.139 p.
- 70. MAATOUGUI M.E.,1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance (Institut Technique des Grandes Cultures, Sidi-Bel-Abbes).
- 71. MAATOUGUI M.E., 1997.** Situation de la culture des fèves en Algérie et principales contraintes. Céréaliculture, numéro spécial fève. Ed. ACTES Rabat. pp 6-15.
- 72. MALKI M., HAMADACHE A., 1999** - Les légumineuses alimentaires en Algérie: Situation actuelle et perspectives. Collectif, 1999. 150 p. Ed. ITGC.
- 73. MISHRA A., CHOUDHURI M. A., 1999-** Effect of salicylic acid on heavy metalinduced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*, 42, 409–415.
- 74. MORANT-MANCEAU, A, E. PRADIER, G.TREMBLIN (2004).** Osmotic adjustment,gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant Physiol.* 161. 25–33
- 75. MORRIS K., S. A.-H. MACKERNESS, T. PAGE ET AL., 2000-** Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *Plant J.*, 23, 677– 685.
- 76. MULLER S.H., PEREIRA P., 1995** - Nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by mineral nitrogen supply at different growth stages. *Plant and Soil* 177: 55-61.

Références Bibliographiques

77. **MUNNS R., 2002** - Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25: 239-250
78. **MUNNS R., SCHATMANN D.P., CONDON A.G., 1995** - The significance of a two phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 561-569.
79. **NOUAR S., 2007** - Réponse physiologique de la fève (*Vicia faba* L.) au stress thermique, Thèse de magister ; INA, El-Harrach; 86 p.
80. **OBER E.S., SHARP R.E., 1994** - Proline accumulation in maize (*Zae mays* L.) primary roots at low water potentials. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiology* 105: 981-987
81. **OMM, 2005.** Guidelines for integrating severe weather warnings into disaster risk management .WMO/TD-No.1292 Genève, Suisse.
81. **OKCU G, KAYA MD, ATAK M. (2005).** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turk J Agric For.* 29:237 242
82. **ORTEGA U., DUNABEITIA M., MENENDEZ S., GONZALEZ-MURUA & MAJADA J. (2004).** Salt stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Z Naturforsch Teil C* 59:408–414
83. **OTTOW EA, POLLE A, BROSCHE M, KANGASJÄRVI J, DIBROV P, ZÖRB C, TEICHMANN T (2005)** Molecular characterization of **PeNhaD1**: the first member of the NhaD Na⁺/H⁺ antiporter family of plant origin. **Plant Mol Biol** 58: 73–86
84. **OTTOW E., MONIKA B., THOMAS T., EBERHARD F. et WERNER K., 2009** - Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet. *Plant Physiology* 151: 210 - 222.
85. **OWEN P.A., NICKELL C.D., NOEL G.R., THOMAS D.J., FREY K., 1994** - Registration of « saline » soybean. *Crop Science* 34: 1689.
86. **PAPVC : Pôle Agronomie Productions Végétales des Chambres d'Agriculture de Bretagne (Revue) - Cap Agro. Printemps 2009, 41-42.**
87. **PARIDA, B.P., MOALAFHI, D.B., KENABATHO, P.K., 2003.** Effect of urbanization on run off coefficient: a case of Notwane catchment in Botswana.
88. **PARIDA SK, DAS AB.2005.** Salt tolerance and salinity effects on plants, *Ecotoxicol. Environ. Safety.* 60 (3): 324-349.Parida et Das, 2005).

Références Bibliographiques

- 89. PETERSON, L.RANDRUP, T-B. ET INGERSLER, M. (2000).** Effect of road distance and protective measures on deicing NaCl deposition and soil solution chemistry in planted median strips. *Journal of arboriculture* 26 (5): 239-245
- 90. PIETERSE C.M.J., VAN LOON L.C. 1999-** Salicylic acid-independent plant defense pathways, *Trends Plant Sci.* 4, 1999, pp. 52-58.
- 91. RASKIN LA, EHRNANN W, MELANDER R ET MEEUSE BJ.1992.** Salicylic acid :a natural inducer of heat production in arum lilies.scien ; 237(4822):1601-1602.
- 92. RAVEN, J., ET AL. (1990/2000).** *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales.* Research supplement no. 3 (2nd/3rd edition): A compendium of international and North American normative and validity studies together with a review of the use of the RPM in neuropsychological assessment. Oxford, England: Oxford Psychologists Press/ San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- 93. SAIDI W, MECHRI M, MELKI M, MEHOUACHI 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.
- 94. S.O.C.O., 2009)**
- 95. SENARATNA T, TOUCHELL D, BUNN T, DIXON K . 2000.** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul* 30:157-161.
- 96. SERRAJ R., FRANGNE N., MAESHIMA M., 1998.** Fleurat-Lessard P., Drevon J.J., A Y-TIP cross- reacting protein is abundant in the cortex of soybean N₂-fixing nodules, *Planta* 206 (1998): p681–684.
- 97. SERVANT J. 1978.** La salinité dans le sol et des eaux. Caractérisation et problèmes d'irrigation,SHAKABUTDINOVA et al., 2003).
- 98. SHAHEEN A, 2005.** Exogenous Application of gibberellins Acid contracts the effect of sodium Chloride in Mustard.*turk biol*, (29) :233-236.
- 98. SHAKIROVA F.M., BEZRUKOVA M.V., 1997-** Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109 112.SIBENNACEUR, 2007

Références Bibliographiques

- 99. SOLTANI A., GHOLIPOOR M. ET ZEINALI E., 2004** - Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and experimental botany*. 68: 312-319.
- 100. SOUSSI A., 2000.** Effets du sel sur le comportement physiologique du pois chiche (*Cicer arietinum*), en relation avec le mode de nutrition azotée, DEA, Tunis, **2000**, 94 p.
- 101. SOUSSI M., OCANA A., ET LIUCH C., 1998** - Effect of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Exp. Bot.* 49: 1329–1337.
- 101. SMIRNOV, 1981.** A computer program for the two-sample kolmogorov- smirnov tesse. *Journl of quality technology*, volume 13,p 139-142.
- 102. SRIVASTAVA L.M., 2002** - Plant Growth and Development. Hormones and Environment. Ed. Academic Press, San Diego (CA). 772 p.
- 103. TAÏBI KHALED, 2009** – Etude comparative des comportements hydrique, de croissance et minéral de deux légumineuses *Vicia faba* L. et *Phaseolus vulgaris* L. stressées à la salinité. Mémoire de magister; Université d'Oran; 119 p.
- 104. TANJI B., 1980** - Effect of salinity on soil and plant growth. *Plant Soil* 153: 234-242.
- 105. SRIVASTAVA ET DWIVEDI, 2000.** Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops Pages 502–509
- 106. TEGGAR NAÏMA, 2015.** Etude de l'effet du stress salin sur la nodulation et sur quelques paramètres biochimiques et morphologiques de la Lentille (*Lens culinaris* L). Mémoire de magister, 67p. Université d'Oran Es-Sénia.TREMBLUN, 2000).
- 107. TU J.C., 1981.** Effect of salinity on *Rhizobium*-root-hair interaction, nodulation and growth of soybean, *Can. J. Plant Sci.* 61(1981) 231–239
- 108. ÜNLÜ H., ALTINDAL N., ÔZDAMAR ÜNLÜ H., ALTINDAL D., et PADEM H. (2009)** - Effect of salicylic acid on salinity stress in Cowpea. In: 1st International Symposium on Sustainable Development, June 9-10, 2009, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.
- 108. WANG, M.C., BOHMANN, D., JASPER, H. (2003).** JNK signaling confers tolerance to oxidative stress and extends lifespan in *Drosophila*. *Dey Cell* 5(5):811-816.
- 109. WANGXIA W., BASIA V. et ARIE A. (2003).** Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* (2003) 218 : 1-14 DOI 10.1007/s00425-003-1105-5

Références Bibliographiques

- 110. YOUNG J.A. ET YOUNG C.G., 1986** - Collecting, Processing and Germinating Seeds of Wild land Plants. Ed. Timber Press, Portland (OR); 236 p.
- 111. ZAHRAN, H.H. & SPRENT, J.I. 1986** Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *Rhizobium leguminosarum*. *Planta* **167**, 303–309.
- 112. ZAHARIEVA M, MONNEVEU P., HENRY X., RIVOAL R, VALKOUN J., NACHIT M.M., 2001** - Évaluation of a collection of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth and identification of potential sources for useful traits. Edit. Euphytica, Vol. 119, pp 33 -38.
- 113. ZAGHOUANE O., 1991** - The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options Méditerranéennes; Série Séminaires 10: 123-125.
- 114. ZEMANI N., 2009** - Réponse de la germination des graines du Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) à l'action combinée de la salinité et de la gibbérelline (GA3). Mémoire de magister. Université d'Oran; 90 p.
- 115. ZHÙ JÎ-K. 2001** - Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 2001, n°2 vol. 6, p. 66-71.