

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn KHALDOUN–Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie

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 : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

BEN ABED Nesrine

BENHALIMA Bouchra

BERRABAH Yamina

Thème

Effet d'apport des exsudats racinaires *Salicornia Europaea* L sur la tolérance de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à la salinité

Soutenu publiquement le 13/07/2021

Jury	Grade
Président(e) : SOUALMI Nadia	MAA
Encadreur : M. CHOUHIM Kadda Mohamed el amine	MAA
Co- Encadreur :M. ZEMOUR Kamel	MAA
Examineur : MELIANI H amza	MAA

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a guidé sur le chemin droit tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti. Nous remercions particulièrement nos parents qui nous ont aidé et pour leurs conseils et leurs orientations ; ainsi pour leurs encouragements dans les moments de doute. Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances et remerciements à notre promoteur Mr CHOUHIM K., et Co-promoteur ZEMOUR K pour ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien scientifique nous ont permis de mener à terminer ce travail.

Aux membres de jury,

Mme. SOUALM. N., qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce travail. Qu'elle soit ici remerciée pour avoir acceptée cette tâche et pour l'intérêt qu'elle a portée à ce travail.

Mr. MELIANI H., qui a bien voulu accepter d'examiner ce travail, et qui nous a fait l'honneur par sa présence. C'est aussi un grand plaisir d'exprimer nos remerciements au personnel du laboratoire. Nos remerciements s'adressent aussi au personnel de la bibliothèque de la faculté des sciences de la nature et de la vie. Nous voulons remercier aussi notre promotion de master génétique moléculaire et amélioration des plantes. Enfin toute nos reconnaissances sont adressées à tous ceux et celles qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail et soutenus dans les moments difficiles.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail comme un témoignage d'affection, de respect et d'admiration :

A mes très chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

A mes sœurs et mon cher frères ISLAM, AMINA et WISSAL

Pour votre soutien moral et vos encouragements, vous m'avez enseigné la patience et la concentration sur mon travail. Je vous souhaite un avenir plein d'amour, de bonheur et de succès. Je t'aime beaucoup.

Je ne pourrai jamais oublier d'exprimer ma profonde gratitude à :

binome: Nesrine et Yamina

Je vous remercie de votre soutien moral, de votre patience et de votre dévouement à ce travail.

Je vous dédie le fruit de nos efforts.

En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de chaque moment que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail à ABDERREZAK

Bouchra

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail pour :

Mon très cher père et ma chère mère

Mes frères et sœurs

« Mouhamed , Abir ,Aya et Soundouce «

Mes cousins et à toute la famille

Tous mes amis proches

« Souad , Zahra ,Setti et Hanane «

Tous mes amis (es) de l'université

Toute la promotion master spécialement : Bouchra, Aya et Yamina

Et à tous ceux qui me sont chères

NESRINE

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :A mes chères parents, ma source de tendresse, qui ont Sacrifié leur vie pour mon éducationA ma chère mère, que dieu ait pitié d'elle, qu'elle soit fière de moiKOUDDRI SAADIAA mes frère et sœurs et cousines Et mes binomes Bouchra et Nesrine A mes meilleurs amis AMEL, WIEM, qui m'ont accompagnés le long de to promotion

2020 / 2021.

yamina

Résumé

Le but de cette étude est de déterminer l'effet de la salinité de Na Cl par l'application de deux concentrations de 150 et 250 meq de chlorure de sodium (Na Cl), en présence des exsudats racinaires des racines découpées et broyées de *Salicornia europaea*L., sur le comportement physiologique, biochimique et morphologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) les résultats ont montré que l'élévation du niveau de la salinité a provoqué une forte augmentation de la teneur en sucre solubles et l'apport des exsudats racinaires aux plantes a fait augmenter de façon très significative ce paramètre par rapport à celles irriguées au NaCl seul. Le volume racinaire et le poids de la biomasse racinaire et aérienne fraîche et sèche diminuent significativement en fonction de l'augmentation des concentrations. Cependant il n'y a pas un effet de l'apport des exsudats racinaires sur ces paramètres morphologiques. Le stress salin diminue fortement la TRE, alors que cette action combinée a fait augmenter significativement la TRE par rapport à celles des feuilles stressées par le Na Cl.

Mots clés : *Solanum melongena* L., *Salicornia europaea*L., NaCl, TRE, sucre solubles, volume racinaire.

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير ملوحة كلوريد الصوديوم عن طريق تطبيق تركيزين 150 و 250 ، في وجود إفرازات جذرية من الجذور المقطوعة والأرضية (Na Cl) ميكرو لتر من كلوريد الصوديوم ، على الخصائص الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية. والسلوك. *Salicornia europaea*L. من أظهرت النتائج أن الزيادة في مستوى الملوحة (*Solanum melongena* L.) المورفولوجي للبانجان أدت إلى زيادة قوية في محتوى السكر القابل للذوبان ، كما أدى تزويد النباتات بإفرازات الجذور إلى زيادة معنوية كبيرة في هذه المعلمة مقارنة بتلك المرورية باستخدام كلوريد الصوديوم وحده. . انخفاض حجم ووزن جذر الجذر الطازج والجاف والكتلة الحيوية فوق سطح الأرض بشكل ملحوظ مع زيادة . التركيزات. ومع ذلك ، لم يكن هناك تأثير لإفرازات الجذر على هذه المعلمات المورفولوجية. يقلل إجهاد الملح بشكل كبير من معدل الخطأ ، في حين أن هذا الإجراء المشترك زاد بشكل كبير من معدل الخطأ مقارنة بتلك الموجودة في الأوراق المجهدة بكلوريد الصوديوم.

الكلمات المفتاحية :

،السكريات القابلة للذوبان ،TRE ،Na Cl ،*Salicornia europaea*L. ،*Solanum melongena* L.

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of Na Cl salinity by applying two concentrations of 150 and 250 meq of sodium chloride (Na Cl), in the presence of root exudates of cut and ground roots of *Salicornia europaea*L., on the physiological, biochemical and morphological behavior of eggplant (*Solanum melongena* L.) the results showed that the increase in salinity level caused a strong increase in the soluble sugar content and the supply of root exudates to the plants increased very significantly this parameter compared to those irrigated with NaCl alone. Root volume and weight of fresh and dry root and aboveground biomass decreased significantly with increasing concentrations. However, there was no effect of root exudates on these morphological parameters. Salt stress strongly decreases the ERR, while this combined action significantly increased the ERR compared to those of NaCl stressed leaves.

Key words : *Solanum melongena* L., *Salicornia europaea*L., NaCl, ERR, soluble sugars,
root volume

Tables des matières

Liste des abréviations	i
Liste des tableaux	ii
Liste des figures	iii

Introduction générale

Introduction	4
---------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : la synthèse bibliographique

La Salinité

1-La salinité	07
2-Origine de la salinité des sols	07
2-1-Salinité primaire	07
2-2- Salinité secondaire.....	08
3- Effet de la salinité sur les plantes.....	08
3-1-Sur la physiologie des plantes.....	08
3-2-Sur la Croissance et le développement.....	08
3-3-Sur la croissance.....	08
3-4-Sur la germination.....	09
3-5-Effet sur la photosynthèse	09
3-6-Effet sur la nutrition minérale de la plante.....	09
4-Mécanismes d'adaptation des plante à la salinité	10
4-1-L'exclusion	10
4-2-L'inclusion :.....	10
4-3-L'ajustement osmotique :.....	10
4-4-Contrôle membranaire :.....	11
4-5-La régulation de croissance :.....	11
5-Le stress.....	11
5-1-Stress salin	12

***Salicornia europaea*L.**

1-Structure chimique et activités biologiques des métabolites secondaires de (<i>Salicornia europaea</i> L).....	14
2- les mécanismes de résistance à la salinité chez les halophytes(<i>salicorniaeuropaea</i> . L) ..	15
2-1- Aspects et mécanismes de l'halotolérance	15
2-1-1- La détoxification	15
2-1-2- L'homéostasie	15
2-1-3- Synthèse de solutés compatibles	16
- Glycine bétain.....	16
- Proline.....	16

- Ectoïin.....	16
- Polyols.....	16
- Sulfoniums tertiaires	16

Exsudats racinaires :

1- Généralité	18
2-Nature des rhizodépôts et leur rôle dans la rhizosphère.....	18
2-1- Exsudats.....	18
2-2-Sécrétions.....	19
2-3-Mucilage.....	19
2-4-Lysats Gaz.....	19

Aubergine

1-Généralités	21
2-la systématique	21
3-Discription botanique.....	21
4-Mode de culture	22
5 -Importance économique et production mondiale	22

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1- Objectif de l'étude	24
2- La conduite de l'essai	24
a- Localisation d'essai	24
b- Matériel biologique utilisé	24
3- Préparation et semis des graines.....	25
a-La pré germination.....	25
b-Le repiquage.....	25
c-La transplantation.....	25
4-Préparation des différentes solutions d'irrigation.....	26
a-Préparation des solutions salines.....	27
b-Préparation de l'extrait aqueux de la <i>salicornia euorepaea L</i>	27
5-Dispositif expérimental	27
7- Les paramètres étudiés	27
7-1 La teneur des sucres solubles	28
7-2 La teneur relative en eau (TRE).....	28
7-3Les biomasses aériennes et racinaires.....	28
7-3-1- Les biomasses aériennes (fraîches et sèches)	29

7-3-2-Les biomasses racinaires (fraîches et sèches).	29
a. Le volume racinaire.....	29
b. Le poids frais et sec des racines.....	29
c. Le poids sec des racines.....	29
8- Analyses statistiques.....	29

Chapitre II: Analyse des résultats

1- la teneur relative en eau (TRE).....	31
2- la teneur en sucres solubles.....	31
3- Le volume des racines :.....	32
4- La biomasse racinaire fraîche:.....	35
5-La biomasse racinaire sèche:.....	37
6- La biomasse aérienne fraîche:.....	39
7- La biomasse aérienne sèche.....	40

Conclusion et perspectives
Référence bibliographiques

Liste des abréviations

C° :degré celsius

DII :degré de liberté

ERB :exsudats racinaires des racines broyés

ERD : exsudats racinaires des racines découpée

F.A.O: Food and Agriculture Organisation

g :gramme

H₂SO₄: Le réactif d'anthrone

meq :Milliéquivalent

MF : matière fraîche

mg :milligram

ml :milliliter

mol :molaire

Na Cl : chlorure de sodium

P : le poid

Pi : le poids initial

Ppt : le poids en pleine turgescence

Ps : Le poids sec

TRE :la teneur relative en eau

λ : longueur d'onde

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique de la solution nutritive (activeg puissance 20) retenue pour l'irrigation des plantes.:.....	26
Tableau 02 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de la teneur relative en eau des feuilles du génotype classic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	31
Tableau 03 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de la teneur en sucres solubles des feuilles du génotype classic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	33
Tableau 04 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du volume racinairedu génotype classic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.)soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	35
Tableau 05: Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) dupoids de la biomasse fraiche racinaire du génotypeclassic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.)soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	36
Tableau 06 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du poids de la biomasse racinaire sèche du génotypeclassic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.)soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	38
Tableau 07: Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du poids de la biomasse aérienne fraiche du génotypeclassic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	39
Tableau 08: Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du poids de la biomasse aérienne sèche du génotypeclassic de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.....	41

Liste des figures

- Figure 01 :** Serre en plastique semi-contrôlé (photo originale, 2021).....p24
- Figure 02 :** le repiquage des plantules de l'aubergine (photo originale, 2021).....p25
- Figure03:** Tranplantation des petites plantules d'aubergine (photo originale, 2021).....p26
- Figure 04 :** Teneur relative en eau (%) des feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....32
- Figure 05 :**Teneur en sucres solubles dans feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....33
- Figure 06 :**le volume racinaire du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....35
- Figure 07 :**Variation des poids de la biomasse racinaire fraîche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....37
- Figure 08 :**Variation des poids de la biomasse racinaire sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....p38
- Figure 09 :**Variation des poids de la biomasse aérienne fraîche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....40
- Figure 10 :**Variation des poids de la biomasse aérienne sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.....p42

Introduction

L'aubergine présente une importance notable du fait de son rendement élevé, avec une qualité nutritionnelle supérieure (Noreen et Ashraf , 2009); ainsi qu'elle est très riche en antioxydants (Noda et al., 2000; Hanson et al., 2006). Elle appartient à la famille des solanacées, connue pour ses fruits utilisés comme légumes (Kashyap et al., 2003; George, 2009), originaire d'Inde (Frary et al., 2007; Daunay, 2008). Il est cultivé en abondance dans les régions tropicales et subtropicales (Salunkhe and Desai, 1984; Kashyap et al., 2003; George, 2009; Knapp et al., 2013; Mishra et al., 2013; Uthumporn et al., 2015; San José et al., 2016). Les principaux producteurs de l'aubergine étant la Chine avec 29.5 millions de tonnes, ensuite l'Inde avec 13.5 millions de tonnes. La production mondiale serait autour de 50.19 millions de tonnes (FAO, 2014). L'Algérie est parmi les pays consommateurs de l'aubergine. La croissance des aubergines est sensible ou modérément sensible à la salinité (Abd el-azeem et al., 2012). Elle présente une importance notable en raison de son rendement élevé, avec une qualité nutritionnelle supérieure est très riche en antioxydants (Hanson et al., 2006). Cependant, la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation associée à une fertilisation excessive entraîne souvent des problèmes qui réduisent fortement le rendement de l'aubergine (Bybordiet al., 2010).

L'Algérie fait partie de la région méditerranéenne où la sécheresse a conduit au processus de salinisation des sols qui résulte d'une forte évaporation d'eau à partir du sol (munns et al., 2006). Sa superficie en sols salés s'étalant autour de 3,2 millions d'hectares (Belkhouja et Bidai, 2004). Ces deux contraintes naturelles, sécheresse et salinité, ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grande partie les causes de la désertification des sols. Sous ces conditions, la physiologie des plantes est perturbée, certaines espèces spontanées ont disparu, d'autres sont menacées de disparition (Belkhouja et Bidai, 2004). Les fortes concentrations salines peuvent affecter les différents stades de développement de la plante. Elles entraînent un déséquilibre ionique et une toxicité chez les végétaux, ce qui peut affecter certains processus métaboliques vitaux (Benmahioul et al., 2009).

Les extraits de plantes sont des Biostimulants qui contiennent un grand nombre de composés bioactifs. Ces composés sont capables d'améliorer divers processus physiologiques qui stimulent la croissance des plantes et développement et augmenter l'efficacité de l'utilisation des nutriments, en réduisant engrais sans effets néfastes sur les rendements et leurs qualités (Bulgari et al., 2015). Notre travail consiste à étudier la réponse physiologique et

Introduction générale

biochimique et morphologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action combinée de la salinité par l'application de deux concentrations NaCl, en présence des exsudats racinaires de *Salicornia europaea* L.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

1. La salinité :

La salinité est une menace majeure pour l'agriculture moderne, entraînant l'inhibition et l'altération de la croissance et du développement des cultures. (ALEXANDRA Elbakyan 2019).

2-Salinité du sol :

La salinisation des sols est une menace majeure pour la sécurité alimentaire mondiale et la biodiversité des écosystèmes naturels (shabala.S 2020) .

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup des pays du monde. Elle est considérée comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole . Rozema J. and Flowers T. (2008) et Abd-Latef A. (2010).

Dans les écosystèmes arides et semi arides, la salinité résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol et d'une fluctuation de la pluviométrie. Dans de telles situations, l'agriculteur adopte des pratiques d'irrigation. Avec le temps, les sels s'accumulent et provoquent la salinisation des sols. Aujourd'hui, 20% des terres cultivées et près de la moitié des terres irriguées sont affectées par la salinité , au total 6% de la surface terrestre . Abdelly C.et al (2005).et Cécile V. (2014).

2-Origine de la salinité des sols :

Il y a deux causes principales de la salinité

2.1-salinité primaire (processus naturel)

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique », on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses. - Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006).

Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (Antipolis, 2003).

D'origine géologique, elle résulte de la combinaison des facteurs climatiques, hydrogéologiques, morphologiques, et morpho pédologiques. Sa localisation se limite à l'ouest du pays d'après la cartographie du 1/500.000 élaborée par Durand en 1953 et couvrant toute la partie septentrionale de l'Algérie

2.2-salinité secondaire (salinité induite anthropique)

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de «secondaires» dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Anonyme, 2006 et Le goupil, 1974), ou bien présence d'une nappe phréatique salées proche de la surface (DUCHAUFOR, 1983 ; ChERBUY, 1991 ; GIRARD et al, 2005).

Dans ce cas, le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique. Par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée. Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphie SANDA (ABBANI et ABDE-LALI , 2005). Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (MEMOUD, 2006).

3-Effet de la salinité sur les plantes :

Dans les sols salés, la salinité devient une menace permanente pour de nombreuses espèces végétales (GUPTA et SHARMA, 1990) affectant la croissance de la plante (LIU et ZHU, 1998) notamment pour la plupart des glycophytes (HAMDY et al ., 2002; BELKHODJA et BIDAI, 2004) et la production agricole (PITMAN et LAUCHLI, 2002).

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur la plante: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions (HOUALA et al ., 2007).

5.1.sur la physiologie des plantes :

Elle affecte des processus morphologiques, physiologiques et biochimiques, y compris la germination des graines, la croissance des plantes et la prise de l'eau et d'éléments nutritifs. Ces effets peuvent être des effets toxiques des ions spécifiques (Zhani et al., 2012).Deuxièmement, le bas potentiel osmotique du sol réduit l'eau disponible dans le sol causant le déficit physiologique de l'eau (Nichols et al., 2008 ; Selvakumar et al., 2012). Et troisièmement, la salinité produit également le déséquilibre nutritif des ions essentiels (Porcel et al., 2012).De plus, au niveau de la même plante, la croissance des différents organes ne présente pas le même degré de sensibilité à la salinité. En effet, le sel réduit la croissance des parties aériennes par la diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire. Par contre d'autres études rapportent l'inverse, les racines sont les plus affectée (HAJLAOUI et al., 2015).

5.2.Sur la Croissance et le développement :

La croissance de végétaux est perturbée par de trop fortes concentrations de sel. Des stress extrêmes de salinité conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire. Les feuilles deviennent sclérosées avant d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (BEN NACEUR et al ., 2001 ; CALU, 2006).

La salinité affecte tous les processus principaux, tels que la croissance, la photosynthèse, la synthèse de protéine et les métabolismes d'énergie et des lipides. La prise minérale par des racines est affectée en raison du déséquilibre dans la disponibilité de différents ions (PORCEL et al., 2012).

5.3.Sur la Germination :

Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production de grains (M'BAREK et al., 2001).

Cependant cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et la variété des plantes et cela, soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevée pour permettre la germination (KATEMBE et al., 1998) ou en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (DEBEZ et al., 2001).

Le sel diminue la vitesse de la germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin et de sa durée d'application. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination. La salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination (HAJLAOUI et al., 2007).

5.4.Effet sur la photosynthèse :

La salinité affecte la photosynthèse (LUCHLI et GRATTAN, 2007). La réduction de la photosynthèse peut être due à une série de facteurs qui ont été regroupés en deux catégories, la capacité biochimique des feuilles pour fixer le CO₂ et la diffusion de CO₂ par les stomates des sites de fixation (Luchli et Lutge, 2004). Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec un changement de la voie métabolique de fixation du carbone (LEVIGNERON et al., 1995).

5.5.Effet sur la nutrition minérale de la plante :

Le métabolisme azoté est également sévèrement affecté par le stress salin (LAAZIZA et al., 2003) et le métabolisme de carbone et touche à la nutrition minérale de la plante. Le sodium (Na⁺) s'accumulant dans les tissus végétaux (CORDOVILLA, 1995). En conditions de stress salin, l'alimentation minérale de la plante est perturbée. En effet, les ions Na⁺ perturbent l'absorption des cations (K⁺, Ca⁺⁺). Au niveau des racines. Le Na⁺ déplace le Ca⁺⁺ des parois cellulaires (HAJLAOUI et al., 2015).

6- Mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité :

La plante s'adapte par le déploiement de stratégies impliquant des mécanismes cellulaires de réponse visant à contourner et limiter les effets du sel, mais elle ne résiste pas au sens propre du terme, car les enzymes sont toujours sensibles et affectées par le Na Cl. Il n'existe pas actuellement d'enzymes sensibles au Na Cl; le sodium est toujours capable de remplacer le potassium qui agit comme cofacteur au niveau de site de fixation spécifique chez plus de 80 enzymes, et c'est ainsi que l'activité enzymatique n'est plus naturellement catalysée par le potassium mais au contraire inhibée (MOHSEN et al., 2011).

Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologique et biochimique (BEN NACEUR et al., 2001).

- La plante peut d'adapter au stress salin de différentes manières:

a. L'exclusion :

D'après Berthomieu et al. (2003), la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence de ramification de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles.

b.L'inclusion :

La plante capte le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes moléculaires" et ainsi le sel est isolé des constituants cellulaires vitaux (LEVITT, 1980; GENOUX et al., 1991; BERTHOMIEU et al., 2003).

c. L'ajustement osmotique :

L'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress. La plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster son potentiel hydrique (BELFAKIH et al., 2013). En effet, la tolérance à la salinité, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence (Garget al., 2002) grâce au phénomène d'ajustement osmotique qui apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique et s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active, des ions tels que les K⁺ (Parida et Das, 2005 ; Navarro et Rubio, 2006), des composés organiques tels que les sucres solubles et certains Amino-Acides comme la proline (Morant -Manceau et al., 2004).

De même des sucres solubles comme les sucres simples (glucose, fructose...), les sucres alcool (glycérol et inositol) et les sucres complexes (tréhalose, raffinose et fructane) ont été identifiés comme des composés impliqués dans l'ajustement osmotique (LAZREK, 2008). La proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et la régulation du pH (OTTOW et al., 2005). Si les ions Na⁺ et Cl⁻ sont accumulés dans les vacuoles de la cellule, les ions K⁺ et les solutés organiques devraient s'accumuler dans le cytoplasme et les

organites pour équilibrer la pression osmotique, glycine bêtaïne améliorent leur tolérance au stress salin (PRASAD et al., 2000).

d. Contrôle membranaire :

Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition par une même protéine de transport (Na^+ et K^+). D'un point quantitatif, la perméabilité membranaire au Na^+ ainsi que l'activité, la quantité et la sensibilité des antiports Na^+/H^+ membranaires évoluent pour s'adapter à un stress salin à long terme (NIU et al., 1995; TYERMAN and SKERETT, 1999).

L'homéostasie ionique au niveau des cellules est atteinte sous stress salin par les stratégies suivantes: i) exclusion des ions Na^+ des cellules par les canaux ioniques: anti-transport Na^+/H^+ , ou bien par la limitation d'entrée des ions Na^+ , ii) compartimentation de Na^+ dans des vacuoles intracellulaire pour un ajustement osmotique, iii) la sécrétion de Na^+ . Ainsi la régulation du transport ionique joue un rôle fondamental pour la tolérance au sel chez les plantes. L'analyse génétique d'un mutant d'Arabidopsis SOS (Salt Overly Sensitive) a permis l'identification des mécanismes (la voie SOS) qui régulent l'homéostasie cellulaire et la tolérance au sel (Zhu, 2002).

e. La régulation de croissance :

Maintenir une croissance racinaire constitue un caractère adaptatif dans un environnement de faible disponibilité en eau tel que le milieu salin. L'allongement racinaire peut être dû à une augmentation d'activité des enzymes impliquées dans la construction du cytosquelette: par exemple la xyloglucan endotransglycosylase (WU et al., 1994). L'autre cause peut être l'accumulation de proline (OBER et SHARP, 1994). Ces deux actions sont régulées par l'acide abscissique (ABA), qui est induit par le stress salin (JIA et al., 2002).

Ainsi chez le maïs, l'élongation racinaire est inhibée par la présence d'un inhibiteur de biosynthèse d'ABA. Mais elle peut être restaurée par un traitement des racines avec un inhibiteur de synthèse d'éthylène. Ces données suggèrent que l'élongation racinaire par l'intermédiaire de l'ABA doit être causée par une inhibition de biosynthèse d'éthylène (SPOLLEN et al., 2000).

1. Définition de stress :

Le stress est défini comme toute contrainte extérieure abiotique (salinité, chaleur, eau, etc.) ou biotique (herbivore) qui limite le taux de photosynthèse et réduit la capacité d'une plante à convertir l'énergie en biomasse. (GRIME 1977).

Les stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité (WANG et al., 2001; ARAUS et al., 2002). Naturellement, les plantes doivent donc s'adapter pour faire face aux agressions biotiques et abiotiques.

Les stress environnementaux abiotiques auxquels les plantes sont confrontées et qui peuvent affecter une culture et occasionner des pertes considérables dans le rendement sont les faibles et hautes températures, l'excès d'eau, le déficit hydrique, la salinité, la radiation et les produits chimiques (ARAUS et al, 2002; HOPKINS, 2003; BELKHODJA et BIDAI, 2004).

2.Stress salin :

Le stress salin est l'un des facteurs limitant les plus sérieux pour la croissance et la production des cultures. Sur la base de la nature, des caractéristiques et des relations de croissance des plantes dans les sols salins, deux principaux types de sols ont été définis par Szabolcs (1974). Ce sont les sols salins - les sels solubles sont principalement NaCl et Na₂SO₄ et contiennent parfois aussi des quantités appréciables de Cl⁻ et SO₄⁻ de Ca²⁺ et Mg²⁺ ; ces sols contiennent suffisamment de sels solubles neutres pour avoir un effet négatif sur la croissance de la plupart des plantes

Salicornia Europaea L

1. Structure chimique et activités biologiques des métabolites secondaires de *Salicornia europaea* L. :

Salicornia europaea L., également connue sous le nom de *Salicornia herbacea* L., est un halophyte appartenant à la sous-famille des Chénopodiacées avec de nombreux noms communs, notamment salicorne, haricots de mer, asperges de mer et salicorne [(Singh, Buhmann, Fleurs, Sceau, & Papenbrock, *AoB Plants* 2014)/

La composition chimique de *Salicornia herbacea* rapportée par le Korea National Fisheries Research and Development Institute est la suivante : teneur en humidité **90,9%**, **Fe 84,8 mg**, **Ca 650 mg**, **Na 1888,8 mg**, **Mg 50 mg**, **K 650 mg**, **Zn 29,6 mg**, et **I 70 mg** pour **100 g** de poids sec. *S. herbacea* est riche en acides aminés (Min *et al.*, 2002); minéraux naturels (Tikhomirova *et al.*, 2008), et de nombreuses substances bioactives, telles que les phytostérols (Zhu *et Row*, 2010), les polysaccharides (Im *et al.*, 2006) et les composés phénoliques, y compris les flavonoïdes (Kim *et al.*, 2011)

2. les mécanismes de résistance à la salinité chez les halophytes (*salicornia europea*. L) :

Les halophytes ont ainsi développé plusieurs mécanismes dont la combinaison leurs permet de prospérer en milieu salé. Il s'agit de l'exclusion et l'inclusion ,deux principaux mécanismes qui expliquent la capacité de ces espèces à résister aux conditions de salinité élevée (Chedly Abdelly *et al.* 2008)

- L'exclusion du sel peut se faire à partir des feuilles par la sélectivité de l'absorption de Na^+ et Cl^- ou bien par les cellules des racines, le chargement préférentiel de K^+ au lieu de Na^+ par les cellules stellaires, et l'élimination du sel dans le xylème.
- L'inclusion ou la compartimentation du sel est un mécanisme efficace utilisé par les halophytes pour stocker l'excédent de sel (les ions de Na^+ et Cl^-) dans les vacuoles, grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux.

3. Aspects et mécanismes de l'halotolérance :

Généralement les réponses des plantes à un stress osmotique sont de deux sortes : détoxification de la cellule et maintien de l'homéostasie en vue de la restauration d'une croissance normale (*Zhu, 2002*).

- **La détoxification :**

La détoxification de la cellule végétale est l'un des mécanismes de l'halotolérance à long terme. Elle consiste à éliminer les radicaux en question soit par synthèse de taux élevés d'enzymes anti-oxydatives : catalase, peroxydase et glutathion-réductase (*Hernandez et al.2001*), soit par l'accumulation d'osmo-protecteurs (*Zhu, 2002*).

- **L'homéostasie :**

L'homéostasie, processus d'autorégulation pour le maintien de l'équilibre et l'adaptation aux changements externes, est réalisée par les plantes dans les environnements défavorables. L'homéostasie peut être ionique ou osmotique, dans les deux cas elle doit être restaurée (*Zhu, 2002*).

- a. L'homéostasie ionique
- b. L'homéostasie macromoléculaire

- **Synthèse de solutés compatibles :**

Il s'agit de solutés « compatibles », ainsi appelés, du fait qu'ils n'interfèrent pas avec la fonction cellulaire (la réplication de l'ADN, interactions ADN-protéines et les mécanismes métaboliques) quoique accumulés à de très fortes concentrations (*Yancey, 2001*).

- a. **Glycine bétaine (G.B)** :Elle joue un rôle majeur dans la stabilisation des structures des enzymes et des complexes protéiniques et dans le maintien de l'intégrité des membranes contre les effets délétères de l'excès de sel, du froid, de la chaleur et la congélation (*Murata, 2002*).

- b. **Proline** : La proline joue un rôle prépondérant dans le maintien de la turgescence et la protection des membranes et des systèmes enzymatiques ,essentiellement du complexe de transport d'électrons II (*Hamilton III et Heckathorn, 2001*).
- c. **Ectoïne** : L'introduction de gènes impliqués dans la voie biosynthétique de l'ectoïne dans les cellules de tabac conduit à une meilleure tolérance au choc hyper osmotique chez les plantes transgéniques (*Nakayama et al., 2000*).
- d. **Polyols**.
- e. **Sulfoniums tertiaires** .

Exsudats racinaires

Généralité :

Rhizodépôts est un terme plus juste qu'exsudats racinaires pour désigner ce qui est émis par une racine. Les rhizodépôts correspondent à l'ensemble des substances carbonées émises par une racine vivante et parmi lesquelles on va trouver les exsudats racinaires. (*Agronomie, écologie et innovation. n°79. septembre/octobre 2014*).

La rhizosphère est un environnement créé par des interactions entre les exsudats racinaires et les microorganismes (*Bell-Perkins et Lynch, 2002*). Cette zone d'interaction s'étend de quelques micromètres à plus de 2 mm en dehors de la surface racinaire (*Kennedy et de Luna, 2004*). Les bactéries dans la rhizosphère peuvent être symbiotiques ou non symbiotiques, ce qui peut définir leur mode d'action direct ou indirect (*Kumar et al., 2015*). Le système racinaire est la zone chimique où les composés phénoliques sont synthétisés et libérés. La composition de ces exsudats dépend de l'état physiologique de la plante, des espèces végétales et des micro-organismes présents (*Kang et al., 2010*). Selon *Barea et al. (2005)* la rhizosphère est divisée en trois : la rhizosphère, le rhizoplan et la racine elle-même .

La rhizosphère c'est la zone du sol influencée par les racines à travers les exsudats affectant les activités microbiennes. Le rhizoplan est la surface racinaire qui lie des particules du sol ; et en fin la racine qui est colonisée par les microorganismes. La concentration bactérienne dans la rhizosphère est de 10-1000 fois supérieure à celle du sol. Pour maintenir leurs effets bénéfiques dans la rhizosphère, les bactéries doivent être performantes et compétitives pour l'espace et les nutriments vis-à-vis de la microflore native (*Goudaa et al. 2018*), (*Boeuf et al., 1993*).

Nature des rhizodépôts et leur rôle dans la rhizosphère :

Une grande variété de composés organiques libérés par les plantes se trouve dans la rhizosphère. Ces composés se différencient en :

Exsudats : Ce sont des substances hydrosolubles de faible poids moléculaire tels que les sucres, les acides aminés, les acides organiques, les phytosidérophores, les flavonoïdes, les vitamines comme B1, B2, B6, la thiamine, la riboflavine, la pyridoxine et certaines hormones,. Elles sortent de la racine en suivant le gradient de concentration entre le cytosol de la racine et la solution du sol. La part des exsudats est la plus importante dans la rhizodéposition (*Uren, 2007*).

Sécrétions : Ce sont des composés de poids moléculaire le plus souvent élevé. Elles sont représentées par les mucilages, les polymères de carbo hydrates et les enzymes telles que des invertases, des cellobiases, des phosphatases. Leur libération dans le sol est dépendante du métabolisme énergétique. Elles jouent un rôle très important dans le maintien de la stabilité du sol (*Kennedy et de Luna, 2004*).

Mucilage : Il représente le matériel gélatineux présent à la surface des racines, au niveau de la zone d'élongation et d'absorption (*Uren, 2007*). Le mucilage est un mélange de racines dégradées par la microflore du sol, de cellules microbiennes et de produits de synthèse microbiennes, associés aux colloïdes du sol. Il est constitué en grande partie par des polysaccharides de poids moléculaire élevé et se présente sous la forme d'un réseau fibrillaire et granuleux (*Knee et al., 2001*).

Lysats : Ils sont libérés quand les cellules des tissus corticaux des racines s'autolysent, ils incluent aussi les cellules desquamées de la coiffe et les membranes cellulaires (*Bell-Perkins et Lynch, 2002*). La dégradation microbienne des parois permet par ailleurs de libérer le contenu cytoplasmique de ces cellules.

Gaz : Les gaz comme l'éthylène, le CO₂, le propylène, des alcools (éthanol, méthanol) et des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, propionaldéhyde) sont exportés vers le sol par respiration. Ils peuvent aussi influencer à distance la germination de spores fongiques (*Prescott et al., 1999*).

Les rhizodépôts impliquent un effet qualitatif et quantitatif sur la microflore de la rhizosphère (*Walker et al., 2003*). En effet, les débris racinaires, le mucilage et les exsudats représentent les plus importantes sources de matière organique apportée au sol (*Wheatley et al., 1990*). Ceux-ci sont impliqués dans de nombreux processus incluant le maintien du contact racine-sol, l'acquisition de nutriments, les associations plante/micro-organismes, la régulation de la croissance des plantes et la détermination des structures des communautés microbiennes dans la rhizosphère (*Whipps, 2001*). En effet, la flore rhizosphérique utilise soit les biomatériaux libérés comme source d'éléments nutritifs, soit être inhibée par eux (*Walker et al., 2003 ; Brimecombe et al., 2008*).

l'aubergine (Solanum melongena L.)

1. Généralités :

S. melongena est originaire de l'Inde et l'Indochine (*Tourte, 2005 ; Lewicki, 1974*). Elle se cultive en Inde depuis le siècle avant Jésus Christ. En Afrique, elle est cultivée dans les chaudes et tempérées (**GRUBBEN et Denton, 2004**).

L'aubergine de Brinjal (*Solanum melongena* L.) est une culture par temps chaud principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales du monde. Deux autres espèces d'aubergines cultivées, l'aubergine écarlate (*S. aethiopicum* L.). (**Daunay et Hazra, 2012**). et l'aubergine est une des espèces non tubéreuses de la morelle de nuit, importantes sur le plan agronomique et économique. Famille des solanacées. L'aubergine est cultivée depuis des siècles en Asie, en Afrique, en Europe et dans le Proche-Orient (*Bohs & Weese., 2010*).

L'aubergine (*S. melongena* L.) est une espèce diploïde ($2n = 24$), et est cultivée comme un légume qui donne des fruits comestibles immatures. Elle est pérenne mais est généralement cultivée comme une annuelle de saison chaude, sensible au gel (*Swarup 1995 ; Hassan et al. 2015*).

2. la systématique :

Suivant la classification de *Cronquist 1988*, nous avons la systématique suivante

Règne : Plantae

Sous -règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous - classe : Asteridae

Ordre: Solanales

Famille : Solanaceae

Genre : Solanum

Espèce : *Solanum melongena* L

3. Description botanique:

La plante d'aubergine est cultivée comme annuelle dans les pays tempérés. Dans les pays tropicaux, c'est une plante pérenne (*Grubben et Denton, 2004*). *S. melongena* est une plante atteignant 50 cm à 1,2 m de haut. Ces feuilles sont velues. Les fleurs sont de couleur blanche ou violette, solitaire et portées à l'aisselle des feuilles. Les fruits sont lisses allongés et de couleur violette sombre à maturité (*Bosser, 2000*).

4.Mode de culture :

Ces espèces d'aubergines se multiplient par des graines qui sont semées d'abord en pépinières pour produire des plantules qui seront transplantées en champs. Elles préfèrent un sol profond, fertile et humide riche en humus. Ces aubergines ont besoin de beaucoup de soleil et de température élevée (30°C-40°C).Cependant, il n'est pas possible de cultiver l'aubergine à des températures inférieures à 12 °C (*Nyabyenda,2005*). La plantation se fait par repiquage de jeunes plants de 6 à 7 semaines. De nos jours, la culture se fait souvent hors sol sous abri.

5.Importance économique et production mondiale :

L'aubergine est largement produite, car en 2016 la production mondiale était estimée à **plus de 51 288 170 millions de tonnes dont plus de 62% sont produites par la Chine, et en 2014 à 2017** environ 50 millions de tonnes d'aubergines cultivées sont Produite sur plus de 1 800 000 ha dans le monde (*FAOSTAT, 2014, consulté le 03.08.2017*).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'étude :

Ce travail vise à étudier le comportement physiologique et biochimique et morphologique de l'aubergine (*Solanum melongena*L.) soumise à l'action combinée de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), et les exsudats racinaires de *Salicornia Europaea*L.

2- Condition de la réalisation de l'essai

a. Localisation de l'essai

L'essai est réalisé dans la faculté de sciences de la Nature et de la Vie l'université Ibn KHALDOUN Tiaret dans une serre semi-contrôlée.



Figure 2 : Serre en plastique semi-contrôlée(*photo originale, 2021*).

b. Matériel biologique utilisé

Cette étude comporte la variété classique hybride F1 de l'aubergine (*Solanum Melongena*L.), fournie par la société CLAUSE d'origine thaïlandaise. Elles ont été choisies en raison de leur meilleur taux de germination, la croissance rapide et la biomasse importante de la variété en question.

Les échantillons de la salicorne d'europe (*Salicornia europaea*L.) ont été prélevés à partir de la région de TISMSSILT.

3. Préparation et semis des graines :

a. La pré-germination :

Les graines de la variété classique ont été désinfectées par plusieurs trempages dans une solution d'hypochlorite de sodium pendant 5 minutes et puis en les rinçant avec de l'eau distillée. La pré-germination a été effectuée dans des boîtes en plastique propres et stériles maintenues sous une température au voisinage de 25°C.

b. Le repiquage des plantules :

Après la germination des graines, les plantules ont été repiquées soigneusement dans des gobelets en plastique contenant une tourbe commerciale à raison de deux plantes par pot de culture, irriguées avec de l'eau de robinet trois fois par semaine pendant 15 jours.



Figure 02 :le repiquage des plantules de l'aubergine (photo originale, 2021).

c. La transplantation :

Les plantules de l'aubergine seines et uniformes ont été transplantés dans pots en plastique de diamètre de 33cm et de hauteur de 72cm, préalablement remplis desable, à raison d'une plantule par pot.



Figure03:Tranplantation des petites plantules d'aubergine (photo originale, 2021).

4. Préparation des différentes solutions d'irrigation :

Les plantes étaient maintenues à la capacité au champ tout le long de la période de l'essai. L'irrigation a été alternée entre l'utilisation de l'eau de robinet seule et l'utilisation de la solution nutritive. La solution nutritive a été appliquée pour favoriser la croissance végétale normale et éviter les problèmes de déficit nutritionnel.

Tableau 1 .Composition chimique de la solution nutritive (activeg puissance 20) retenue pour l'irrigation des plantes

Elément majeur	Oligo-élément
Azote.....20%	Bore.....300ppm
Phosphore.....20%	Cuivre.....60ppm
Potassium.....20%	Fer(EDTA).....650ppm
Magnésium.....20%	Manganèse.....650ppm
Soufre.....20%	Zinc.....300ppm

a. Les solutions salines :

Deux concentrations salines de NaCl, 150 meq et 250 meq, en plus de témoin (irrigué seulement à la solution nutritive), ont été utilisées pour l'application de la salinité aux plantes de l'aubergine.

b. Préparation des exsudats racinaires des racines découpées (ERD) et broyés (ERB) de la salicorne d'europe (*Salicornia europaea* L.)

Les racines de la salicorne d'europe lavées complètement avec de l'eau distillée et après 15 jours de séchage, deux solutions mère ont été préparées à base des racines de la salicorne d'europe.

La première solution mère a été élaborée en découpant en petits morceaux les racines puis on pèse 10g du matériel végétal et on met cette quantité en solution avec 100 ml de l'eau distillée, dans un flacon hermétique unique par l'aluminium et placé dans un secoueur pendant 48 heures à une température ambiante du laboratoire. Après 48 heures, l'homogénat a été filtré par le biais du papier Wattman. La deuxième solution mère a été préparée en passant par le même principe de la préparation de la solution mère des racines découpées sauf que les racines vont subir un broyage afin d'obtenir une poudre plus ou moins fine à l'aide d'un mixeur. Chaque solution mère a été diluée deux fois et conservée à une température de 4°C (Behravan et al., 2019).

5. Application de stress :

Deux concentrations salines de NaCl, 150 meq et 250 meq, en plus de témoin (irrigué seulement à la solution nutritive), ont été utilisées pour l'application de la salinité aux plantes de l'aubergine. Ces mêmes lots ont subi un apport exogène des ERB et des ERD afin de contrebalancer les effets nocifs de la salinité. Le stress salin a été appliqué aux stades de 5 feuilles de la plante, qui a duré 15 jours avant le déterrement.

6. Le dispositif expérimental :

Ce dispositif est composé de 3 blocs, chaque bloc est constitué de 3 lignes de trois répétitions qui correspondent chacune à une dose. Les plantes du premier bloc ont subi seulement le NaCl seul avec deux concentrations, 150 et 250 meq de NaCl. Alors que pour le deuxième bloc, les mêmes concentrations salines, sont ajoutées aux ERB, dont le

témoin est irrigué à la solution des ERB préparée à la base de la solution nutritive. Concernant le troisième bloc, aussi les mêmes concentrations salines sont ajoutées aux ERB, dont le témoin est irrigué à la solution des ERB préparée à la base de la solution nutritive.

7. Les paramètres étudiés :

7.1. La teneur des sucres solubles :

Les sucres simples ont été dosés par la méthode de **Schiels et Burnett (1960)**. Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique.

Ce dernier très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu vert avec l'anthrone.

Mille milligrammes de matériel végétal prélevé (100mg) ont été introduits dans des tubes à essai contenant 4ml d'éthanol 80% pendant 24 heures.

On prélève 1ml de l'extrait obtenu, à laquelle sont ajoutés 2ml de réactif composé de 0.02g d'anthrone pure + 100ml d'acide sulfurique (H₂SO₄). Le réactif d'anthrone doit être préparé 4 heures avant la réalisation des essais.

L'ensemble a été délicatement mélangé et maintenu dans la glace fondante. Après agitation, les tubes ont été placés au bain marie à 92°C pendant 8min, puis refroidis pendant 30min à l'obscurité. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde $\lambda = 585\text{nm}$ au spectrophotomètre après étalonnage de l'appareil par une solution contenant 1ml d'éthanol 80% + 2ml de réactif d'anthrone ; la teneur en sucres solubles des échantillons était exprimée en mg/g de MF en référence à une gamme étalon de glucose.

7.2. La teneur relative en eau (TRE) :

La teneur relative en eau a été déterminée selon la méthode de **Sangakkara et al., (1996)**. Les feuilles excisées à la base sont immédiatement pesées, c'est le poids initial (P_i) elles sont ensuite introduites dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à une température de 4°C pendant 24 heures à l'abri de la lumière..... Les feuilles sont retirées délicatement, essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau, c'est le poids en pleine turgescence (P_{pt}). Le poids sec des feuilles (P_s) est déterminé par le passage dans l'étuve à une température de 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est déterminée par la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = \frac{(\text{P}_{\text{Fi}} - \text{P}_{\text{s}})}{(\text{P}_{\text{pt}} - \text{P}_{\text{s}})} \times 100$$

7.3. Les biomasses aériennes et racinaires :

7.3.1. Les biomasses aériennes (fraîches et sèches) :

Les biomasses aériennes, que soit fraîches ou sèches, étaient déterminées en utilisant une balance de précision. Les poids frais ont été directement déterminés après la récupération de l'organe. Les poids secs ont été obtenus après le passage des organes 48h en étuve à 80°C.

7.3.2. Les biomasses racinaires (fraîches et sèches) :

Dans le but d'observer le développement racinaire, après 15 jours de stress nous avons procédé de la manière suivante : les pots sont soigneusement vidés de leur contenu, les racines sont dégagées des particules de substrat à l'aide d'un jet d'eau, puis placées sur des contre plaqués afin d'être séchées de l'excès d'eau. Les mesures ont porté sur les caractéristiques d'enracinement (le volume et le poids).

a. Le volume racinaire

Le volume des racines a été 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 (baba sidi-kaci, 2010).

b. Le poids frais et sec des racines

La pesée des racines s'est effectuée sur du papier aluminium placée sur balance de précision.

c. Le poids sec des racines

Les échantillons ont été placés dans une étuve à une température de 105°C, pendant 24h pour être séchés puis pesés avec une balance de précision.

8. Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont subi un traitement statistique par l'analyse de la variance avec un seuil de sécurité de 5% à l'aide du logiciel SPSS version 20.

Analyse des résultats

RÉSULTATS

1. la teneur relative en eau (TRE)

L'analyse statistique des résultats de la teneur relative en eau indique qu'il y a une variation très significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.001$). Ainsi que ce paramètre est très dépendant de l'apport des exsudats des racines découpés ou broyés aux lots irrigués au NaCl ($p < 0.001$). On note aussi il y a une différence très significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p < 0.05$).

Tableau 01 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur relative en eau des feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyés et découpés.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,000**
ERB	1	,000 **
ERD	1	,000 **
NaCl*ERB	2	,003 *
NaCl* ERD	2	,037 *

*** : très significative

* : significative

ns : non significative

Les résultats obtenus (Fig. 01) montrent que la teneur relative en eau diminue fortement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl, elle présente respectivement un taux de diminution de 30.81% et 45.82% par rapport au témoin (0 meq).

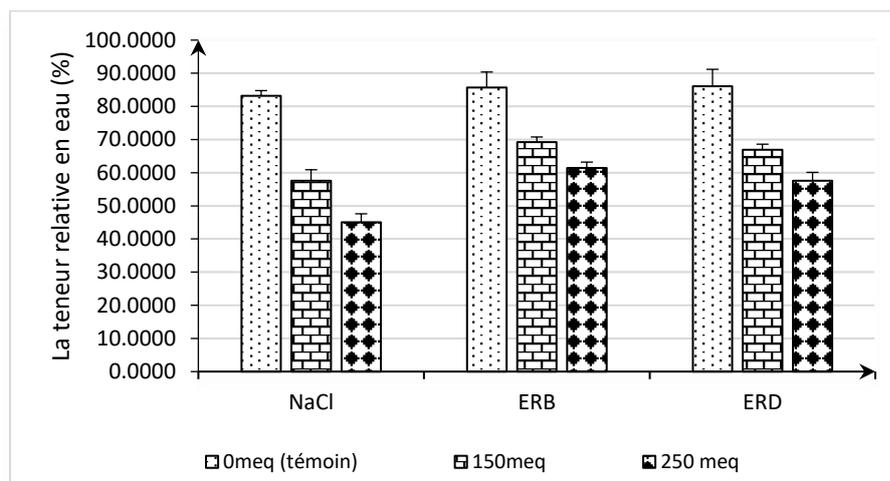


Figure 01 : Teneur relative en eau (%) des feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Lorsque les ERB sont appliqués sur les plantes stressées au NaCl, la teneur relative en eau baisse façon très significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, la teneur relative en eau enregistre respectivement un taux de diminution de 19.24 % et 28.36% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer très significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, la teneur relative en eau enregistre respectivement un taux de diminution de 22.25 % et 33.09% par rapport au témoin ERD.

La TRE des feuilles des plantes recevant le NaCl en présence des ERB et des ERD augmente significativement par rapport à celles des feuilles stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation de 20.27% et 36.22% (ERB+NaCl par rapport au NaCl), et de 16.33% et 27.82% (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

2. la teneur en sucres solubles

L'analyse statistique des résultats de que la teneur en sucres solubles (tab. 02) montre qu'il y a une variation très significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.001$). Ainsi que ce paramètre est très dépendant de l'apport des exsudats des racines découpés ou broyés aux lots irrigués au NaCl ($p < 0.001$). On note aussi il y a une différence très

significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p < 0.001$).

Tableau 02 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur en sucres solubles des feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,000**
ERB	1	,000 **
ERD	1	,000 **
NaCl*ERB	2	,000 **
NaCl* ERD	2	,001 **

Les résultats obtenus (Fig. 01) montrent que la teneur en sucres solubles augmente fortement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl, elle présente respectivement un taux d'augmentation de 49.12% et 92.98% par rapport au témoin (0 meq).

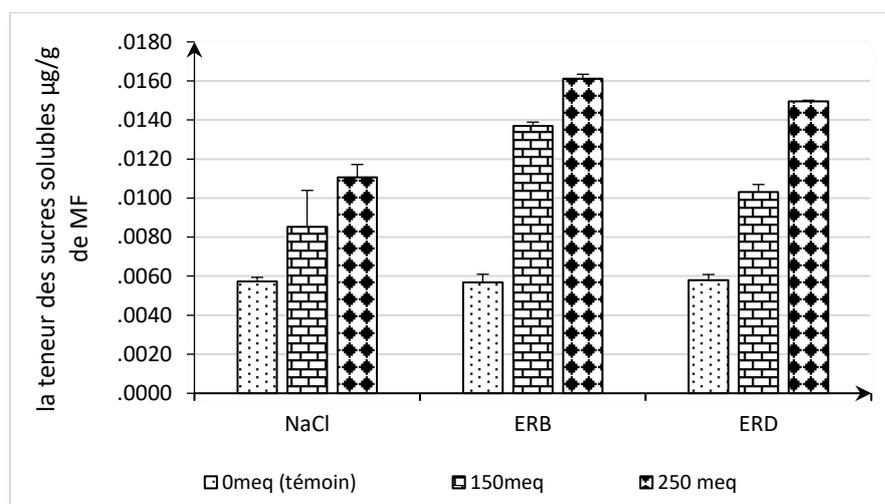


Figure 02 : Teneur en sucres solubles dans feuilles du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Lorsque les ERB sont appliqués sur les plantes stressées au NaCl, la teneur en sucres solubles augmente de façon très significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, la teneur en sucres solubles enregistre

respectivement des taux d'augmentation de 140.35 % et 182.46% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi d'augmenter très significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, la teneur en sucres solubles enregistre respectivement des taux d'augmentation de 77.59 % et 156.9% par rapport au témoin ERD.

La teneur en sucres solubles dans les feuilles des plantes recevant le NaCl en présence des ERB et des ERD augmente très significativement par rapport à celles des feuilles stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation de 61.17% et 45.04% (ERB+NaCl par rapport au NaCl), et de 21.18% et 34.23% (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

3. Le volume des racines :

L'analyse statistique des résultats du volume racinaire (tab.03) indique qu'il y a une variation significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.05$). Cependant des exsudats racinaires sur les plantes stressées par la salinité ne présente aucun effet significatif sur l'élaboration de ce paramètre ($p > 0.05$). On note aussi qu'il n'y a pas de différence significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p > 0.05$).

Tableau 03 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) du volume racinaire du génotype classique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,020*
ERB	1	,544
ERD	1	,124
NaCl*ERB	2	,821
NaCl* ERD	2	,579

Les résultats obtenus (Fig. 03) montrent que le volume racinaire chez le témoin est de 54.97 ml, il diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl, ce paramètre inscrit respectivement un taux de diminution de 9.09% et 10.9% par rapport au témoin (0 mmol de NaCl).

Lorsque les ERB sont appliqués sur les plantes stressées au NaCl, le volume racinaire diminue de façon non significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, le volume racinaire enregistre respectivement un taux de diminution de 6.40 % et 7.43% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer non significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, le volume racinaire enregistre respectivement un taux de diminution de 4.6 % et 4.97% par rapport au témoin ERD.

Le volume racinaire des plantes recevant le NaCl en présence des ERB et des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation de 2.32% et 3.25% (ERB+NaCl par rapport au NaCl), et de 5.32% et 7.4% (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

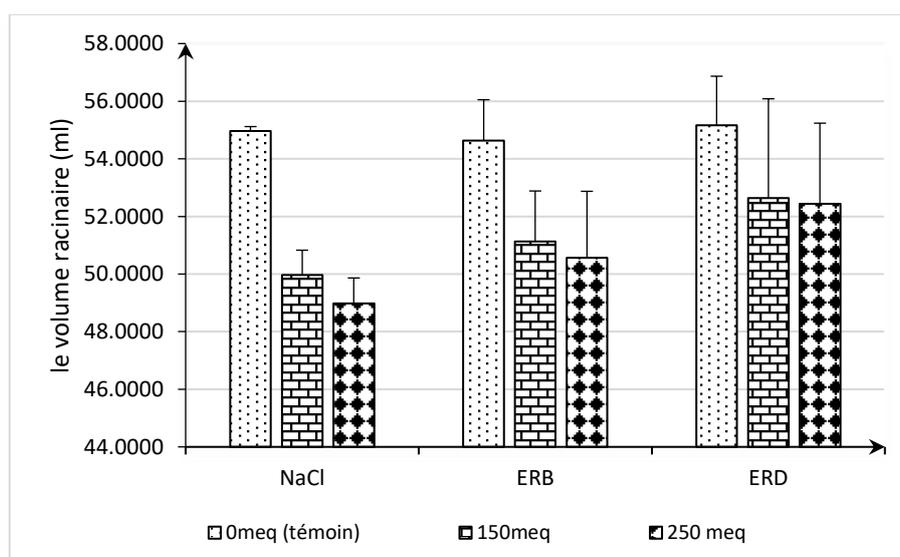


Figure 03 : le volume racinaire du génotype classique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumise aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

4. La biomasse racinaire fraîche:

L'analyse statistique des résultats du poids de la biomasse fraîche racinaire (tab.04) montre qu'il y a une variation significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.05$). Cependant des exsudats racinaires sur les plantes stressées par la salinité ne présente aucun

effet significatif sur l'élaboration de ce paramètre ($p > 0.05$). On note aussi qu'il n'y a une pasde différence significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p > 0.05$).

Tableau 04: Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) dupoids de la biomasse fraîche racinaire du génotypeclassic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.)soumises aux traitements salins au NaCl en présence desexsudats racinaires des racines broyés etdécoupés.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,040*
ERB	1	,783
ERD	1	,585
NaCl*ERB	2	,906
NaCl* ERD	2	,908

Les résultats obtenus (Fig. 04) indiquent que le poids de la biomasse fraîche racinairechez le témoin est de 55.42g, il diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250meq de NaCl, ce paramètre inscrit respectivement un taux de diminution de 10.30% et 12.21% par rapport au témoin (0 mmol de NaCl).

Lorsque les ERB sont appliqué sur les plantes stressées au NaCl,le poids de la biomasse fraîche racinairdiminue de façon non significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse fraîche racinaire enregistre respectivement un taux de diminution de 10.86 % et 8.79% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer non significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, le poids de la biomasse racinaire fraîcheenregistre respectivement un taux de diminution de 9.95 % et 8.34% par rapport au témoin ERD.

le poids de la biomasse racinaire fraîche des plantes recevant le NaCl en présence des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation au NaCl), et de 1.25% et 5.3% (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

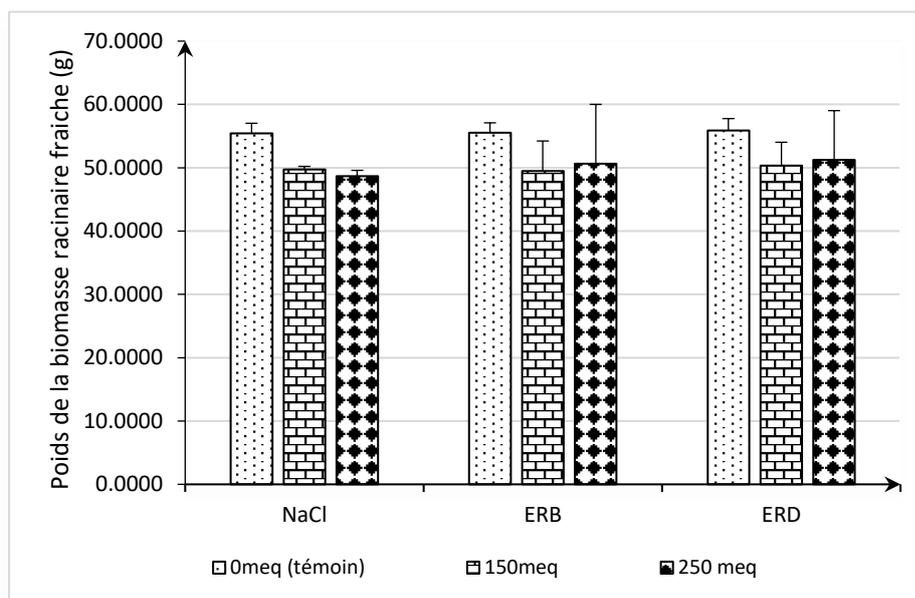


Figure04 : Variation des poids de la biomasse racinaire fraîche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpés.

On remarque que sous la concentration 150 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse racinaire fraîche diminue de 0.46% par rapport à celui des plantes recevant le NaCl ce qui est le cas contraire lorsque les plantes sont sous la concentration 250 meq de NaCl ou ce paramètre augmente de 4.07% par rapport aux lots irrigués au NaCl.

5. La biomasse racinaire sèche:

L'analyse statistique des résultats du poids de la biomasse sèche racinaire (tab.05) montre qu'il y a une variation significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.05$). Cependant des exsudats racinaires sur les plantes stressées par la salinité ne présente aucun effet significatif sur l'élaboration de ce paramètre ($p > 0.05$). On note aussi qu'il n'y a une pas de différence significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p > 0.05$).

Tableau 05 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P= 0.05$) du poids de la biomasse racinaire sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpés.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,044*
ERB	1	,892
ERD	1	,647
NaCl*ERB	2	,888
NaCl* ERD	2	,967

Les résultats obtenus (Fig. 05) indiquent que le poids de la biomasse racinaire sèche chez le témoin est de 12.4g, il diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250meq de NaCl, ce paramètre inscrit respectivement un taux de diminution de 19.76% et 20.32% par rapport au témoin (0 mmol de NaCl).

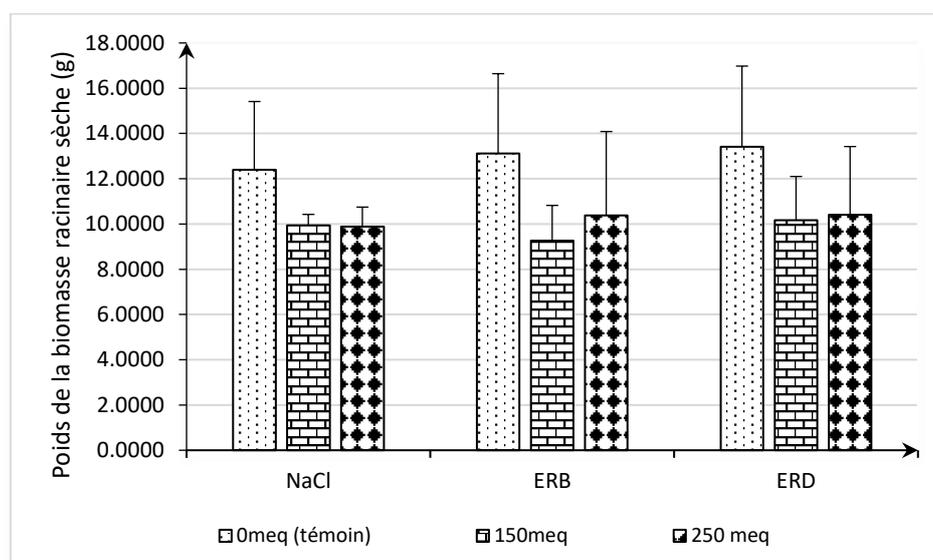


Figure 05 : Variation des poids de la biomasse racinaire sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpés.

Lorsque les ERB sont appliqué sur les plantes stressées au NaCl, le poids de la biomasse racinaire sèche diminue de façon non significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse racinaire sèche enregistre respectivement un taux de diminution de 29.82 % et 20.82% par

rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer non significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, le poids de la biomasse racinaire sèche enregistre respectivement un taux de diminution de 24.21 % et 22.50% par rapport au témoin ERD.

le poids de la biomasse racinaire sèche des plantes recevant le NaCl en présence des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation au NaCl), et de 2.21% et 5.26 % (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

On remarque que sous la concentration 150 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse racinaire sèche diminue de 6.93% par rapport à celui des plantes recevant le NaCl ce qui est le cas contraire lorsque les plantes sont sous la concentration 250 meq de NaCl ou ce paramètre augmente de 2.2% par rapport aux lots irrigués au NaCl.

6. La biomasse aérienne fraîche:

L'analyse statistique des résultats du poids de la biomasse aérienne fraîche (tab.06) montre qu'il y a une variation significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.05$). Cependant des exsudats racinaires sur les plantes stressées par la salinité ne présente aucun effet significatif sur l'élaboration de ce paramètre ($p > 0.05$). On note aussi qu'il n'y a une pas de différence significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p > 0.05$).

Tableau 06: Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) du poids de la biomasse aérienne fraîche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,014*
ERB	1	,421
ERD	1	,292
NaCl*ERB	2	,841
NaCl* ERD	2	,767

Les résultats obtenus (Fig. 06) montrent que le poids de la biomasse aérienne fraîche chez le témoin est de 76.8g, il diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl, ce paramètre inscrit

respectivement un taux de diminution de 12.06% et 13.32% par rapport au témoin (0 mmol de NaCl).

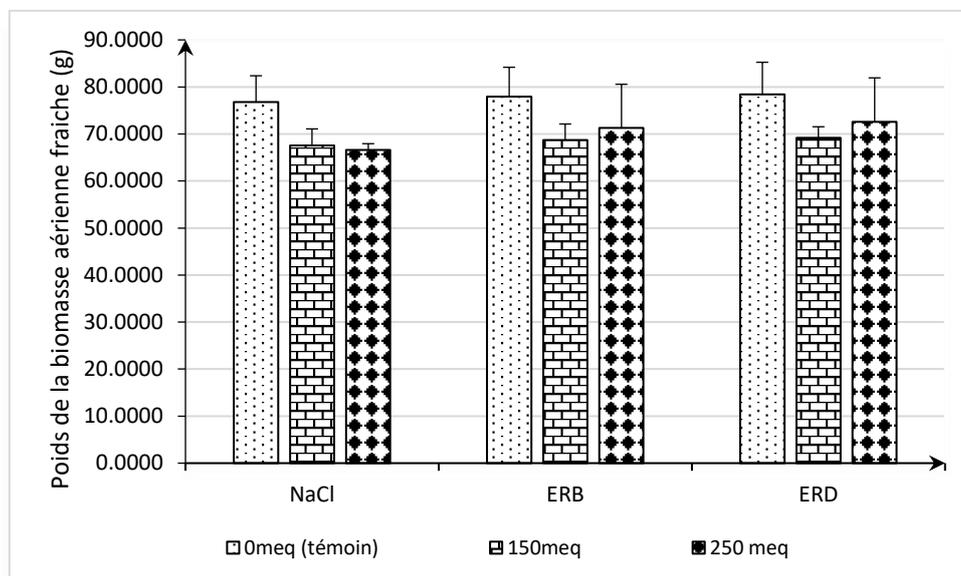


Figure 06 : Variation des poids de la biomasse aérienne fraîche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpés.

Lorsque les ERB sont appliqués sur les plantes stressées au NaCl, le poids de la biomasse aérienne fraîche diminue de façon non significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse aérienne fraîche enregistre respectivement un taux de diminution de 11.87 % et 8.57% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer non significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, le poids de la biomasse aérienne fraîche enregistre respectivement un taux de diminution de 11.76 % et 7.44% par rapport au témoin ERD.

le poids de la biomasse aérienne fraîche des plantes recevant le NaCl en présence des ERB et des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation de 1.72% et 7.04% (ERB+NaCl par rapport au NaCl), et de 2.41% et 9% (ERD+NaCl par rapport au NaCl).

7. La biomasse aérienne sèche:

L'analyse statistique des résultats du poids de la biomasse aérienne sèche (tab.07) montre qu'il y a une variation significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.05$). Cependant des exsudats racinaires sur les plantes stressées par la salinité ne présente aucun effet significatif sur l'élaboration de ce paramètre ($p > 0.05$). On note aussi qu'il n'y a une pas de différence significative de ce paramètre entre les traitements salins et ceux en présence des exsudats racinaires ($p > 0.05$).

Tableau 07: Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) du poids de la biomasse aérienne sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées.

Sources de variation	DII	P
NaCl	2	,010*
ERB	1	,978
ERD	1	,410
NaCl*ERB	2	,536
NaCl* ERD	2	,826

Les résultats obtenus (Fig. 07) montrent que le poids de la biomasse aérienne sèche chez le témoin est de 16.41g, il diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl. Sous les concentrations 150 et 250 meq de NaCl, ce paramètre inscrit respectivement un taux de diminution de 8.71% et 4.63% par rapport au témoin (0 mmol de NaCl).

Lorsque les ERB sont appliqués sur les plantes stressées au NaCl, le poids de la biomasse aérienne sèche diminue de façon non significative par rapport au témoin (ERB). Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse aérienne sèche enregistre respectivement un taux de diminution de 11.08 % et 12.73% par rapport au témoin ERB. L'action combinée de NaCl et ERD permet aussi de diminuer non significativement ce paramètre. Sous la concentration 150 et 250 meq de NaCl en présence des ERD, le poids de la biomasse aérienne sèche enregistre respectivement un taux de diminution de 8.77 % et 8.59% par rapport au témoin ERD.

Sous la concentration 150 meq de NaCl en présence des ERB et des ERD, le poids de la biomasse aérienne sèche augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl en enregistrant respectivement des taux d'augmentation de 1.20% et de 4.20%.

On remarque que sous la concentration 250 meq de NaCl en présence des ERB et des ERD, le poids de la biomasse aérienne sèche diminue de manière non significative par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl pour enregistrer respectivement des taux de 4.92% et de 0.06%.

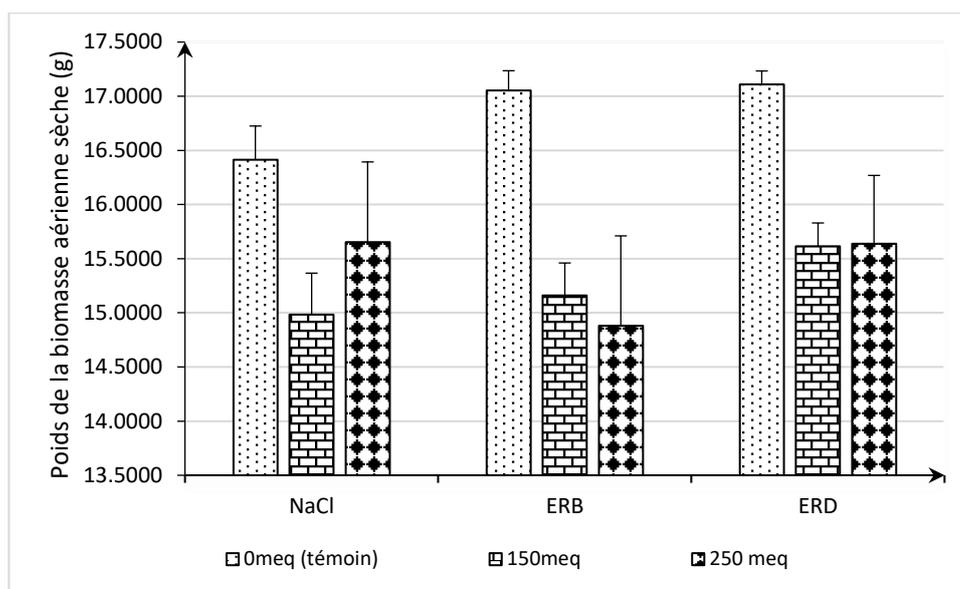


Figure 07 : Variation des poids de la biomasse aérienne sèche du génotype classic de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumises aux traitements salins au NaCl en présence des exsudats racinaires des racines broyées et découpées

Discussions

Discussions :

BLUM (1989), indique que l'évaluation de la teneur en eau des tissus constitue un paramètre de référence de la prédiction du déficit hydrique qui s'exprime par des pertes de turgescence des tissus végétaux. Cette stratégie regroupe l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de maintenir un potentiel hydrique élevé, évitant la déshydratation des tissus et le maintien de son métabolisme cellulaire. Cette situation peut s'opérer grâce à deux voies principales ; la première consiste en une meilleure efficacité d'absorption de l'eau, à travers une modification de la dynamique de croissance (MUKHERJEE et al, 1991). Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (Wang et al., 2001). Les biostimulants naturels pour la croissance des plantes sont intensément utilisés de nos jours pour la culture des plantes dans des conditions normales et défavorables (Taia A et al., 2017). Les extraits des plantes ont également la capacité d'améliorer la tolérance au stress chez nombreuses espèces de plantes par augmentation de la concentration des molécules bioactives, notamment des antioxydants dans les plantes traitées (Bulgari et al., 2015). Pour cette raison nous avons choisi à mener cette étude sur la réponse physiologique et biochimique et morphologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action combinée de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), et les exsudats racinaires de *Salicornia europaea* L.

Les résultats enregistrés mènent aux conclusions suivantes :

La teneur relative en eau diminue fortement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl ($r = -0,896^{**}$). Elle baisse aussi très significativement au niveau des feuilles stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires.

La TRE des feuilles des plantes recevant le NaCl en présence des ERB et des ERD augmente significativement par rapport à celles des feuilles stressées par le NaCl.

La TRE du blé et le mil à chandelle a été significativement réduits par le stress salin (Yadav T, 2020). MONNEVEUX en 1992 considère que l'état de turgescence cellulaire constitue un indice très efficace dans la quantification de l'intensité du déficit hydrique sur le végétale d'un côté et le criblage des génotypes les plus adaptés au manque d'eau. La transpiration évaluée à travers la perte d'eau par la feuille excisée constitue toujours un indice d'estimation plus disponible d'adaptation et de productivité en zone d'alimentation hydrique limitante (CLARK

et *al.*, 1989). Selon une étude réalisée sur l'aubergine (AMIRA et *al.*, 2014), l'extrait d'algues pourrait diminuer l'effet d'un faible stress salin. Un biostimulant comme l'extrait aqueux de *Moringa* appliqué sur les cultures stressées permet de les aider à surmonter les effets négatifs du stress de pénurie d'eau (TAIA A et *al.*, 2017).

La teneur en sucre solubles augmente de manière hautement significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl ($r=0.872^{**}$). Elle augmente aussi de façon très significative au niveau des feuilles stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires.

La teneur en sucres solubles dans les feuilles des plantes recevant le NaCl en présence des exsudats racinaires augmente très significativement par rapport à celles des feuilles stressées par le NaCl. Ce paramètre paraît plus élevé chez les plantes stressées par la salinité en présence des ERB qu'en présence des ERD.

La croissance des plantes est souvent affectée par un fonctionnement physiologique et cellulaire entravé en raison de la salinité et du stress hydrique (Yadav T, 2020). La salinité provoque une accumulation significative d'osmolytes organiques (Elhakem ,2020). Les biostimulants sont capables d'améliorer divers processus physiologiques qui stimulent la croissance des plantes et développement et augmenter l'efficacité de l'utilisation des nutriments, en réduisant engrais sans effets néfastes sur les rendements et leurs qualités (Bulgari et *al.*, 2015).

Le volume racinaire diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl ($r= -,557^{**}$). Alors que ce paramètre baisse de façon non significative chez les plantes stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires. Le volume racinaire des plantes recevant le NaCl en présence des exsudats racinaire augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl. Le stress salin a réduit la croissance du tournesol (Noreen, 2008).

-Le poids de la biomasse racinaire fraîche diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au NaCl ($r=-,474^{**}$). Ce paramètre baisse de façon non significative chez les plantes stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires. Le poids de la biomasse racinaire fraîche des plantes recevant le NaCl en présence des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl. Sous la concentration 250 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse racinaire

fraiche augmente de façon non significative par rapport à celui des plantes recevant le NaCl en enregistrant un taux de 4.07%.

-Le poids de la biomasse racinaire sèche diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au Na Cl. Ce paramètre baisse de façon non significative chez les plantes stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires. Le poids de la biomasse racinaire sèche des plantes recevant le Na Cl en présence des ERD augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le Na Cl. Sous la concentration 150 meq de NaCl en présence des ERB, le poids de la biomasse racinaire sèche diminue de 6.93% par rapport à celui des plantes recevant le Na Cl alors qu'il augmente chez les lots irrigués au 250 meq de Na Cl.

Le poids de la biomasse aérienne fraîche et sèche diminue significativement en fonction de l'augmentation des concentrations au Na Cl. Alors qu'il baisse de façon non significative chez les plantes stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires. Le poids de la biomasse aérienne fraîche des plantes recevant le Na Cl en présence des exsudats racinaires augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl.

Sous la concentration 150 meq de Na Cl en présence des ERB et des ERD, le poids de la biomasse aérienne sèche augmente non significativement par rapport à celui des plantes stressées par le NaCl, alors qu'il augmente légèrement sous la concentration 250 meq de NaCl pour enregistrer respectivement des taux de 4.92% et de 0.06%.

Conclusion

Notre travail consiste à étudier la réponse physiologique et biochimique et morphologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action combinée de la salinité par l'application de deux concentrations de 150 et 250 meq de chlorure de sodium (Na Cl), en présence des exsudats racinaires des racines découpées et broyées de *Salicornia europaea* L.

-Les résultats ont montré que la teneur relative en eau diminue fortement en fonction de l'augmentation des concentrations au Na Cl même en présence des exsudats racinaires. Alors que cette action combinée a fait augmenter significativement la TRE par rapport à celles des feuilles stressées par le Na Cl. La teneur en sucre solubles augmente de manière hautement significative en fonction de l'augmentation des concentrations de Na Cl même au niveau des feuilles stressées par la salinité en présence des exsudats racinaires. Cette teneur augmente très significativement dans les feuilles des plantes recevant le NaCl, et qui paraît plus élevé chez les plantes stressées par la salinité en présence des ERB qu'en présence des ERD. Le volume racinaire et le poids de la biomasse racinaire et aérienne fraîche et sèche diminuent significativement en fonction de l'augmentation des concentrations. Cependant il n'y a pas un effet de l'apport des exsudats racinaires sur ces paramètres morphologiques.

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

ABD EL-AZEEM, S. A., ELWAN, M. W., SUNG, J.-K., & SIK OK, Y. (2012). Alleviation of Salt Stress in Eggplant (*Solanum melongena* L) by Plant-Growth-Promoting. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 13033-1315.

Abdul Hafeez Laghari a,b , Shahabuddin Memon a,† , Aisha Nelofar b , Khalid Mohammed Khan c,† , Arfa Yasmin b., 2011. Determination of free phenolic acids and antioxidant activity of methanolic extracts obtained from fruits and leaves of *Chenopodium album*. *Food Chemistry* 126 (2011) 1850–1855.

AMIRA H, GHONAME A ,NAFEH A.,2014. Alleviation of Salt Stress Adverse Effect and Enhancing Phenolic Anti-oxidant Content of Eggplant by Seaweed Extract March 2015, *Gesunde Pflanzen* Volume 67, Issue 1, pp 21-31.

BAGHERI, M., BUSHEHRI, A., HASSANDIKHT, M., & NAHGAVI, M. (2017, Février 15). Evaluation of Solasonine Content and Expression Patterns of SGT1 Gene in Different Tissues of Two Iranian Eggplant (*Solanum melongena* L.) Genotypes. *Food Technol. Biotechno*, 55, 236.

BEN DOB , H., & KHOUILDAT , A. (2016, Mai 13). Action de la salinité et de l'acide silycique sur le comportement physiologique et anatomique des plantes d'*atriplex canescens* (Pursh) Nutt. OUARGLA, sciences biologique.

BENDERRADJI, L. (2013, novembre 17). SELECTION IN VITRO POUR LA TOLERANCE AUX STRESS SALIN ET THERMIQUE CHEZ LE BLE TENDRE (*Triticum aestivum* L.). Constantine, Biologie et Ecologie Végétale.

BERRACHED , I., & MEDDOUR , Z. (2013/2014). Dosage des sucres totaux chez une espèce xérophyte dans deux biotopes différents. OUARGLA, SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE.

BERTHOMIEU, P., CONEJERO, G., NUBLAT, A., BRAKENBURY, W., LAMBERT, C., SAVIO, C., et al. (2003). Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. *Embo Journal*, 2004-2011.

BERTHOMIEU, P., CONEJERO, G., NUBLAT, A., BRAKENBURY, W., LAMBERT, C., SAVIO, C.,, UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F.,GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAHP.A. , TESTER M.,VERY A.A., SENTENA C H., Casse F .(2003). Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Journal embo* .Vol 22 (9) .p 2004- 2014.

BISSATI , S., DJERROUDI , O., MEHANI , M., & BELKHODJA , M. (2011, 06 01). EFFET DU STRESS SALIN SUR DEUX PARAMÈTRES HYDRIQUES (TURGESCEANCE ET TRANSPIRATION) DE JEUNES PLANTS D'ATRIPLEX HALIMUS ET ATRIPLEX CANESCENS. Ouargla .

BLUM A., 1989- Breeding methods for drought resistance. In « Plant under stress » JONES, H.G., FLOWRES, T.J. and JONES, M.B. Eds. Cambridge University Press, Cambridge, p. 197-215.

BOUMIA, O. (2011). Interaction floridone et salinité sur la germination des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Oran, DEPARTEMENT DE BIOLOGIE .

BSOUL, E. Y., JARADAT, S., AL-KOFAHI, S., AL-HAMMOURI, A. A., & ALKHATIB, R. (2016). Growth, Water Relation and Physiological Responses of Three Eggplant Cultivars under Different Salinity Levels. *Biological Sciences*, 123-130.

Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A., 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hort.* 31, 1–17.

Chen C.P., Zhu X.G. and Long S.P., 2008- The effect of leaf-level spatial variability in photosynthetic capacity on biochemical parameter estimates using the Farquhar et al. (1980) model: a theoretical analysis. *Plant Physiol.* First published on August 20, 2008; 10.1104/pp.108.124024.

CHEN, N. C., T. Kalb, TALEKAR, N. S., WANG, F. J., & MA, C. H. (2002). Suggested Cultural Practices for Eggplant. Taiwan , Asian Vegetable Research and Development Center.

Chen Z., Pottosin I.I., Cuin T.A., Fuglsang A.T., Tester M., Jha D., Zepeda-Jazo I., Zhou M., Palmgren M.G., Newman I.A. and Shabala S., 2007a - Root Plasma Membrane Transporters Controlling K⁺/Na⁺ Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol.* 145: 1714-1725.

CINDY, J. (2009, juillet 01). contribution a l'élaboration d'un site internet de toxicologie végétale chez les ruminants : monographies des principales plantes incriminées d'après les données CNITV. 71. Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon.

CLARKE J.M., ROMAGOSA I., JANA S., SRIVASTAVA J.P., Mc.CAIG T.N., 1989 - Relationship of excised-leaf loss rate and yield of durum wheat in diverse environments. *Edit. Can. J. Plant. Sci.* Vol. 69, pp 1075-1081.

Cronquist, A. (1981) *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York, 248-250.

-Cronquist, A. (1988) *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. New York Botanical Garden, Bronx.

DE OLIVEIRA, F. S., DA SILVA, F. V., SOUTO, L. S., DE PAIVA, E. P., DE OLIVEIRA, A., DE ARAUJO, E. G., et al. (2016). Seedling development and tolerance of eggplant cultivars under saline stress. *Agricultural Research*, 2310-2315.

DEMIR, I., MAVI, K., OZCOBAN, M., & OKCU, G. (2003). Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*Solanum melongena* L) seeds during development. *plant sciences*, 125-131.

DIETMAR, K. (2015). Physiological mechanisms used by fish to cope with salinity stress. *The Journal of Experimental Biology*, 218, 1907-1914.

DJOUADI, A. (2012, JUIN 30). Evaluation de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de deux variétés de *Solanum melongena* L. de la région d'El-Oued par voltampérométrie cyclique et ondes carrées. 8-9. EL OUED.

FEKI, K., SAIBI, W., & BINI, F. (2016). Understanding Plant Stress Response and Tolerance to Salinity from Gene to Whole Plant. LONDON/NEW YORK.

GARG A, KIM A J , OWENS T G , RANWALA AP , CHOI Y D , KOCHIA L V .(2002). Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.USA. Vol 99 (25).p 15898-15903.

GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G.(1991). Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.

GHAMNIA, y. (2011-2013). action de la salinité sur les caractères physiologiques,biométriques,hydriques et minérales de la fève *Vicia faba* L. conduite dans un substrat sableux amendé à 7% de bentonite. 3. Oran, biologie.

GRUBBEN, G. (2004). Légumes.

HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M. M., BHOWMIK, P. C., HOSSAIN, A. M., RAHMAN, M. M., et al. (2014). Potential Use of Halophytes to Remediate Saline Soils. *BioMed Research International*, 12.

HORNECK, D., ELLSWORTH, J., HOPKINS, B., SULLIVAN, D., & STEVENS, R. (2007, Novembre). Managing Salt-affected Soils for Crop Production . Washington , University of Idaho .

IM S , KIM K, KILLE CH .(2006). Immunomodulatory activity of polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea*. *International Immunopharmacology*.vol 6(9).p1451-1458.

JEAN GRANIE, C. (2003). L'aubergine. Paris: Calligraphy rint, Rennes.

KIM J Y , J. CHO, J. MAA, K.Y. PARK, S. LEE, K. HAMD, H.J. LEE, K. PARK, J. MOON.(2011). Dicafeoylquinic acid derivatives and flavonoid glucosides from glasswort (*Salicornia herbacea* L.) and their antioxidative activity. *J Food Chemistry*. Vol 125 .p 55-62.

KNAPP, S., VORONTSOVA, M., & PROHENS, J. (2013, Février). Wild Relatives of the Eggplant (*Solanum melongena* L.;Solanaceae): New Understanding of Species Names in a Complex Group. 8. London

LAGHARI, A. H., MEMON, S., NELOFAR, A., KHAN, K. M., & ARFA, Y. (s.d.). Determination of free phenolic acids and antioxidant activity of methanolic extracts obtained from fruits and leaves of *chenopodium album*.

LAGHARI, A., MEMON, S., NELOFAR, A., KHAN, M. K., & ARFA, Y. (2011). Determination of free phenolic acids and antioxidant activity of methanolic extracts obtained from fruits and leaves of *chenopodium album*. *food chemistry*, 1850-1855.

LEVITT J.(1980). Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. *Ed Academic Press* .New York. Vol(2).p365- 406.

MAMARIL, V. R., SICAT, S. R., SISON, E., & Buño, T. S. (2013, Janvier). eggplant production guide. departement of agriculture.

MARKSCHIES, C. (2009, Juillet 31). Selection of new eggplant (*Solanum melongena*, L.) lines. Berlin.

MAZTINEZ, A. A. (2013, Décembre). Non-destructive approaches for quality evaluation of eggplant (*Solanum melongena* L. cv. Traviata). Canada, Department of Bioresource Engineering.

MIN JG, LEE DS, KIM TG, PARK JH, CHO TY, PARK DI.(2002). Chemical Composition of *Salicornia Herbacea* L. *Journal of Food Science and Nutrition* .Vol.7 (1).p105-107.

MONNEVEUX P.,1992 - Amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Doc. Chaire de phytotechnie ENSA-INRA Montpellier.

MUKHEREJEE S., BRAHMACHARI S.K. and SARKAR H.K., 1991- Variability study of root system in breed wheat (*Triticum aestivum* L.) at normal and restricted irrigation regimes. *Environment and Ecology* 9, p. 739-743.

Munns R., James R.A. and Läuchli A., 2006- Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57:1025–1043.

NOWAK, R., SZEWCZYK, K., GAWLIK-DZIKI, U., RZYMOWSKA, J., & KOMSTA, L. (2016). antioxidative and cytotoxic potential of some chenopodium lspecies growing in poland . *biological sciences*, 15-23.

PARIDA, A. K., & DAS, A. B. (2004, Aout 7). Salt tolerance and salinity effects on plants. India.

PRAKASH, D., & PAL, M. (1998). Chenopodium:seed protien, fractionation and amino acid composition. *International journal of food sciences and nutrition*, 271-275.

QINGZHEN, W., WUHONG, W., TIANHUA, H., HAUJIAO, H., WEIHAU, M., QINMEI, Z., et al. (2018, Mars 6). Genome-wide identification and characterization of Dof transcription factors in eggplant (*Solanum melongena* L.). *PeerJ*.

RADY, M. M., & MOHAMED, G. F. (2015). LODULATION OF SALT STRESS EFFECTS ON THE GROWTH:PHYSIO-CHEMICAL ATTRIBUTES AND YIELDS OF PHASEOLUS VULGARIS LPLANTS BY THE COMBINED APPLICATION OF SALICILIC ACID AND MORINGA OLEIFERA LEAF EXTRACT. *Sci.Hortic*, 105-113.

RAJESHWARI, V., & BHUVANESHWARI, V. (2017). Enhancing Salinity Tolerance in Brinjal Plants by Application of Salicylic Acid. *Plant Sciences*, 46-51.

REHMAN, M. Z.-u., MURTAZA, G., QAYYUM, M. F., SAIFULLAH, RIZAN, M., SHAFQAAT, A., et al. (2016, Septembre). Degraded Soils: Origin, Types and Management. 31. *Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives*.

REPO, C., VALENCIA, R., HELLSTO, M., PIHLAVA, J. M., & MATTILA, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compou n in andean indigenous grains: Quinoa (*chenopodium*

quinoa) Kan-iwa (*Chenopodium pallidicaule*) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem.* 128-133.

RHODRI, P., Thomas, & MORINI, S. (s.d.). MANAGEMENT OF IRRIGATION-INDUCED SALT-AFFECTED SOILS. Consulté le Juin 20, 2018, sur http://www.fao.org/tempref/agl/agll/docs/salinity_brochure_eng.pdf

SAWADOGO, H., CLAUDE, D., & HEBIE, I. (2001, octobre). ETUDE EXPERIMENTALE SUR LA PRODUCTION DE SEMENCES DE NOUVELLES VARIETES DANS LA REGION DE BAZEGA: CAS DE *Lactuca sativa* I:1 DES HYBRIDES F1 üE *Hibiscus esculentus* ET DE *Solanum melongena*. 72. OUAGADOUGOU, INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL.

SHANNON, M. C. (1997). ADAPTATION OF PLANTS TO SALINITY. California, United States Department of Agriculture.

SHIXIANG, Y., HAIYAN, L., & FUCHUN, Z. (2010). Variation of seed heteromorphism in *Chenopodium album* and the effect of salinity stress on the descendants. *Annals of Botany*, 1015-1025.

SONON, L. S., SAHA, U., & KISSEL, D. E. (2015, October). Soil Salinity Testing, Data Interpretation and Recommendations. The University of Georgia.

SZABOLCS. (1974). Amelioration of soils in salt affected AREAS. *J Soil Technology*.vol 2(4).p331-344.

TAIA A. Abd El-Mageeda,, Wael M. Semida, Mostafa M. Rady, 2017. Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 193 (2017) 46–54.

TIKHOMIROVA, N A.; USHAKOVA, SA.; TIKHOMIROV, ALEXANDER A.; KALACHEVA, GALINA S.; GROS JB .(2008). *Salicornia europaea* L. (fam. Chenopodiaceae) Plants as Possible Constituent of Bioregenerative Life Support Systems' Phototrophic Link. *Journal of Siberian Federal University Biology* .vol 1(2). P 118-125 .

ULLIO, L. (2003). NSW Agriculture. (W. SMITH, Éd.) Menangle: 3 ed State of New South Wales

WALLISER, J. (2014, Aout 12). 9 Diseases Killing Your Eggplant.

Wang S.M., Zhang J.L. and Flowers T.J., 2007- Low-Affinity Na⁺ Uptake in the Halophyte *Suaeda maritima*. *Plant Physiol.* 145: 559-571

WANG W.; VINOCUR B.; SHOSEYOV O. and ALTMAN A., 2001- Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: Physiological and molecular considerations. *Acta Horticulturae* 560: 285-292.

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) . Oran, DEPARTEMENT DE BIOLOGIE.

ZHU T, ROW KH .(2010). Extraction and determination of b-sitosterol from *Salicornia herbacea L.* using monolithic cartridge. *J Chromatographia* .vol 71.p 981-985.