

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Présenté par :

KADDARI Fatima Zohra

et

MESSAOUDI Khadidja

Thème

**Effet de l'interaction « salinité - acide salicylique »
sur le métabolisme de la fève (*Vicia faba* L.)**

Soutenu publiquement le 04 juillet 2019

Jury:

Président: TADJ A.

Encadreur: SOUANA K.

Examineur 1: RAHMOUN B.

Grade

MAA

MAA

MCB

Année universitaire : 2018 / 2019

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Présenté par :

KADDARI Fatima Zohra

et

MESSAOUDI Khadidja

Thème

**Effet de l'interaction « salinité - acide salicylique »
sur le métabolisme de la fève (*Vicia faba* L.)**

Soutenu publiquement le 04 juillet 2019

Jury:

Président: TADJ A.

Encadreur: SOUANA K.

Examineur 1: RAHMOUN B.

Grade

MAA

MAA

MCB

Année universitaire : 2018 / 2019

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Présenté par :

KADDARI Fatima Zohra

et

MESSAOUDI Khadidja

Thème

**Effet de l'interaction « salinité - acide salicylique »
sur le métabolisme de la fève (*Vicia faba* L.)**

Soutenu publiquement le 04 juillet 2019

Jury:

Président: TADJ A.
Encadreur: SOUANA K.
Examineur 1: RAHMOUN B.

Grade

MAA
MAA
MCB

Année universitaire : 2018 / 2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A la personne qui est toujours avec moi malgré son absence, et qui n'a pas pu voir ce que je suis devenue, à mon très cher **père**, que Dieu le bénisse et l'accueille dans son vaste paradis.*

*A ma chère **mère**, qui était toujours près de moi pour me soutenir, m'encourager, me conseiller,.. Merci maman !*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, ma source de joie et de bonheur, à celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à mon très cher frère **SADAM** .*

*A ma très chère sœur **NAIMA** , qui ma toujours accompagnée. Je n'oublierai jamais ses précieux conseils et aucun mot ne saurait lui exprimer mon amour .*

*A mes chers frères , mon grand frère **KACEM, SALAH** et mon petit frère **BRAHIM** .*

*A mes chères sœurs **GHANIA** et **HADJIRA** .*

*A mes très chères amies : **AMINA** , **FATIMA** et **IKRAM** .*

*et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis **merci**.*

Fatima Z.

Dédicace

Dieu merci pour m'avoir donné assez de force pour affronter les difficultés que j'ai subies et de m'avoir illuminé mon chemin d'étude.

A mes chers parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

A mon très cher fils Younes.

A mon mari Kadi

A mes frères et sœurs

A toute ma famille.

A toutes mes proches et amies.

A toute la promotion 2018/2019.

Je dédie ce modeste travail.

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions le bon Dieu tout puissant qui nous à donné, à la fois, du courage et de la patience afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier très chaleureusement Monsieur SOUANA K. pour nous avoir encadrées dans la réalisation de notre travail de fin d'étude. Qu'il soit remercié pour les efforts qu'il a déployés pour nous aider dans la confection de ces travaux. Ses remarques pertinentes et ses conseils constructifs ont largement contribué à l'aboutissement de nos résultats. Qu'il reçoive ici le témoignage de toutes nos gratitudees pour ses grandes qualités humaines et scientifiques et pour son soutien moral et technique.

Un remerciement spécial à Monsieur TAIBI K. et Madame AIT pour l'aide considérable qu'ils nous ont accordée afin de finaliser ce travail.

Nos sincères remerciements sont adressés à messieurs les membres de jury, Monsieur TADJ A. en tant que président et Monsieur RAHMOUN B. en qualité d'examineur, pour avoir accepté d'examiner le présent travail.

Enfin, nos remerciements sont également adressés à toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

... FATIMA et KHADIDJA



Merci

ملخص

تعد الملوحة من أهم العوامل البيئية التي تؤثر على جودة التربة ، وبالتالي على الإنتاج الزراعي. ولهذا السبب أصبحت واحدة من أكثر الموضوعات ذات الأولوية في مجال البحوث الزراعية والبيولوجية ، والتي تهدف إلى فهم هذه الظاهرة بشكل أفضل من أجل التمكن من اختيار نباتات أكثر تحملاً أو تحديد مواد اصطناعية يمكن أن تحفز الدفاع الطبيعي في النبتة.

في هذا السياق ، تم إجراء هذه الدراسة على نباتات من النمط الوراثي للفاول (*Vicia faba*) (L.تسمى "Hista") وذلك بوضعهم في أوساط من الملوحة المتزايدة (100 و 200 م.م من كلوريد الصوديوم)، ثم بعد ذلك نقوم بتزويد نفس الوسطين المالحين السابقين بإضافة حمض الساليسيليك بتركيزين متزايدين (0.5 و 1 م.م) ويهدف ذلك إلى التحقق من التفاعل المحتمل بين حمض الساليسيليك والملوحة والتأكد من آثار ذلك على عملية الأيض على مستوى النبات.

تشير النتائج التي تم الحصول عليها بشكل عام إلى أن نباتات الفول يبدو أنها تحملت الملوحة المطبقة وحدها عند 100 م.م. ولمن، من ناحية أخرى ، عندما تم رفع درجة الملوحة إلى الضعف ، فإن النباتات قد تأثرت بشدة . أما بالنسبة لحمض الساليسيليك المضاف ، فيبدو أنه قد أحدث تأثيراً يخفف من تأثير الملح وهذا على مستوى أكثر من المدروسة

، حمض الساليسيليك ، إجهاد الملح ، الدفاع الذاتي للنبات .الكلمات الأساسية الفول

RESUME

La salinité est l'une des contraintes environnementales majeures qui porte atteinte à la qualité des sols et, par conséquent, à la production agricole. C'est pour cette raison qu'il est devenu l'un des sujets les plus prioritaires par la recherche agrobiologique, visant à mieux comprendre le phénomène afin de pouvoir sélectionner des plantes mieux tolérantes ou déterminer des substances synthétiques qui pourraient stimuler la défense naturelle chez la plante.

Dans ce contexte, la présente étude a été menée sur des plants d'un géotype de fève (*Vicia faba* L.) appelé « Histal » en les faisant subir des contraintes salines croissantes (100 et 200 mM de NaCl) appliquées seules, puis enrichies par deux concentrations d'acide salicylique (0,5 et 1 mM). L'objectif est de vérifier une éventuelle interaction « acide salicylique-salinité » et tester ses effets sur le métabolisme de la plante.

Les résultats obtenus révèlent, en général, que les plants de fève élevés semblent avoir toléré la salinité appliquée seule à 100 mM. Par contre, lorsque cette dernière est revue au double, la croissance de la plante a été considérablement affectée. Concernant l'acide salicylique additionné, il paraît avoir exercé un effet atténuant celui du sel et ce sur la plupart des paramètres étudiés.

Mots clés: *Vicia faba* L., acide salicylique, stress salin, défense naturelle des plantes.

Abstract

Salinity is one of the major constraints affecting soil quality and, consequently, agricultural production. It is for this reason that it has become one of the most prioritized topics in agrobiological research, aimed at better understanding the phenomenon in order to be able to select plants that are better tolerant or to determine synthetic substances that could stimulate natural defense in the plant.

In this context, the present study was conducted on plants of a bean genotype (*Vicia faba* L.) called "Hстал" by subjecting them to increasing saline stresses (100 and 200 mM NaCl) applied alone, then enriched by two concentrations of salicylic acid (0.5 and 1 mM). The objective is to check a possible interaction "salicylic acid-salinity" and test its effects on the metabolism of the plant.

The results obtained generally indicate that the high bean plants seem to have tolerated the salinity applied alone at 100 mM. On the other hand, when the latter is double checked, the growth of the plant has been considerably affected. As for the salicylic acid added, it appears to have exerted an effect that attenuated that of salt and this su most of the studied parameters.

Key words: *Vicia faba* L., salicylic acid, salt stress, natural plant defense.

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviations

INTRODUCTION

Chapitre (I) : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. La contrainte saline

1.1. La salinité et la salinisation

1.2. La classification des sols salés

1.2.1. Les sols alcalins

1.2.2. Les sols salins

1.3. Les facteurs de salinisation

1.3.1. La salinisation primaire

1.3.2. La salinisation secondaire

1.4. La notion du stress salin

1.5. Les effets du stress salin sur la plante

1.5.1. Effet du stress salin sur la croissance de la plante

1.5.2. Effet du stress salin sur l'activité photosynthétique

1.5.3. Effet du stress salin sur la nutrition hydrique et minérale

1.5.4. Effet du stress salin sur l'activité symbiotique chez les Légumineuses

1.5.5. Effet du stress salin sur le métabolisme azoté

1.6. La défense des plantes contre la salinité

1.6.1. La classification des plantes selon leur réponse à la salinité

1.7. Les mécanismes d'adaptation au stress salin

1.7.1. Régulation ionique et compartimentation des sels

1.7.2. Biosynthèse de solutés compatibles

1.7.3. Induction des enzymes antioxydants

1.7.4. Induction des phytohormones

II. L'acide salicylique

2.1. Biosynthèse de l'acide salicylique

2.2. Rôle de l'acide salicylique

2.3. L'acide salicylique et les stress abiotiques

2.4. Mode d'action de l'acide salicylique

III. Les Fabacées (ou Légumineuses)

- 3.1. Classification botanique
- 3.2. Importance des légumineuses
 - 3.2.1. Importance nutritionnelle
 - 3.2.2. Importance agronomique
- 3.3. La fève (*Vicia faba* L.)
 - 3.3.1. Description de la plante
 - 3.3.2. Classification botanique de la fève (*Vicia faba* L.)
 - 3.3.3. Intérêts de la fève

Chapitre (II) : MATERIEL ET METHODES

Chapitre (II) : RESULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION GENERALE

LISTRE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

INTRODUCTION

La salinité est l'une des contraintes environnementales les plus pesantes sur la biodiversité d'une façon générale et sur la production et productivité agricole en particulier, sans qu'une famille ou espèce botanique cultivée ne soit à l'abri. Les régions arides et semi-arides, entre autres l'Algérie, sont les plus menacées au monde. A cet effet, une multitude de laboratoires de recherche à l'échelle mondiale et un grand nombre de scientifiques se sont engagés pour faire face au problème. Leurs travaux de recherche servent à mieux comprendre le phénomène pour lui trouver les solutions adéquates par la création de nouvelles variétés résistantes ou d'améliorer des substances synthétiques qui pourraient stimuler la défense naturelle chez les plantes, car il s'est avéré qu'en cas de stress, ces dernières synthétisent des molécules organiques, qui induisent chez elles une sorte de défense naturelle, l'acide salicylique en est une. Dans ce contexte est menée la présente étude, qui consiste à contribuer à la compréhension du sujet et en élucider certains secrets.

Des plants d'un génotype de fève (*Vicia faba* L.) appelé « Histal » ont été soumis à des concentrations salines stressantes en présence d'acide salicylique. Des graines de la variété citée ont été mises à pré germer dans alvéoles pour être, ensuite, repiquées dans des pots volumineux remplis en sable et terreau. Le dispositif expérimental consiste à distribuer les plants de fève sur trois lots, à savoir un lot témoins arrosé à l'eau naturelle, un second dont les plants n'ont été alimentés qu'avec des concentrations salines (100 et 200 mM de NaCl) et un troisième lot où les concentrations de sel citées ont été enrichies par des concentrations d'acide salicylique (0,5 et 1 mM), avec cinq répétitions pour chaque traitement.

L'objectif est de vérifier à quel niveau la variété étudiée pourrait-elle tolérer la salinité et déterminer une éventuelle interaction entre le sel et l'acide salicylique et voir si cela aurait un effet sur le métabolisme de la plante. Les paramètres étudiés ont été pré établis selon la disponibilité des réactifs et matériel correspondant aux protocoles suivis. Ainsi, les paramètres suivants ont été traités: TDR, TDE, paramètres biométriques (longueur, volume, P.F, P.S, surface foliaire), pigments chlorophylliens, sucres solubles, proline et protéines solubles.

INTRODUCTION

Le présent manuscrit présente le travail, ainsi effectué, réparti en trois grandes parties : Dans un premier chapitre ont été résumées et structurées les informations bibliographiques collectées. Le second, appelé « matériels et méthodes », présente la méthodologie expérimentale suivie et un troisième où sont exposés et discutés les résultats obtenus et qui finit par une conclusion générale.

Chapitre I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. La contrainte saline

La salinité affecte la production agricole et sa qualité notamment dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels au profil racinaire des plantes (SCHULZE et al., 2005). Les sels les plus fréquents sont surtout les chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (BENHAMOU et BELANGER, 1998 ; BOUZID S., 2010). Cependant, l'effet de la contrainte saline ne dépend pas uniquement de la quantité de sels présente dans le sol, mais aussi du degré de tolérance des plantes mises en culture (CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000).

L'Algérie compte près de 3.2 millions d'hectares de sols salés, rencontrés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi-arides, qui se localisent non seulement au sud mais aussi au nord (ABDALLAH M.M.F., 1979).

1.1. La salinité et la salinisation

La concentration globale des sels solubles est généralement exprimée par la conductivité électrique. On désigne par salinité l'accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines, les plantes, les animaux, les écosystèmes aquatiques, l'approvisionnement en eau, agriculture, etc.. (ABDALLAH M.M.F., 1979). 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 (BREWIN, N. J., 2004).

Quant à la salinisation, elle représente le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol, causant ainsi une dégradation du sol et une chute des productions agricoles, notamment dans les périmètres irrigués en zones arides et semi-arides. Des pertes considérables en terres arables sont enregistrées dans le monde, elles sont estimées à 3 ha/mn (BOUZID S., 2010).

1.2. La classification des sols salés

DUCHAUFOR H., ROOSE E. et GEORGES D.N. (2012) signalent qu'il y'a deux types de sols salés sont à distinguer :

1.2.1. Les sols alcalins:

Ces sols sont caractérisés par la présence d'une quantité importante de sodium, une conductivité électrique ne dépassant pas 4 ds/m à 25°C et un pH supérieur à 8,5. En raison de la grande facilité de dispersion des argiles, les sols salés sont asphyxiants plutôt que physiologiquement secs et leur profil est peu stable.

1.2.2. Les sols salins:

Ils sont caractérisés par l'accumulation des sels solubles en surface, dont le sodium n'y forme pas plus de 50%, tels qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultivées (AUBERT G., 1982), un pH variant entre 7 et 8,5 et une conductivité électrique supérieure à 4,5 ds/m à 25°C (CHAUX C. et FOURY C. L., 1994).

1.3. Les facteurs de salinisation

1.3.1. 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, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux. 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 (BEN KHALED et *al.*, 2003).

1.3.2. 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 (FOUCHER et KONDOROSI, 2000), ce qui dépasse les 350 millions d'hectares (BELANGER,

1998, avec une augmentation annuelle variant de 10 à 12 millions d'hectares (CHEVER *et al.*, 2017).

1.4. La notion du stress salin

Le terme de stress salin s'applique essentiellement à un excès d'ions, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- dans la rhizosphère et dans l'eau (PARIDA *et al.*, 2005). Il déclenche à la fois un stress osmotique et un stress ionique (BERAUD., 2007). Il est accompagné souvent d'une baisse importante du potentiel hydrique (BENKADDOUR, 2014).

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance et le développement des plantes (AJMAL K. *et al.*, 2013).

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" (LEVITT, 1980).

1.5. Les effets du stress salin sur la plante

1.5.1. Effet du stress salin sur la croissance de la plante

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes et conduit à de fortes chutes de rendement (BOUAOUINA *et al.*, 2008). 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 al.*, 2001).

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 (MOKHTAR, JABALLAH *et FERCHICHI.*, 2008).

1.5.2. Effet du stress salin sur l'activité photosynthétique

La salinité a comme effet de réduire la photosynthèse nette par la réduction des échanges gazeux et de l'activité photochimique (KAUSAR.,

ASHRAF et NIAZ, 2014). Sous l'effet du stress salin, une chlorose commence à se développer sur les feuilles les plus âgées, qui finissent par tomber (LEVIGNERON et *al.*, 1995). Une réduction de l'assimilation du CO₂ suite à la diminution de la surface foliaire, de la conductance des stomates, de l'activité des enzymes photosynthétiques, du fonctionnement des photosystèmes et de la diminution du taux de chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles (MUNNE et ALEGRE, 2004).

D'autre part, la salinité cause une modification de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur du mésophylle, la longueur et le diamètre des cellules palissadiques ainsi qu'elle réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (PARIDA et *al.*, 2005).

1.5.3. Effet du stress salin sur la nutrition hydrique et minérale

Lorsque le taux de salinité augmente, le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs ainsi que la pression de la turgescence (PARIDA et *al.*, 2005).

D'après HAOUALA et *al.* (2007), les fortes concentrations en Na⁺ limitent l'absorption des autres cations, notamment le K⁺ et le Ca₂⁺⁺, phénomène qui a été observé chez le riz et chez la canne à sucre. 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.

PARIDA et *al.* (2005) rapportent que 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.

1.5.4. Effet du stress salin sur l'activité symbiotique chez les Légumineuses

La salinité du sol peut inhiber la croissance et réduire le rendement des légumineuses à cause d'une toxicité et d'un déséquilibre ioniques, et d'une réduction du potentiel hydrique de la plante (MADHAVA *et al.*, 2006).

La salinité entraîne une diminution de la matière sèche nodulaire, ce qui 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 (KLESSIG *et al.*, 2000).

Le stress salin inhibe l'infectivité des racines de la plante hôte par les rhizobiums, qui peut être liée à une diminution des sites potentiels d'infection résultant soit d'une inhibition du développement des racines (SOUISSI A., 2000), soit de la réduction du nombre et du diamètre des poils absorbants, soit encore de l'inhibition de l'élongation et de l'enroulement de ces organes (HAOUALA *et al.*, 2007)

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 (BOUAOUINA *et al.*, 2008)

L'effet du sel aux stades précoces de la nodulation se traduit par une réduction du nombre de nodules observée chez de nombreuses légumineuses (BENACEUR, 2003).

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. Cependant, une stimulation de la croissance des nodules a été mise en évidence chez des légumineuses soumises au stress salin, telles que la fève et le pois chiche (BOUZID, 2010).

1.5.5. Effet du stress salin sur le métabolisme azoté

Le métabolisme azoté et la synthèse protéique, chez les légumineuses, sont sévèrement affectés par le stress salin (KLESSIG et *al.*, 2000); 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 et *al.*, 1994).

Le stress salin provoque la diminution de l'activité de l'enzyme nitrate réductase (NRA) dans les feuilles de beaucoup de plantes étudiées (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 NO_3^- , bien que l'effet direct du Cl^- sur l'activité de l'enzyme ne puisse pas être écarté (FLORES et *al.*, 2000). Chez le maïs cultivé en conditions salines, il est remarqué 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 *al.*, 2005).

1.6. La défense des plantes contre la salinité

Les végétaux ne réagissent pas tous de la même façon vis-à-vis du stress salin. Leur comportement est généré par des paramètres liés à la contrainte, tels que l'intensité et la durée du stress et d'autres liés à la plante comme l'espèce, le génotype et le stade végétatif (BENNABI, 2005 et TEGGAR, 2015). Ainsi, les plantes nommées glycophytes ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Par contre, les halophytes manifestent des adaptations physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau et préserver leur métabolisme (CALU, 2006).

1.7. la classification des plantes selon leur réponse à la salinité

Suivant leur production de biomasse en présence de sel, les plantes sont réparties en quatre grands groupes (CALU, 2006):

- **Les halophytes vraies:** qui présentent des adaptations poussées et la production de biomasse chez elles est stimulée par la présence de sel telles que *Atriplex sp.*, *Salicornia sp.*, *Sueda sp.*, etc..

- **Les halophytes facultatives:** dont la production de biomasse augmente légèrement en cas de faibles teneurs en sels comme *Plantago maritima*, *Aster tripolium*, etc..
- **Les non halophytes résistantes:** qui supportent de faibles concentrations en sel comme *Hordeum sp.*, etc..
- **Les glycophytes (ou halophobes):** qui sont sensibles à la présence de sels telle que *Phaseolus vulgaris*, etc..

1.8. Les mécanismes d'adaptation au stress salin

Différents mécanismes biochimiques sont induits par la plante subissant le stress en vue de s'adapter aux conditions salines et continuer ses activités métaboliques.

1.8.1. Régulation ionique et compartimentation des sels

Les plantes, d'une façon générale (glycophytes ou halophytes) ne tolèrent pas de grandes quantités de sel dans le cytoplasme, mais elles limitent sa concentration par suppression de ses ions du cytoplasme et leur compartimentation dans la vacuole ou dans différents tissus (ZHU, 2002).

En cas de stress salin, les plantes maintiennent de fortes concentrations de K^+ et de faibles concentrations de Na^+ dans le cytosol en réglant l'expression et l'activité des transporteurs de K^+ et Na^+ et des pompes à protons H^+ (ZHU, 2002). La régulation du sel se fait aussi par d'autres mécanismes tels que l'accumulation sélective, la sécrétion et l'exclusion des sels (PARIDA et al., 2005). Pour réguler le taux du sel, les feuilles de certaines halophytes exercent l'exclusion du sel en développant de structures cellulaires appelées « glandes excrétrices » par sa sécrétion (LEVITT, 1980).

1.8.2. Biosynthèse de solutés compatibles

Pour adapter l'équilibre ionique dans la vacuole, le cytoplasme accumule des solutés compatibles (la proline, la glycine, les sucres et les polyols) qui agissant comme osmolytes en assurant l'ajustement osmotique afin de faciliter la

rétenion de l'eau dans le cytoplasme et permettre la séquestration du NaCl dans la vacuole ou l'apoplaste (SAXENA, 1991).

1.8.3. Induction des enzymes antioxydants

Le stress salin provoque un déficit hydrique qui exerce des effets osmotiques sur différentes activités métaboliques. Cela conduit à la formation des espèces réactives d'oxygènes, qui deviennent cytotoxiques lorsqu'elles sont activées et peuvent perturber le métabolisme à travers un dommage oxydatif des lipides, des protéines ou des acides nucléiques (Parida et al., 2005). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène avec l'induction des activités de certaines enzymes antioxydantes, comme la catalase, la peroxydase, la glutathion réductase et la superoxyde dismutase, qui servent à éliminer les ROS (PARIDA et al., 2005).

1.8.4. Induction des phytohormones

Suite à une concentration élevée en sels, le taux d'hormones végétales, comme l'acide abscissique (ABA) et les cytokinines augmentent dans la plante (AJMAL K. et al., 2013). L'ABA serait, selon (PARIDA et al., 2005), responsable de l'altération des gènes induits par le stress salin, ce qui permet la tolérance au sel chez le riz par exemple.

Pendant le stress salin, la production de l'ABA et l'éthylène augmentent chez *Citrus sinensis* et commence à s'alléger l'effet inhibiteur du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilats (AJMAL K. et al., 2013).

GOMEZ-CADENAS et al, (2002) affirment qu'en condition de stress l'ABA réduit la libération de l'éthylène et l'abscission foliaire chez le *Citrus* en diminuant l'accumulation de l'ion toxique Cl⁻ dans les feuilles.

II. L'acide salicylique

L'acide salicylique ($C_7H_6O_3$), considéré comme une phytohormone de nature phénolique, est 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 (BOUZID., 2010). Il est présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylique de méthyle (HELLER, 1998). Il a été trouvé également dans les feuilles et les organes reproducteurs de 34 espèces de grande importance agronomique (LEBBIDA, 2009).

2.1. Biosynthèse de l'acide salicylique

(DEMPSEY et al., 1994) signalent 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.

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 attaqués. 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 (ZHU, 2002).

2.2. Rôle de l'acide salicylique

L'acide salicylique 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 (AVERES, 2000). Il 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 (ZHU, 2002). 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).

Plusieurs recherches indiquent la participation de l'acide salicylique dans le signal de la régulation des expressions des gènes de la sénescence des feuilles chez *Arabidopsis* (ZHU, 2002). Il est considéré comme molécule omniprésente impliquée dans beaucoup de phénomènes physiologique chez la plante. Ainsi, il joue un rôle d'induction naturelle de la thermogenèse chez *Arum*, il induit la floraison de plusieurs plantes, il contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomacale (RASKIN, 1992). Il contribue, en plus, dans la régulation du gravitropisme et l'inhibition du murissement des fruits (PARIDA *et al.*, 2005).

2.3. L'acide salicylique et les stress abiotiques

Des Résultats obtenus indiquent que l'induction de l'acide salicylique augmente la résistance des semis du blé à la salinité, le déficit hydrique et prévient à la réduction de la teneur en auxine et cytokinine, ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (KORKMAZ *et al.*, 2007).

Il augmente aussi la résistance de la tomate et la fève au stress thermique ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (KLESSIG *et al.*, 2000).

L'application appropriée de l'acide salicylique peut, donc, fournir une protection contre plusieurs contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Cependant, une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi améliore la capacité anti oxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux stress abiotique (MADHAVA *et al.*, 2006).

2.4. Mode d'action de l'acide salicylique

L'acide salicylique apparait comme un 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 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. Quoique certains exemples montrent, cependant, l'existence d'autres voies de transduction indépendantes de l'acide salicylique, dans lesquelles l'éthylène et l'acide jasmonique joueraient le rôle essentiel pour l'expression des mécanismes biochimiques de résistance (BEN KHALED *et al.*, 2003).

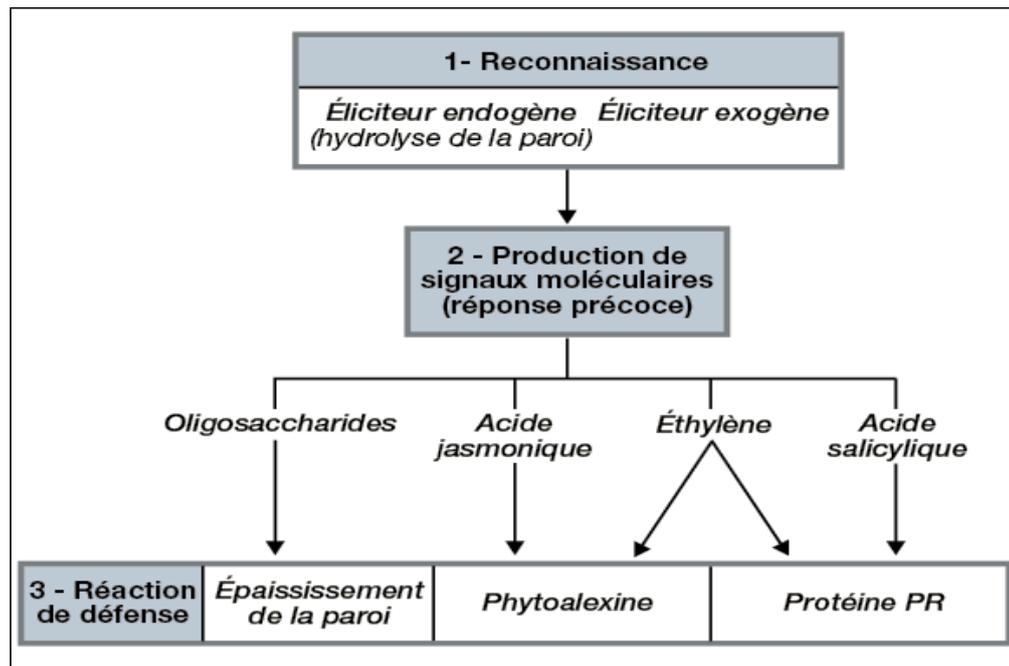


Figure (1) : Principaux mécanismes de défense des plantes
(Antoine B. & Flora L., 2005)

III. Les Fabacées (ou Légumineuses)

3.1. Classification botanique

La famille des légumineuses ou Fabacées est la troisième plus grande famille de plantes à fleurs, après les orchidées et les astéracées, avec environ 650 genres et près de 20 000 espèces, réparties en trois sous-familles: Mimosoideae, Caesalpinioideae, et Papilionoideae (GEPTS ,2004). Certaines Fabacées sont cultivées essentiellement pour leur richesse en protéines (33% de protéines) pour la consommation humaine (haricot, pois, fève,...) ou l'alimentation du bétail (soja, luzerne,...). D'autres espèces sont exploitées comme espèces ornementales, papetières ou encore comme source de produits chimiques (teintures) et pharmaceutiques (BEDRANE M.A. (2019).

3.2. Importance des légumineuses

3.2.1. Importance nutritionnelle

Le pouvoir de fixation d'azote atmosphérique permet aux légumineuses de produire en abondance des protéines végétales, ce qui constitue une source très importante dans l'alimentation humaine et animale (FOLTETE, 2010). Leurs graines contiennent généralement 20 % à 30 % de protéines et riches en lysine, complétant les profils nutritionnels des céréales et des tubercules dans l'alimentation (FARISSI *et al.*, 1997).

3.2.2. Importance agronomique

L'intérêt agronomique des légumineuses provient essentiellement de leur aptitude à la vie symbiotique avec les rhizobiums, bactéries capables de fixer l'azote atmosphérique et de l'intégrer ainsi au système sol-plante. Cette particularité a permis aux agriculteurs d'utiliser ces ESPECES végétales en rotation ou en association dans les systèmes de culture (BADO, 2002). Près de 175 millions de tonnes d'azote atmosphérique sont fixés annuellement, alors que la quantité d'engrais azotés utilisée en agriculture est de 40 millions de tonnes par an (FARISSI *et al.*, 1997).

3.3. La fève (*Vicia faba* L.)

3.3.1. Description de la plante

La fève est une plante annuelle, érigée et vigoureuse, pouvant atteindre 2 m de hauteur et pourvue d'une tige carrée et creuse avec un ou plusieurs rameaux à la base. Les racines latérales sont vigoureuses, attachées à une racine pivotante bien développée. Les feuilles sont alternes et paripennées de 2 à 6 folioles. L'inflorescence est une courte grappe axillaire, constituée de 1 à 6 fleurs bisexuées. Le fruit est une gousse étroitement oblongue, cylindrique à aplatie, renflée au niveau des graines. La gousse contient entre 2 et 6 graines qui sont ovoïdes à oblongues, comprimées, de 1 à 3 cm de diamètre, de couleur brune, rougeâtre ou verte et à hile étroitement oblong (BRINK et BELAY, 2006).

Selon BOYELDIEU (1991), les dimensions de la graine de fève conduisent à distinguer deux sous espèces. La première : *V. faba major* L., ou fève proprement dite, dont la grosse graine aplatie peut mesurer 2 à 3 cm de long et porte un long hile noir. La seconde : *V.faba minor* L., ou *equina*, la féverole dont la graine plus petite est plus ou moins cylindrique ou ovoïde, légèrement comprimée.



Figure (2) : Graines de *Vicia faba major*, (b) Graines de *Vicia faba minor*,
(c) Graines de *Viciafabequina* [Source : (KOLEV N., 1976)]

3.3.2. Classification botanique de la fève (*Vicia faba* L.)

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Posidae
- Ordre : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Genre : *vicia*
- Espèce : *Vicia fabae*

3.3.3. Intérêts de la fève

La fève (*Vicia faba* L.) est une fabacée riche en protéines végétales, en glucides, en vitamines du groupe B et C et également en fibres. C'est pourquoi, elle sert à différentes recettes dans différentes régions dans le monde. Son utilisation est principalement orientée vers la consommation humaine en gousses fraîches à grande proportion et sous forme de graines sèches ou au stade pâteux, comme elle peut être aussi utilisée en engrais vert dans les vergers. Quant à la féverole, elle est strictement destinée à l'alimentation du bétail (MAATOUGUI et al., 2002).

Tableau (1) : Valeur nutritionnelle pour 100 g de fève potagère (*Vicia faba* L.) Source : (MAATOUGUI et al., 2002)

Kcal	64	K	210 mg	Vitamine B1	0,3 mg
Eau	82 g	Mg	18 mg	Vitamine B2	0,2 mg
Protéines	5,4 g	P	105 mg		
Glucides	10 g	Ca	24 mg	Vitamine C	28 mg
Lipides	0,3 g	Fe	1 mg		
Fibres	6,5 g				

Chapitre III
RESULTATS ET DISCUSSION

1. Objectifs:

Le présent travail a pour but d'appliquer un apport exogène d'acide salicylique sur une culture de plants de fève (*Vicia faba* L.) stressés à la salinité afin de vérifier les effets probables sur le comportement physiologique et biochimique de cette espèce végétale.

2. Conditions de l'expérimentation :

La culture a été menée sous abri, dans une serre en plastique, au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun à Tiaret. Quant aux mesures biométriques et dosages, ils ont été effectués au niveau du laboratoire de biologie moléculaire et cellulaire et celui de physiologie végétale de la faculté.

3. Matériel végétal :

Il s'agit d'un génotype de fève (*Vicia faba* L.) nommé "Histal", dont les semences ont été traitées, sélectionnées et commercialisée par la firme espagnole «Semillas Fito SA». C'est une variété qui s'est bien répandue dans les exploitations algériennes, vu sa précocité, sa vigueur, productivité et ses longues gousses de bonne qualité. Sa faculté germinative est estimée à 90 % avec un taux de pureté de 98 %.

4. Protocole:**4.1. Pré germination des graines :**

Afin d'assurer une culture homogène et saine, on a commencé par une phase de pré-germination, où les graines de fève bien choisis ont été semées, au péalable, dans des alvéoles remplis de tourbe. On a mis une graine par alvéole, qu'on recouvert d'une couche de terreau, puis a procédé à une pulvérisation saturante, suivie de deux à trois arrosages par semaine.

4.2. Préparation du substrat de culture:

Avant de procéder au repiquage, nous avons préparé un substrat de culture composé d'un mélange de sable et terreau (V/V). Pour éliminer toutes les impuretés, pierres des débris des végétaux, le sable est tamisé, bien mélangé au terreau, puis mis en pots volumineux sur une couche de graviers assurant le drainage des excès d'arrosage.

4.3. Repiquage :

Au préalable, les pots de culture, de 30 cm d'hauteur sur 20 cm de diamètre, ont été tapissés d'une couche de gravier et remplis de terreau mélangé au sable (V :V) nous avons préparé un substrat de culture composé d'un mélange de sable et terreau (V/V). Les plants germés, les plus vigoureux et homogènes, ont été soigneusement sortis des alvéoles en mottes et repiqués dans les pots volumineux. Un léger tassement autour des collets a été suivi d'un bon arrosage à l'eau du robinet.

4.4. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental comprend 7 traitements, répartis en 3 lots (avec 5 répétitions):

- Bloc (I) : Témoin
- Bloc (II) : Traitement à la solution saline pure, concentrée à :
 - ✓ 100 mM de NaCl ;
 - ✓ 200 mM de NaCl.
- Bloc (III) : Traitement à la solution saline enrichie à l'acide salicylique, à raison de :
 - ✓ 100 mM de NaCl + 0,5 mM d'A.S ;
 - ✓ 100 mM de NaCl + 1 mM d'A.S ;
 - ✓ 200 mM de NaCl + 0,5 mM d'A.S ;
 - ✓ 200 mM de NaCl + 1 mM d'A.S.

4.5. Préparation des solutions à appliquer :

Les masses de NaCl et d'acide salicylique, qui correspondent aux concentrations citées ci-dessus, ont été calculées et pesées comme il est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau (2) : Besoins en NaCl et en acide salicylique (g/l)

Unité de mesure	NaCl			A.S	
	1	100	200	0,5	1
mM	1	100	200	0,5	1
G	0,0585	5,85	11,7	0,5	1

5. Application des traitements :

L'apport d'acide salicylique a été appliqué en mélange avec les solutions salines une semaine après le repiquage afin de favoriser une bonne reprise des plants nouvellement transplantés et leur retarder le stress. Les traitements ont été appliqués en alternance avec des arrosages à l'eau du robinet pendant deux semaines.

6. Mesures et analyses effectués :

Les mesures biométriques et les dosages biochimiques ont été entamés après trois semaines de traitement.

7. Paramètres étudiés :

7.1. Paramètres physiologiques :

7.1.1. Paramètres hydriques :

7.1.1.1. 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 pour déterminer le poids frais initial (Pfi). La partie excisée est trempée dans un gobelet contenant de l'eau distillée, qu'on place à l'obscurité à une température de 4 °C pendant 24 heures. La feuille est à nouveau pesée pour porter le poids de pleine turgescence (Ppt).

Le poids sec (Ps) de la feuille 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 suivante:

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

7.1.1.2. Taux de déperdition d'eau (TDE) :

C'est une méthode qui permet d'identifier le comportement du génotype aux conditions hydriques défavorables. Elle permet d'évaluer le taux de déperdition d'eau des feuilles excisées de la manière suivante (Monneveux, 1991) :

$$\text{TDE} = \frac{\text{Pi} - \text{P2h}}{\text{Ps}} * \frac{1}{\text{Sf} * 120 \text{mn}}$$

Pi: Poids initial de la feuille

P2h: Poids de la feuille laissée à l'air pendant 2 heures après la mesure du Ppt

Ps: Poids sec

Sf: Surface foliaire de la feuille

7.1.2. Paramètres biométriques :

7.1.2.1. La longueur (cm):

Elle consiste à détacher soigneusement les plantes de leurs mottes, les rincer, les sécher à l'air, puis séparer la partie aérienne de la partie souterraine au niveau du collet. Ensuite, on procède à la mesure, en centimètres, de chaque partie à l'aide d'une règle graduée.

7.1.2.2. Poids frais (mg):

Le poids frais de chacune des deux parties végétales est déterminé par pesée sur une balance de précision.

7.1.2.3. Volume (ml):

Le volume est mesuré par immersion de chaque partie végétale dans une éprouvette graduée (en ml). Selon les principes de la poussée d'Archimède, le volume d'un corps immergé est égal au volume du liquide déplacé.

7.1.2.4. Poids sec (mg) :

Après report des mesures citées ci-dessus, l'ensemble des parties (aériennes et souterraines) sont passées dans l'étuve à une température de 80°C pendant 48 heures, puis le poids sec (mg) de chaque partie est déterminé à l'aide d'une balance de précision.

7.1.2.5. La surface foliaire :

L'estimation de la surface foliaire a été déterminée par la méthode classique de (Paul et *al.*, 1979) qui consiste à :

- Mettre la feuille végétale sur papier calque.

- Tracer les contours de la feuille végétale sur le papier calque
- Découper la feuille dessinée sur le papier calque.
- Prendre une surface bien déterminée du papier calque (Sq) et la peser pour lui déterminer le poids (Pq).
- Peser les parties de papier calque découpées suivant les feuilles végétales tracées (Pf)
- Calculer les surfaces recherchées en appliquant la formule suivante:

$$Sf = (Sq \times Pf) / Pq$$

7.2. Paramètres biochimiques :

7.2.1. Dosage des pigments chlorophylliens :

Les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode utilisée par SHABALA et *al.*, (1998).

Dans un mortier en porcelaine on écrase 100 mg de la partie médiane de l'avant dernière feuille en présence du sable et 10 ml d'acétone à 80% jusqu'à ce que les fragments de feuille soient totalement blancs. Puis, on filtre dans un tube à essai à l'aide d'un entonnoir et du papier filtre pour chaque échantillon.

La lecture de la densité optique (DO en nm) est faite à l'aide d'un spectrophotomètre de type UV 1200, à des longueurs d'ondes respectives de 663, 645, 470 nm qui correspondent aux pics d'absorption de la chlorophylle a, chlorophylle b et des caroténoïdes.

Ensuite, on calcule la quantité des pigments à l'aide des formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 9.78 \text{ DO}_{663} - 0.99 \text{ DO}_{645}$$

$$\text{Chl b} = 21.42 \text{ DO}_{645} - 4.65 \text{ DO}_{663}$$

$$\text{Caroténoïdes} = \frac{1000 \text{ DO}(470) - 1.90 \text{ chl a} - 63.14 \text{ chl b}}{214}$$

La quantité des pigments chlorophylliens est exprimée en mg/L.

7.2.2. Dosage des sucres solubles :

Pour extraire les glucides, 2 ml d'éthanol 80% sont ajoutés à 100 mg du matériel végétal et laissés pendant 48 h à une température ambiante.

Les tubes sont, par la suite, placés au bain Marie à 70°C afin d'évaporer l'alcool. 1 ml est pris de chaque tube et mis dans un autre tube propre auquel sont ajoutés 1 ml de phénol 5% et 5 ml d'acide sulfurique, qu'on laisse reposer pendant 10 min avant de le placer encore une fois pendant 10 min au bain Marie, à 30°C. La densité optique des solutions obtenues est lue au spectrophotomètre UV 1200 à 490 nm (Dubois *et al.* 1956).

Les valeurs de densité optique relevées sont, ensuite, rapportées sur une courbe étalon des sucres solubles préparée avec des concentrations croissantes de glucose allant de 10 à 100 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

7.2.3. Dosage des protéines solubles :

Pour doser les protéines solubles, on a suivi la méthode de Bradford (1976).

Une feuille de chaque échantillon est mise dans un mortier en porcelaine et broyée dans de l'azote liquide.

100 mg sont pris de chaque broyat, auxquels est ajouté 1 ml du tampon d'extraction des protéines (400 ml d'eau distillée + 4g NaCl + 0.1g KCl + 0.77g Na_2HPO_4 + 0.12g $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$). Le mélange est incubé à 42°C pendant 15 min, puis centrifugé pendant 15 min à 14000 t/min.

100 μl du surnageant sont mélangés avec 200 μl du réactif de Bradford et 990 μl d' H_2O , puis on procède à la lecture des densités optiques à 595 nm, qu'on reconvertit en concentrations à l'aide d'une courbe d'étalonnage préétablie.

Pour réaliser une courbe étalon des protéines solubles, préparées avec une solution mère de SAB allant de 10 à 100 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$. On prend 100 μl de ces dernières, auxquelles on ajoute 2 ml du réactif de Bradford. La lecture de la densité optique se fait à la longueur d'onde 595 nm après 2 min des réactions.

7.2.4. Dosage de la proline :

La proline est analysée selon la méthode de BERGMAN et LOXLEY (1970).

Après l'ajout de 2 ml d'éthanol dilué 40% à 100 mg de la matière végétale les tubes sont placés au bain marié 85 °C pendant 1h. 1ml de l'extrait est prélevé et mis dans un autre tube auquel est ajouté 1 ml de la solution (120 ml d'eau distillé + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide ortho phosphorique + 25 mg de ninhydrine) qu'on chauffe pendant 30 min au bain marie à 100°C puis on laisse refroidir et ajouter 5 ml du Toluène et un peu de NaSO₄. Les densités optiques sont lues par spectrophotomètre UV à 528 nm. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g.ml}^{-1}$ de proline d'extrait, en référence à une courbe d'étalonnage à partir de concentrations croissantes de proline de 12.5 à 125 $\mu\text{g.ml}^{-1}$.

8. Analyses statistiques :

Les analyses statistiques des résultats obtenus ont été effectuées par SPSS. L'influence de la concentration en NaCl et en acide salicylique a été testée par l'analyse de la variance à un seul facteur de variabilité. Les corrélations entre les différentes variables ont été établies à l'aide du coefficient de Pearson.

Chapitre III
RESULTATS ET DISCUSSION

1. Paramètres physiologiques :

1.1. Paramètres hydriques :

1.1.1. Teneur relative en eau (TRE) :

La teneur relative en eau des feuilles renseigne sur la turgescence relative des tissus et figure parmi les 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 (MONNEVEUX et al.,1997).

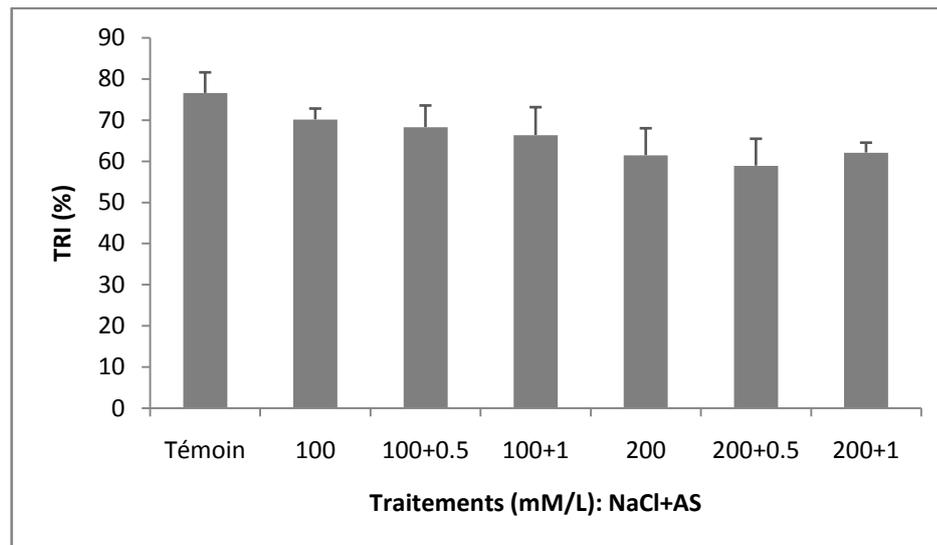


Figure (3) : Variations de la teneur relative en eau chez les feuilles de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

La figure (3) indique que la teneur relative en eau maximale a été enregistrée chez les feuilles des plants arrosés à l'eau naturelle (76.55%). Sous traitement à 100 mM de NaCl, cette teneur en eau s'est réduite à 70.13% et a continué sa décroissance pour atteindre 61.45% lorsque la concentration du sel a été multipliée (200 mM). Cette chute de la TRE a continué même lorsque la salinité a été combinée à l'acide salicylique. Ainsi, en associant 100 mM de NaCl à 0,5 puis à 1 mM d'acide salicylique, les résultats obtenus étaient respectivement de l'ordre de 68.26 et 66.34%

Il est à signaler que la valeur de TRE la plus basse a été enregistrée suite au traitement combiné de 0,5 mM d'acide salicylique avec 200 mM de NaCl, elle égale à 58.91

1.1.2. Taux de déperdition de l'eau (TDE) par la feuille excisée :

D'après la figure (4) , la valeur la plus basse du taux de déperdition de l'eau par les feuilles a été enregistrée chez les plantes témoins, elle est de l'ordre de $1,10 \cdot 10^{-6} / \text{cm}^2 / \text{min}$. Pour les autres cas, que ce soit sous traitement à la Salinité seule ou lorsqu'elle est combinée à l'acide salicylique, les valeurs des résultats obtenus ont différemment augmenté. Ainsi, sous traitement au NaCl seul, le taux de déperdition a proportionnellement augmenté avec l'augmentation des concentrations salines (100 et 200 mM) pour atteindre respectivement 1,21 et $1,55 \cdot 10^{-6} / \text{cm}^2 / \text{min}$.

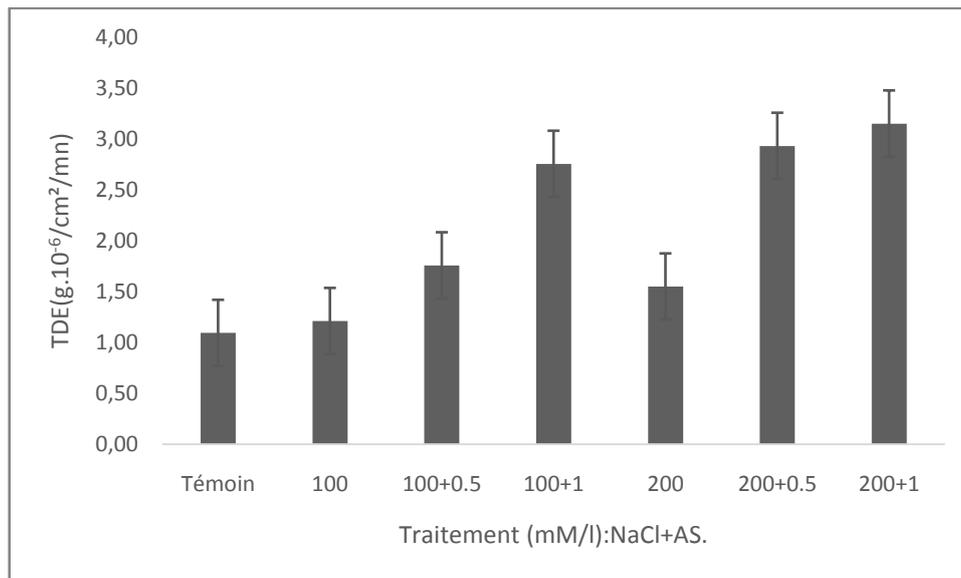


Figure (4) : Variations du taux de déperdition de l'eau par les feuilles chez *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

En additionnant 0,5, puis 1 mM d'acide salicylique au milieu salin de 100 mM, on a remarqué un accroissement progressif où les valeurs étaient $1,76$ et $2,76 \cdot 10^{-6} / \text{cm}^2 / \text{min}$. Quant à l'addition des mêmes concentrations d'acide salicylique au deuxième milieu salin (200 mM), l'augmentation enregistrée était très intense avec une légère différence entre les traitements, $2,93$ et $3,15 \cdot 10^{-6} / \text{cm}^2 / \text{min}$.

1.2. Paramètres biométriques :

1.2.1. Longueur de la tige :

Concernant la longueur de la tige, une valeur de 16,68 cm a été enregistrée sous traitement témoin. Cette valeur a augmenté lorsqu'on a appliqué la salinité seule à 100 mM, puis elle a diminué sous 200 mM.

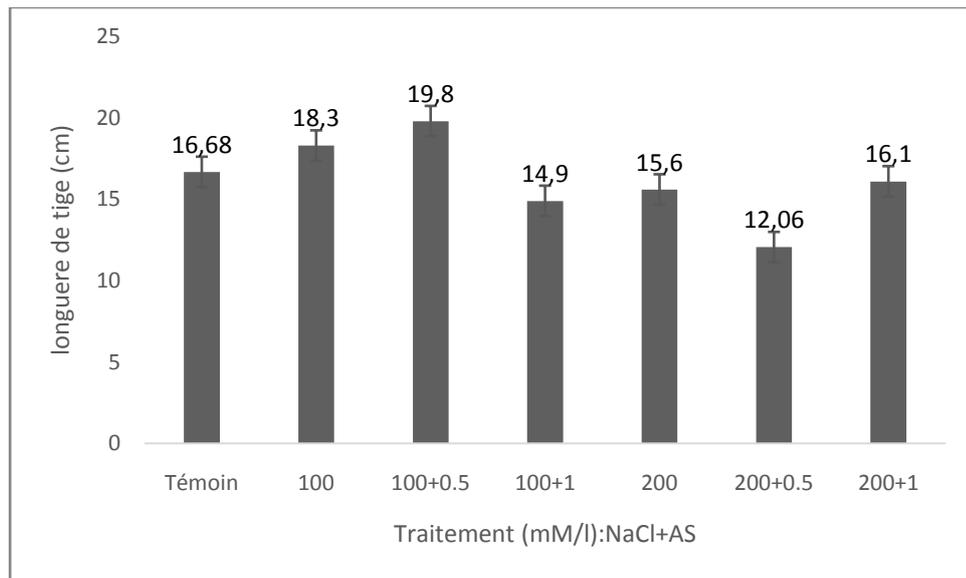


Figure (5) : Variations de la longueur de la tige de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

Les milieux de culture où la salinité a été associée à l'acide salicylique ont entraîné des résultats différents. La valeur maximale de la longueur de la tige a été enregistrée sous traitement à 100 mM de NaCl additionnés à 0,5 mM d'acide salicylique alors que la longueur minimale a été observée chez le traitement (200 mM de NaCl + 0,5 mM d'acide salicylique).

1.2.2. Longueur de la racine

La valeur enregistrée chez les plantes témoins était de l'ordre de 18,3 cm. De légères variations ont été soulignées sous les autres traitements. Néanmoins, il est à signaler que la valeur maximale de la longueur de la racine parmi ces résultats proches a été relevée sous traitement à 200 mM de solution saline appliquées seule. En ajoutant 0,5 mM d'acide salicylique à 200 mM de NaCl, cela nous a donné la valeur la plus basse, 15,4 cm.

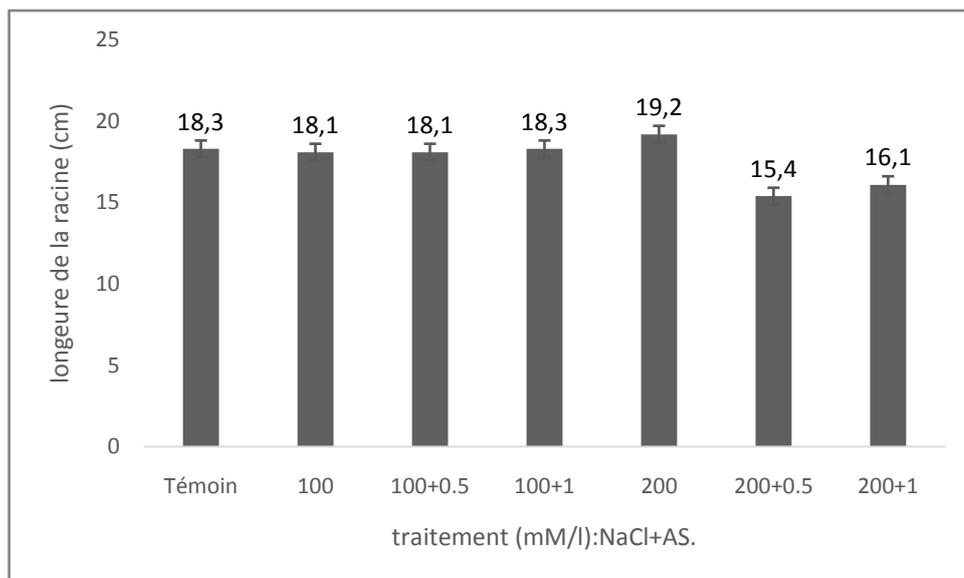


Figure (6) : Variations de la longueur de la racine de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

1.2.3. Poids frais de la partie aérienne :

A propos du paramètre de poids frais de la partie aérienne, une valeur de 13,87 mg a été enregistrée sous traitement témoin. Lorsqu'on a appliqué la salinité seule à 100 mM, une légère augmentation a été enregistrée entraînant la valeur la plus haute, 15,66 mg.

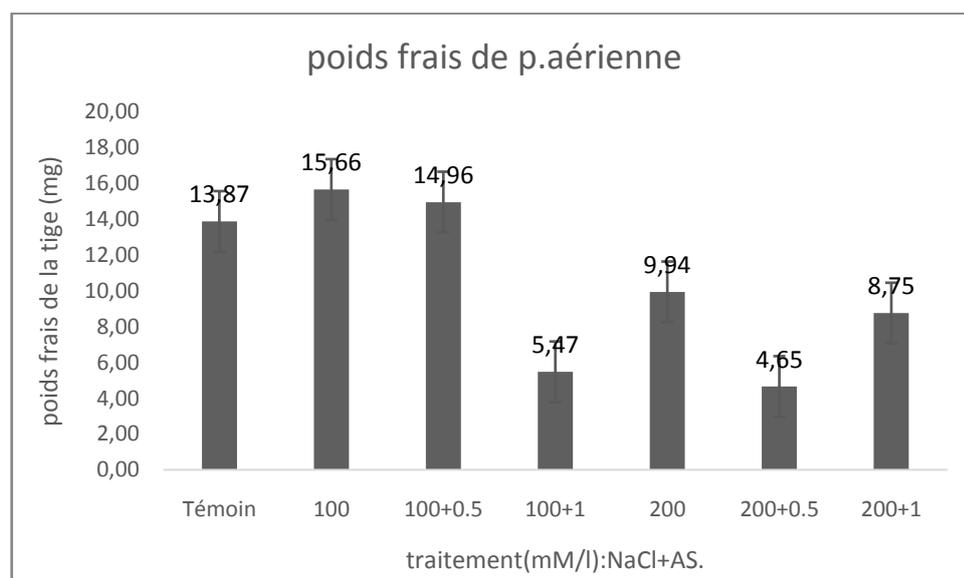


Figure (7) : Variations du poids frais de la tige de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

En ajoutant 0,5 mM d'acide salicylique à cette concentration saline, on a observé un léger rabaissement atteignant 14,96 mg. Sous les autres traitements combinés, de fortes diminutions en longueur ont été marquées, la valeur la plus basse a été inscrite sous traitement à 0,5 mM d'acide salicylique avec 200 mM de NaCl.

1.2.4. Poids frais de la partie racinaire :

Dans les milieux témoins, la longueur moyenne des racines était de l'ordre de 22,64 mg. Là où les plants ont subi un traitement à la salinité seule, à une concentration de 100 mM, on a assisté à une légère augmentation atteignant la valeur maximale, 23,54 mg. Sous le reste des traitements, des diminutions du poids de la matière fraîche racinaire ont été distinguées. La valeur minimale a été révélée sous traitement combiné (100 mM de NaCl et 0,5 mM d'acide salicylique).

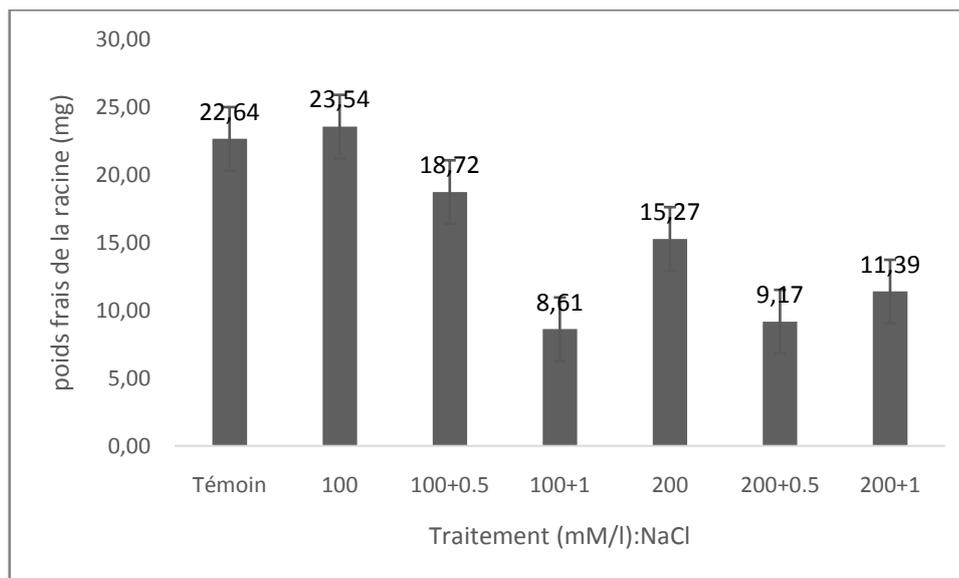


Figure (8) : Variations du poids frais de la racine de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

1.2.5. Poids sec de la partie aérienne :

La figure (9) indique que le poids de la matière sèche de la partie aérienne a connu 1,67 mg au niveau du traitement témoin. Le traitement à 100 mM de NaCl, appliqué seul, a abouti à une légère augmentation qui atteint une valeur maximale de

1,7à mg, suivie de 1,69 mg sous traitement combiné (100 mM de NaCl avec 0,5 mM d'acide salicylique).

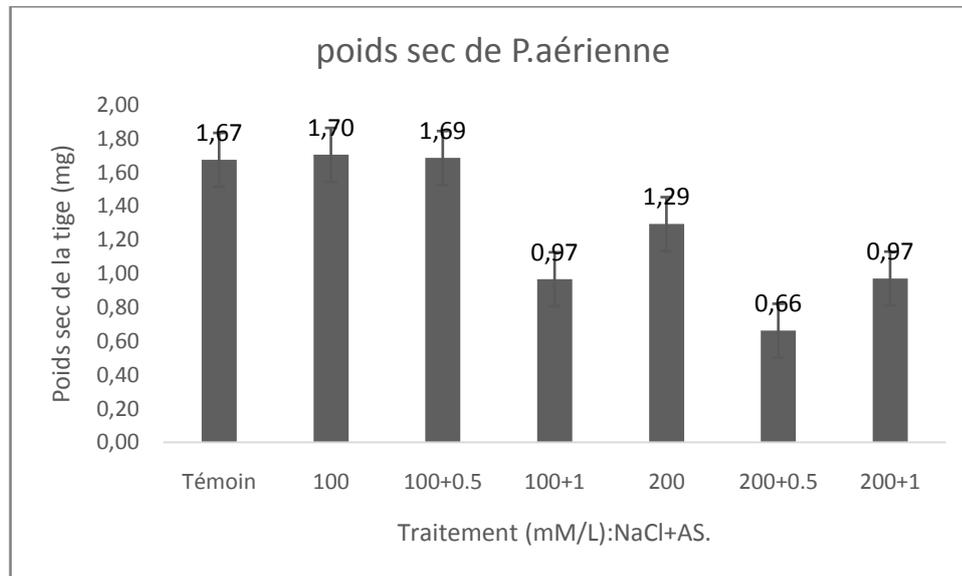


Figure (9) : Variations du poids sec de la partie aérienne de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

De fortes diminutions ont été remarquées suite aux autres traitements avec une valeur minimale de 0,66 mg lorsqu'on associe 200 mM de NaCl avec 0,5 mM d'acide salicylique.

1.2.6. Poids sec de la partie racinaire :

La valeur maximale du poids sec de la partie racinaire a été relevée chez les échantillons témoins, elle est de l'ordre de 1,42 mg. Les résultats indiqués dans la figure (10) illustrent des diminutions différentes sous les autres traitements. Signalons que la valeur la plus basse, 0,47 mg, a été enregistrée chez les plants arrosés à une solution combinée (200 mM de NaCl avec 0,5 mM d'acide salicylique).

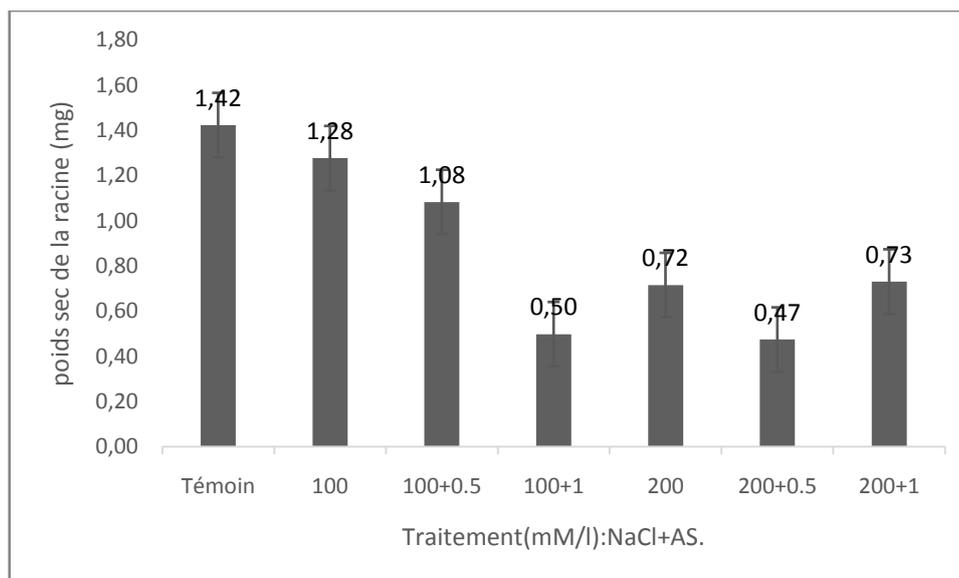


Figure (10) : Variations du poids sec de la racine de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

1.2.7. volume de la partie aérienne :

Selon les résultats obtenus, la valeur du volume de la partie aérienne enregistrée chez les plants témoins était de l'ordre de 19 ml. La valeur maximale, 21 ml, a été obtenue dans le milieu arrosé à la salinité seule concentrée à 100 mM de NaCl. Après addition de 0,5 mM d'acide salicylique à la concentration saline précédente, le résultat obtenu est légèrement supérieur à celui du témoin, mais légèrement inférieur à la valeur maximale. Les autres traitements ont causé des diminutions remarquables, dont la valeur la plus basse correspond au traitement (100 mM de NaCl + 1 mM d'acide salicylique).

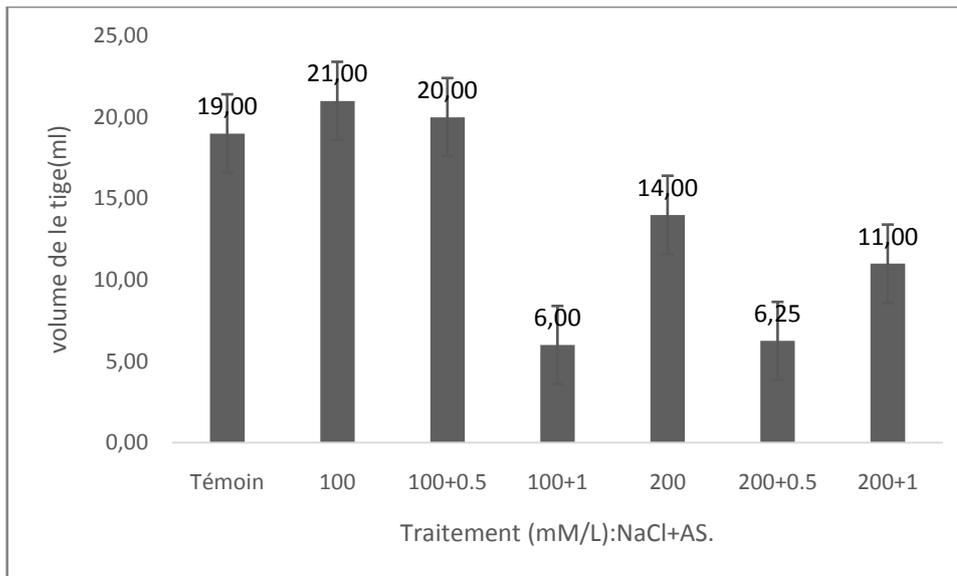


Figure (11) : Variations du volume de la tige de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

1.2.8. Volume de la racine :

D'après les résultats mentionnés dans la figure (12) ; il n'apparaît pas d'une différence de volume racinaire entre les plantes témoins et celles stressé au NaCl seul de 100Mm/l .mais il y'a une réduction impotente de volume racinaire pour les plantes sous traitement salin seul de 200mM/l.

En effet, le volume de la racine des autres traitements de NaCl associer avec l'acide salicylique de concentration (100+1mM/l),(200+05mM/l) et (200+1mM/l) sont fortement réduit.

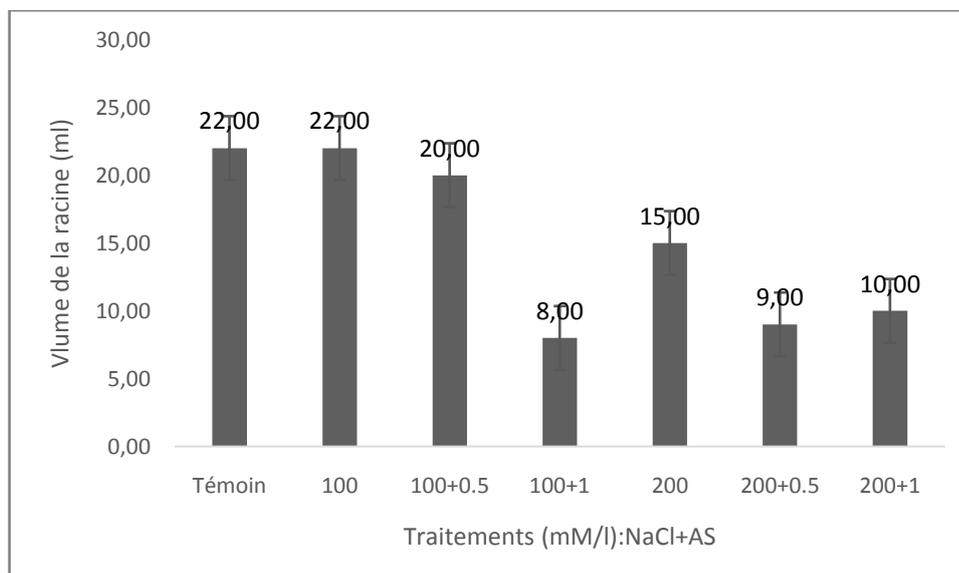


Figure (12) : Variations du volume de la racine de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

Pour ce qui est du volume racinaire, la même valeur a été enregistrée chez les plants témoins et ceux arrosés au NaCl seul concentré à 100 mM, elle est de l'ordre de 22 ml. Une légère diminution a été observée lorsqu'on ajoute 0,5 mM d'acide salicylique à 100 mM de sel. Des diminutions très nettes ont été obtenus par les autres traitements, avec une valeur minimale, 8 ml, enregistrée dans le milieu contenant 100 mM de NaCl additionné à 1 mM d'acide salicylique.

1.2.9. Surface foliaire :

Une valeur moyenne de la surface foliaire, 84,87 mm², a été enregistrée chez les plants témoins. En arrosant à la solution saline seule concentrée à 100 mM, une légère diminution de 2,5 mm² a été remarquée. Lorsque la salinité a doublé, la surface foliaire s'est élevée pour atteindre son maximum, 89,67 mm².

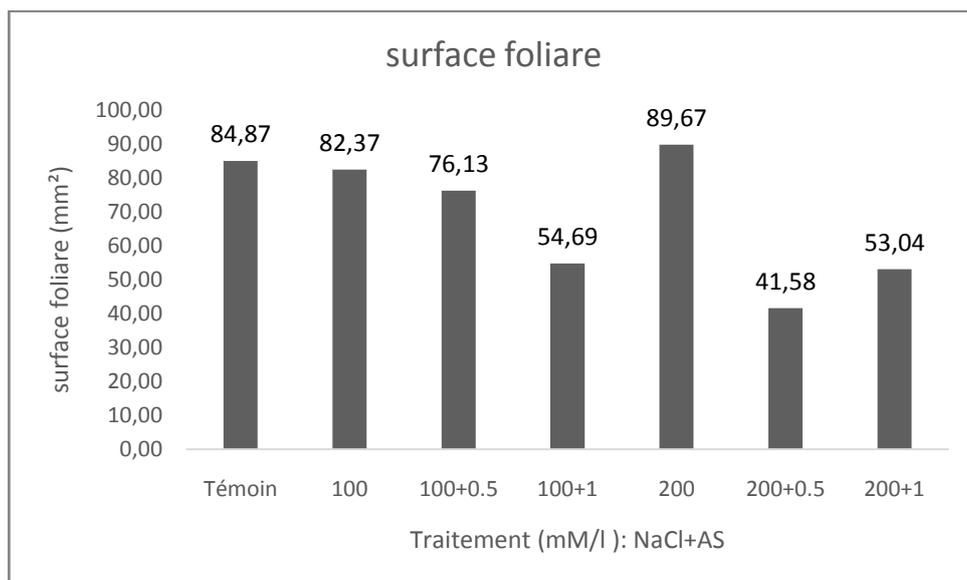


Figure (13) : Variations de la surface foliaire de la feuille de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

En ajoutant de l'acide salicylique aux milieux salins, les résultats obtenus ont été tous nettement inférieurs à celui du témoin et ceux observés au niveau des milieux purement salins. La valeur la plus basse (41,58 mm²) a été relevée sous traitement combiné (200 mM de NaCl + 0,5 mM d'A.S).

2. Paramètres biochimiques :

2.1. Pigments chlorophylliens :

La chlorophylle est indispensable pour l'activité photosynthétique de la plante qui consiste à produire de la matière organique et de l'énergie chimique (ATP) à partir de l'assimilation du carbone et de l'énergie lumineuse.

2.1.1. Teneur en chlorophylle « a »

L'observation de la figure (14) nous permet de dire que la valeur maximale, 11,73 $\mu\text{g/g}$ MF, des teneurs en chlorophylle « a » a été enregistrée chez le témoin. Des valeurs légèrement inférieures à celle du témoin sont inscrites dans les deux milieux traités à 1 mM d'acide salicylique ajouté à 100, puis à 200 mM de NaCl, elles sont respectivement égales à 10,98 et 10,13 $\mu\text{g/g}$ MF. Des diminutions significatives proches entre elles et inférieures aux deux précédentes ont été relevées dans les autres milieux de culture.

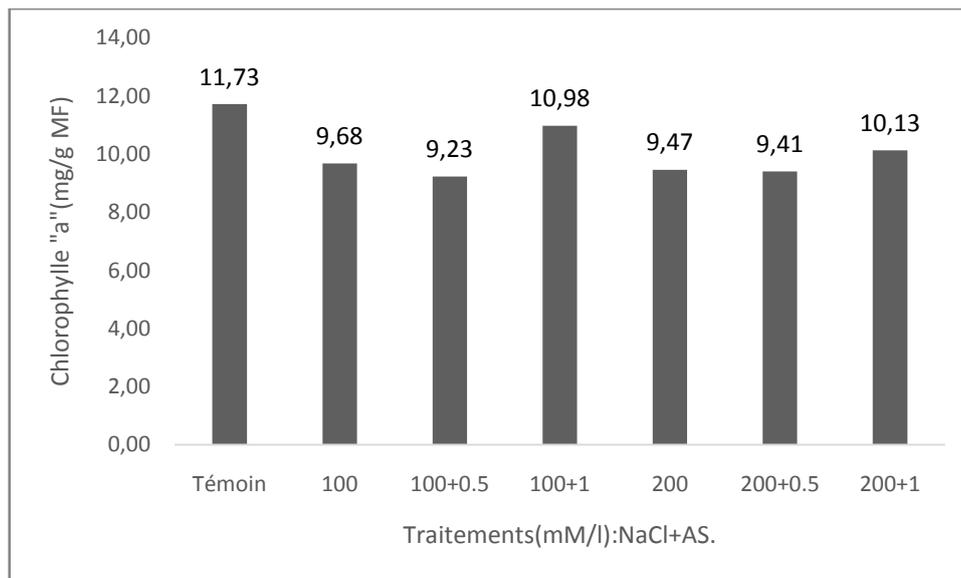


Figure (14) : Variations du teneur en chlorophylle « a » de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

2.1.2. Teneur en chlorophylle « b » :

Chez les plants témoins, une valeur moyenne de teneur en chlorophylle « b » de 4,95 $\mu\text{g/g}$ MF. La valeur maximale, 5,37 $\mu\text{g/g}$ MF, a été enregistrée sous traitement combiné (100 mM de NaCl et 0,5 mM d'acide salicylique) et à un degré

moindre, 5,22 $\mu\text{g/g}$ MF , lorsqu'on traite à 200 mM de sel avec 1 mM d'acide salicylique.

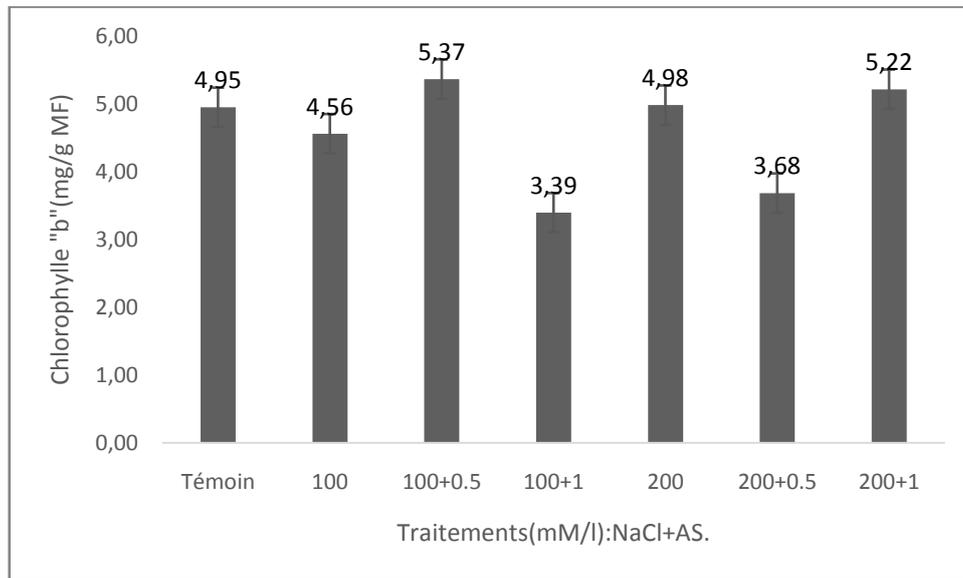


Figure (15) : Variations du teneur en chlorophylle « b » de *Vicia faba* L. stressée a la salinité en présence de l'acide salicylique

Quant à la valeur la plus basse, 3,39 $\mu\text{g/g}$ MF, elle a été observée chez les plants irrigués à 100 mM de sel associés à 1 mM d'acide salicylique. Pour les traitements qui restent, des diminutions considérables ont été soulignées.

2.1.3. Caroténoïdes :

Chez les plants témoins on a enregistré un résultat moyen de 4,45 $\mu\text{g/g}$ MF. Mis à part le résultat correspondant au traitement à 100 mM de NaCl seul, qui représente la valeur la plus basse, 3,70 $\mu\text{g/g}$ MF, les résultats en relation avec les autres traitements sont plus ou moins proches. Toutefois, il est à signaler que la valeur la plus haute, 4,61 $\mu\text{g/g}$ MF, a été enregistrée sous traitement à 200 mM de NaCl combinés avec 1 mM d'acide salicylique.

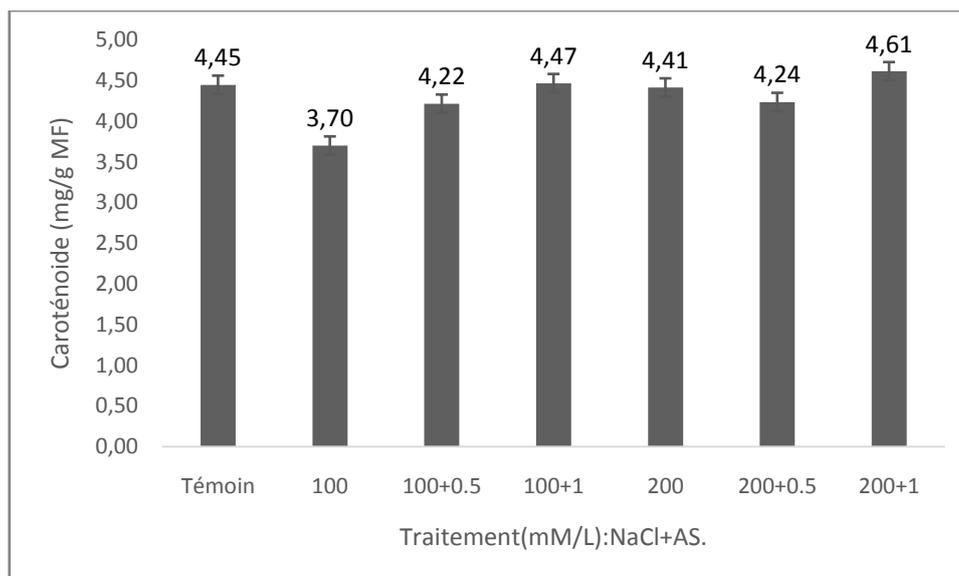


Figure (16) : Variations du teneur en caroténoïdes de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

2.2. Sucres solubles totaux :

La figure (17) indique que la valeur maximale de la teneur en sucres solubles (0,79 mg/g MF), dépassant légèrement celle du témoin (0,78 mg/g MF), a été enregistrée dans le milieu alimenté en solution saline appliquée seule à une concentration de 200 mM.

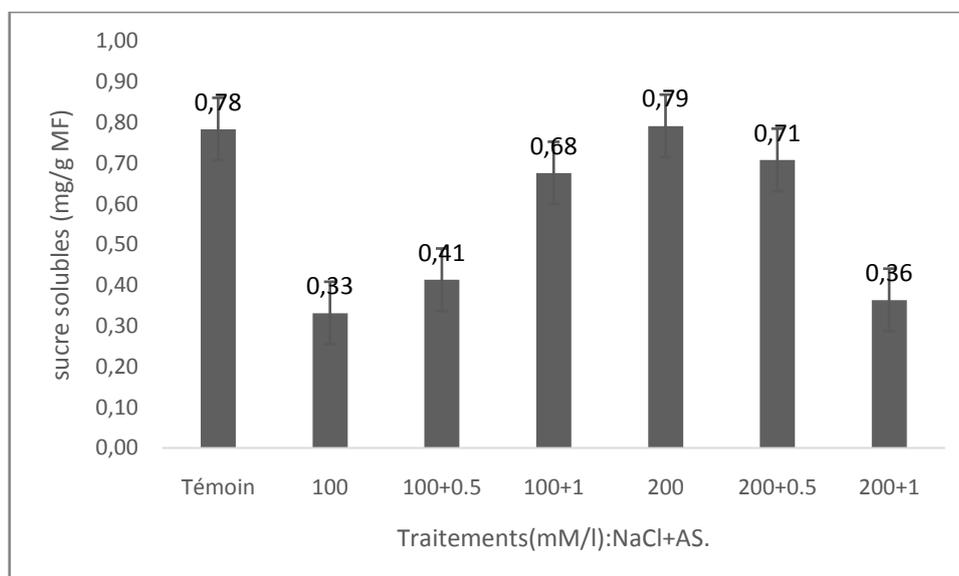


Figure (17) : Variations du teneur en sucres solubles de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

De légères diminutions ont été remarquées sous traitements combinés respectifs (100 mM de NaCl + 1 mM d'A.S et 200 mM de sel + 0,5 mM d'A.S). Pour les autres traitements, les diminutions ont été très intenses et une valeur minimale de 0,33 mg/g MF a été obtenue au niveau du milieu contenant 100 mM de NaCl sans acide salicylique.

2.3. Proline :

La teneur maximale en proline a été enregistrée chez les plants ayant subi 100 mM de solution saline concentrée à 100 mM, elle est de l'ordre de 4,05 mg/g MF). Le reste des résultats obtenus considérablement inférieurs à la valeur maximale. En effet, 0,15 mg/g MF a été inscrit chez les plants témoins avec des valeurs voisines chez le reste des échantillons. Quant au résultat le plus bas (0,13 mg/g MF), il a été reçu dans le milieu alimenté en 200 mM de NaCl rajoutés à 1 mM d'acide salicylique.

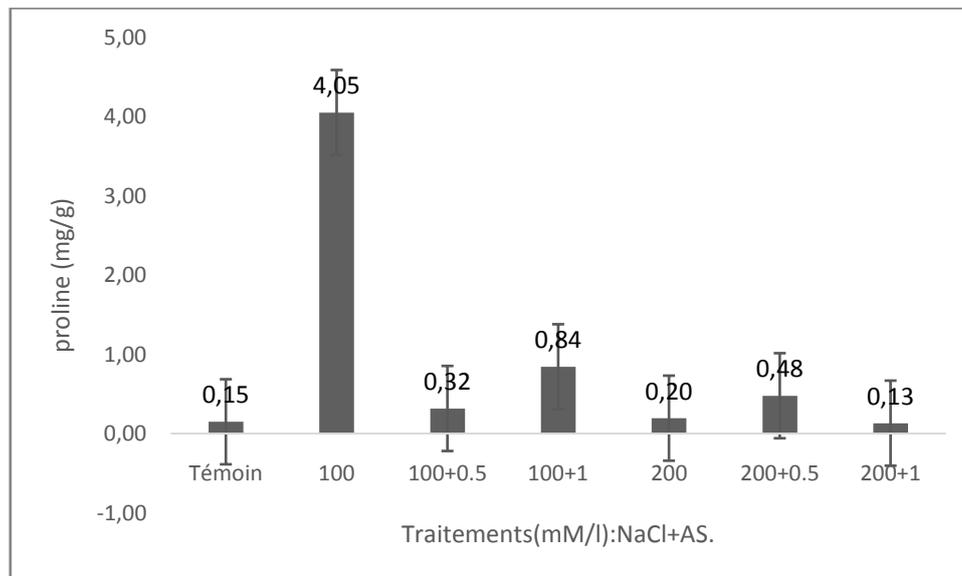


Figure (18) : Variations du teneur en proline de *Vicia faba* L. stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique

2.4. Protéines solubles :

Sous les conditions d'irrigation à l'eau douce (témoin), la teneur en protéine soluble atteint 200mg/g, il y'a une légère réduction de teneur en protéines chez les traitement de NaCl+A.S de concentration (100+1mM/l et 200+05mM/l).

La figure (19) indique que les plants arrosés à l'eau naturelle (témoin) avaient la teneur maximale en protéines solubles (201,82 mg/g MF). Sous tous les autres traitements, les résultats étaient inférieurs au témoin, avec des différences entre eux-mêmes. L'arrosage à des solutions salines (100 et 200 mM de NaCl), enrichies respectivement avec 1mM et 0,5 mM d'acide salicylique en acide salicylique, a entraîné des résultats légèrement inférieurs au témoin, 189,95 et 166,31 mg/g MF. Le milieu ayant subi 200 mM de NaCl et 1 mM d'acide salicylique a eu la teneur la plus basse en protéines, elle était de l'ordre de 99,28 mg/g MF.

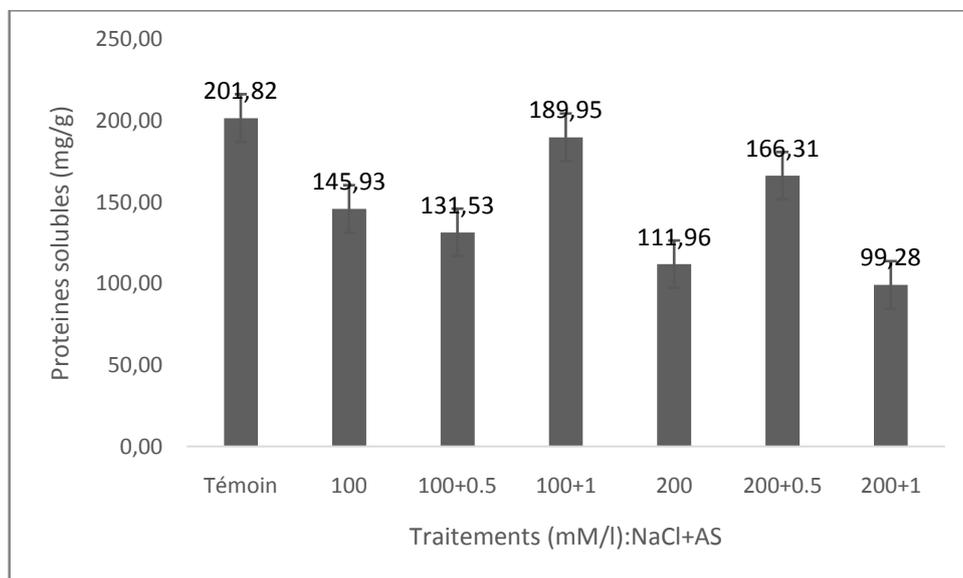


Figure (19) : variation du teneur en protéines solubles de la fève stressé a la salinité en présence de l'acide salicylique

En effet, la teneur en protéine soluble est significativement réduits chez les plantes qui ont subis des irrigation avec NaCl seul de concentration 100mM/l et 200mM/l et combiné avec de l'acide salicylique de concentration (100+0.5mM/l et 200+1mM/l) .

DISCUSSION

Les stress abiotiques, entre autres la salinité, se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité de la plante (BEN NACEUR et *al.*, 2001 ; WANG et *al.*, 2001).

L'acide salicylique est un composé phénolique qui joue un rôle important dans la croissance et le développement de la plante ainsi que dans la défense contre les différentes contraintes biotiques et abiotiques (Misra et Saxena 2009).

L'expérimentation menée vise à arroser des plants de fève (*Vicia faba* L.) par deux concentrations salines (100 et 200 mM de NaCl) seules, puis combinées avec deux concentrations d'acide salicylique (0,5 et 1 mM) afin de vérifier et distinguer le comportement physiologique et biochimique de cette espèce de Fabaceae vis-à-vis de chacune des concentrations du sel lorsqu'elles sont appliquées seules et aussi leur éventuelle interactions avec les concentrations d'acide salicylique en cas de combinaison.

Les études similaires antérieures sur le sujet nous laissent, au préalable, attendre à ce que les réponses que la plante manifeste en réponse à la contrainte subie soient diverses d'un paramètre à l'autre et entre les différentes parties de la plante, souterraine et aérienne (WANG et *al.*, 2003 ; HAJLAOUI et *al.*, 2015 ; BOUSSABA. et CHOUGUL, 2018). Les résultats obtenus au terme de ce travail laissent en déduire le suivant :

D'une façon générale, la solution saline concentrée à 200 mM de NaCl exerce un effet dépressif hautement significatif sur l'ensemble des paramètres étudiés, contrairement à la concentration 100 mM dont l'effet induit a paru dans la plupart des cas nul ou très modéré. La même conclusion a été rapportée par (KHADRI et *al.*, 2001) ayant travaillé sur le haricot, *Phaseolus vulgaris*, même considérée comme glycophyte. Des résultats pareils ont été obtenus chez le topinambour, *Hélianthus tuberosus* (SAIDI et *al.*, 2014), le pois, *Pisum sativum* L. (OKCU et *al.*, 2005), le piment, *Capsicum Annum* L. (BOUSSADA et CHOUGUI, 2018) et le maïs, *Zea mays* L. (HAJLAOUI et *al.*, 2015).

Il est à souligner que l'effet négatif entraîné par cette concentration saline (200 mM de NaCl) était dans tous les cas très net à l'observateur, mais à des degrés très variés en passant d'un paramètre à l'autre. Cependant, la distinction entre les résultats enregistrés sur la partie aérienne et ceux correspondant aux racines n'indique pas grande différence concernant la plupart des paramètres étudiés. Autrement dit, lorsqu'un paramètre est affecté, le même effet se généralise sur l'ensemble de la plante, à l'exception de certains cas.

Les paramètres hydriques ont été proportionnellement influencés par les concentrations salines (100 et 200 mM de NaCl), avec diminution de la TRE et accroissement de la TDE. Cependant, l'effet a été très considérable chez les plants ayant reçu 200 mM de sel, avec un taux de diminution de la TDR de 19,72 % en comparaison au témoin et un accroissement de 40,9 % de la TDE. Ces résultats ne contredisent pas ceux annoncés par OKCU et *al.* (2005) et SAIDI et *al.* (2014). Le stress salin se traduit en stress hydrique et ionique, car l'accumulation des ions de Na⁺ au niveau de la rhizosphère et des tissus de la plante perturbe le pH et l'état osmotique de cette dernière, ce qui inhibe ou limite le passage des molécules d'eau du milieu externe vers l'intérieur pour compenser les quantités perdues par transpiration continue.

Lorsque les deux milieux salins ont été enrichis en acide salicylique à des concentrations progressives, 0,5 et 1 mM, l'effet de la salinité a été légèrement accru sur la TDR et considérablement accru sur TDE. Ce qui signifie qu'aucun effet positif n'a été exercé par la présence d'acide salicylique.

De légères modifications positives ont été entraînées surtout par la haute concentration saline (200 mM de NaCl) sur la surface foliaire et la longueur des racines, à l'opposé de la partie aérienne qui a subi une légère régression. Quant au volume, poids frais et poids sec des deux parties, racinaire et aérienne, l'effet a été considérablement dépressif. Les travaux de recherche effectués par KLESSIG et *al.* (2000), BENKHALED et *al.* (2003) et PARIDA et *al.*, (2005) ont abouti à des résultats plus ou moins identiques aux nôtres. Les perturbations hydriques que le stress salin a fait subir à la plante, notamment la chute de la teneur relative en eau s'est répercutée sur la réduction de la croissance de la plante que traduit la diminution de la biomasse végétale à travers l'abaissement du volume, du poids frais et du poids sec,

etc.. Il est évident de considérer ce comportement physiologique comme conséquences du stress salin, mais c'est aussi un mode adaptatif que la plante manifeste dans les nouvelles conditions salines contraignantes.

Par addition de l'acide salicylique, les résultats obtenus indiquent que l'effet dépressif causé par les concentrations salines a été, fréquemment, atténué par cette molécule.

En ce qui concerne les paramètres biochimiques, un effet dépressif considérable a été provoqué par la salinité sur la teneur en chlorophylle « a » et beaucoup plus en protéines solubles, identiquement à ce qui a été souligné dans travaux de DELGADO et al.(1994) . S'agissant des autres paramètres étudiés (teneurs en chlorophylle « b », caroténoïdes, sucres solubles et en proline), de légers accroissements ont été enregistré. MUNN et ALEGRE (2004) déclarent avoir enregistré des diminutions très nettes sur les différents pigments (chl « a » et « b » et caroténoïdes) et notamment sur la teneur en proline suite à l'arrosage avec des solutions salines pareilles. Il est à noter que la salinité appliquée à 100 mM a entraîné la teneur en proline très considérablement à la hausse, 4,05 mg/g contre 0,15 mg/g chez le témoin.

Dans les milieux où la salinité a été enrichie à l'acide salicylique, les concentrations de ce dernier ont, pour plusieurs paramètres biochimiques, entraîné des effets positifs atténuant l'effet du stress salin.

A partir de ce qui précède, on peut conclure que la concentration saline 100 mM de NaCl peut être considérée tolérée par le génotype « Histal » de *Vicia faba* L., tandis que la concentration 200 mM affecte la plupart de ses paramètres hydriques, biochimiques et de croissance. Pour ce qui se rapporte aux concentrations d'acide salicylique appliquées, les résultats ainsi enregistrés permettent de les considérer avoir un effet bénéfique, qui atténue l'impact de la contrainte saline, mais qui restent plus ou moins ambiguës en matière de combinaison avec les concentrations de NaCl.

L'analyse de la variance indique que, pour les paramètres hydriques, les différences des résultats obtenus étaient très hautement significatives pour la TDR ($p=0$) et hautement significatives pour la TDE ($p = 0,001$) (Voir tableaux et de la variance en

annexes). Pour ce qui des paramètres biométriques, les différences des valeurs enregistrées étaient non significative ($p = 0,42$) concernant la longueur de la partie racinaire, significative pour la longueur aérienne ($p= 0,012$) et très hautement significatives ($p=0$) lorsqu'il s'agit des autres paramètres, volume, P.F et P.S de la partie racinaire ainsi que l'aérienne. Quant aux paramètres biochimiques, les différences des résultats relevés ($p > 0,05$) ne renseignent aucune signification.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La salinité est l'une des principales contraintes environnementales qui pèsent sur la production et productivité agricole, sans exception de famille ou espèce botanique cultivée, notamment dans les régions arides et semi-arides. Ce qui a poussé un grand nombre de laboratoires et chercheurs scientifiques d'allouer une grande importance au sujet en lui consacrant d'innombrables travaux afin de le mieux comprendre et d'en sortir par la création de nouvelles variété résistantes ou d'améliorer des substances stimulant la défense naturelle. Lorsque la plante se trouve exposée à des conditions environnementales défavorables, elle manifeste naturellement des mécanismes adaptatifs d'ordre physiologique, biochimique et moléculaire.

Etant donné cela, nous avons choisi de mener la présente étude pour contribuer à la compréhension du phénomène et l'éclaircissement de ses secrets. A cet effet, des plants d'un génotype de fève (*Vicia faba* L.) appelé « Histal » ont été, dans un premier temps, soumis à des concentrations salines croissantes (100 et 200 mM de NaCl), qu'on leur a ajouté ultérieurement 0,5 mM, puis 1 mM d'acide salicylique, molécule que la plante synthétise naturellement en cas de stress et que les physiologistes considèrent comme composé stimulateur de défense. L'objectif est de vérifier à quel niveau la variété étudiée tolérerait la salinité, quelle serait l'interaction entre le sel et l'acide salicylique et si cela aurait un effet sur le métabolisme de la plante. Ainsi, suivant la disponibilité des réactifs et matériel correspondant aux protocoles suivis, nous avons choisi de traiter les paramètres suivants : TDR, TDE, paramètres biométriques (longueur, volume, P.F, P.S, surface foliaire), pigments chlorophylliens, sucres solubles, proline et protéines solubles.

Les résultats issus de cette étude révèlent que le génotype « Histal » appartenant à l'espèce de fabaceae (*Vicia faba* L.) paraît tolérer la contrainte saline à 100 mM et à être affecté sous 200 mM lorsque la salinité est appliquée seule. Au cas où la plante est stressée à la salinité en présence de l'acide salicylique, ce dernier semble avoir un effet qui atténue celui du sel dans un bon nombre de cas et pour la plupart des paramètres étudiés.

CONCLUSION GENERALE

Afin de vérifier l'exactitude des résultats obtenus et affiner les concentrations de sel et d'acide salicylique à combiner, des études similaires ultérieures restent indispensables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASHRAF I., ZUBAIR M. et RIZWAN K., 2018. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial potential of essential oils from different parts of *Daphne mucronata* Royle. *Chemistry Central Journal*. 2018;12(1):1-8
- ABDALLAH M.M.F., 1979. The origin and evolution of *vicia faba* L. In *Proc.1st Mediterranean Conf. Genet.*, p. 713-746.
- AGASTIAN P., VIJAYAKUMAR A. et DURAIPANDIYAN V., 2012. Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial activity of *Illicium griffithii* Hook. f. & Thoms extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 2012;2(3):190-199
- AJMAL K. SHAHID J., ATIF M. ET ABID N., 2013. Heavy metal status of soil and vegetables grown on peri-urban area of Lahore district. *Soil & Environment*. 2013;32(1):49-54
- AUBERT G., 1982. Les sols sodiques en Afrique du nord, in *Cahier O.R.S.T.O.M. Service Pédologie* : 194p.
- AUBERT J.F., GOODWIN M., MOHAN A. et BATRA R., 2015. MBNL Sequestration by Toxic RNAs and RNA Misprocessing. *Cell Reports*. 2015;12(7):1159-1168
- AVERES L., 2000. Induction of systemic résistance to pythium damping-off in cucumber plants by benzothiadiazole: Ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Plant J*, 14:13-21.
- BADO R., 2002. Plant cell wall remodelling in the Rhizobium-legume symbiosis, Critical Reviews, in *Plant Sciences* 23 (293-316)
- BADRANE M.A., 2019. Les Fabacées [en ligne] <<https://agronomie.info/fr/author/mooh90/>>. Consulté le 18/06/2019.
- BAUDOIN E., FLAUBERT Y. et ROLAND D., 2001. Changes in water deficit saturation and photosynthetic pigments of Alfalfa populations under salinity and assessment of proline role in salt tolerance. *Agricultural Science Research Journals* ; 3: 29-35.
- BELANGER E., 1998. Purification et caractérisation des facteurs de nodulation de *Rhizobium* sp. (*Oxytropis Arctobla*) souche N33. Mémoire de grade de maître des sciences. Université de Laval.
- BEN KHALED LAAZIZA, GÓMEZ ASUNCION, HONRUBIA MARIO ET OIHABI ABDALLAH., 2003. Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le *Rhizobium*, in : *Agronomie, EDP Sciences*, 23 (7), pp.553-560.
- BENACEUR, 2003. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en graines de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* Vol 11 numero 3.sep, pp167-174.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENHAMOU N ET BELANGER RR, 1998. Induction of systemic résistance to pythium damping-off in cumcumber plants by benzothiadiazole: Ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Plant J*, 14:13-21.
- BENKADDOUR M. (2014) Modification physiologique chez des plantes de blé (*Triticum durum* desf) exposées à un stress salin. Université Badji Mokhtar, Annaba. Thèse de doctorat : 23-80-81p.
- BENKHALED M., HAMADA H., CHRISTOPHE L., BOUREZZANE S., 2013. Chemical composition and antioxidant activity of *Astragalus monspessulanus* L. growing in semiarid areas of Algeria. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2018;83(1):31-38
- BENNABI M., BRUNO E., LAJNEF M., HAMDANI N., 2005. Combined effect of TLR2 gene polymorphism and early life stress on the age at onset of bipolar disorders. *PLoS ONE*. 2015;10(3):e0119702
- BERAUD D., 2007. Etude des effets écotoxiques et de l'induction des phytochélatines chez *Vicia faba* L. (fabaceae) exposée au cadmium. Application de test *Vicia* –micronoyaux à des matrices. Thèse de doctorat. Université de Metz, 107p.
- BERNARD F., OSAIGBOKAN M.U. et JEPHTHA C., 2000. Toxicity of lemon grass *Cymbopogon citratus* powder and methanol extract against rice weevil *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Coastal Life Medicine*. 2017;5(3):99-103
- BEZRUKOVA M. V., SAKHABUTDINOVA A. R., FATKHUTDINOVA D. R., ET SHAKIROVA F. M., 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *BULG. J. PLANT PHYSIOL.*, Special ISSUE, 314-319.
- BOUAOUINA N., GABBOUJ S. et ACHRAF K., 2008. Implication of Xenobiotic Metabolizing Enzyme gene (CYP2E1, CYP2C19, CYP2D6, mEH and NAT2) Polymorphisms in *Breast Carcinoma*. *BMC Cancer*. 2008;8(1):109
- BOUAOUINA N., GABBOUJ S., HASSEN E., KHEDHAIER A., SLIM A., CHOUCANE L., 2008. Implication of Xenobiotic Metabolizing Enzyme gene (CYP2E1, CYP2C19, CYP2D6, mEH and NAT2) Polymorphisms in *Breast Carcinoma*. *BMC Cancer*. 2008;8(1):109
- BOUZID S., 2010. Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* . Thèse magister, Univ Mentouri Constantine, pp 6 -8.
- BOUZID S., 2010. Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* . Thèse magister, Univ Mentouri Constantine, pp 6 -9.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOYELDIEU J., 1991. Produire des grains oléagineux et protéagineux. *Lavoisier Tec&Doc*: Paris, France.
- BREWIN, N. J., 2004. Plant cell wall remodelling in the Rhizobium-legume symbiosis, *Critical Reviews*, in *Plant Sciences* 23 (293-316).
- BRINK et BELAY, 2006. Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique tropicale. *Fondation PROTA/ Backhuys Publishers/CTA*, Pays-Bas ; 327 P.
- CALU G., 2006. Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. [en ligne] <<http://pagesperso-orange.fr/guillaume.calu/vegetal/salt/pdf>> Consulté le 21 Février 2019.
- CARLU J., 1952. *Larousse agricole : Fèves et féveroles*. p 204
- CHARTZOULAKIS, KOTSIFAKI, FANI et KOUTSAFTAKIS, 2001. Effect of drought stress on qualitative characteristics of olive oil. *Grasas y Aceites*. 2001;52(3-4):202-206
- CHAUX C. et FOURY C. L., 1994. Cultures légumières et maraichères. Tome III. Légumineuses potagères, fruits et légumes, technique et documentation. Lavoisier, Paris, 663 p.
- CHEVER O., HELLERINGER R., DANIEL H. et GALANTE M., O., 2017. Oxygen and Glucose Deprivation Induces Bergmann Glia Membrane Depolarization and Ca²⁺ Rises Mainly Mediated by K⁺ and ATP Increases in the Extracellular Space. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2017;11
- DELGADO M.J. et LIGERO F., 1994. Impact of the Content of Fatty Acids of Oral Fat Tolerance Tests on Postprandial Triglyceridemia: Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 1994;8(9):580
- DUCHAUFOR H., ROOSE E. et GEORGES D.N., 2012. Lutte antiérosive. Réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles. *Physio-Géo*. 2013;7:5-6
- FARISSI MOHAMED , AZIZ FAISSAL , BOUIZGAREN ABDELAZIZ, et GHOUHAM CHERKI, 2014. La symbiose Légumineuses-rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance (Legume-rhizobia symbiosis under saline conditions: Agro-physiological and biochemical aspects of tolerance)ISSN 2351-8014 Vol. 11, pp. 96-104
- FOLTETE A. S., 2010. Effets écotoxiques et systèmes de détoxification chez *Vicia faba* .L (fabaceae) dans le cadre des sols pollués. Thèse de Doctorat.Université de Paul Verlaines Meets .245p
- FOUCHER, F . KONDOROSI, E., 2000. Cell cycle regulation in the course of nodule organogenesis in Medicago. *Plant Mol Biol*. 43: 773-786.
- GEPTS P, 2004. Crop domestication as a long-term selection experiment, *Plant Breed Rev* 24: 1–44

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL HADJ S., 2007 - Effet de la 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 et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3), 235-244
- HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998. *Physiologie végétale. I. Nutrition*; Ed. Dunod, p.85-115.
- HOPKINS W.G., 2003. *Physiologie végétale*, p 451- 464. p 66 -70.
- KAUSAR A., ASHRAF M. Y. et NIAZ M. 2014. Some physiological and genetic determinants of salt tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): Biomass production and nitrogen metabolism. *Pakistan Journal of Botany* 46 (2): 515-519.
- 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.
- KORKMAZ A., UZUNLU M., DEMIRKIRAN AR, 2007, Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Franciszek Gorski institute of plant physiology. polish Academy of science. Krakow. Turkey.*
- LEBBIDA F., 2009. Caractérisation des rhizobies de quelques acacias d'Algérie en vue de la production d'inoculum pour la bactérisation des acacias en pépinières. Mémoire de Magister. INA. Alger. 82p.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., et CASSE-DELBART F., 1995 – Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agriculture*. 4(4). 263-273
- LEVITT J. (1980). Salt and ion stress. In Levitt J. (eds). *Response of plant to environmental stresses. Vol II, water radiation, salt and others stresses*. New York: Academic Press, p. 365–406.
- MAATOUGUI M.E.H, KHALDI R., ZEKRI S. ET BEN YASSINE A., 2002. L'économie des légumineuses alimentaires au Maghreb et dans le monde. *Proceeding du 2ème séminaire du réseau remafeve/remala. « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghre»*. Hammamet, Tunisie, 100p.
- MADHAVA RAO K V., RAGHAVENDRA A S et JANARDHAN REDDY K., 2006. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants* Printed in the Netherlands. Ed Springer. pp 1-14.
- MOKHTAR R., JABALLAH S et FERCHICHI A., 2008. Understanding physiological mechanism of *Lotus creticus* plasticity under abiotic stress and in arid climate. Ed, Arid and Oases Cropping Laboratory, Arid Area Institute, Medenine 4119, Tunisia .pp 20-35.
- MUNNE-BOSCH et ALEGRE L., 2004. Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funct Plant Biol* 31: 203–213

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PARIDA D., SANTANU K. J, TAYUNG K. et CHANDI C., 2005. Occurrence of culturable soil fungi in a tropical moist deciduous forest Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2015;46(1):85-96
- RASANEN L., 2002. Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes Acacia. *Physiol.*, 56 :p. 155- 160
- SAXENA MC (1991). Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes*. N°. 10: 15-20.
- SCHULZE A., C., FÖRSTER K. et FLEMMER W., 2005. Identification and Containment of a Cluster of Two Bacillus cereus Infections in a Neonatal Intensive Care Unit. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*. 2005; DOI 10.1155/2005/1506583
- ZHU J., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plant. *Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol.* 53, pp 247-273.