

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université IBN KHALDOUN de Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Génétique moléculaire et Amélioration des plantes

Thème :

Effet de Salinité en présence de la mycorhization et de l'extrait aqueux du (*Chenopodium Album* L) sur le comportement physiologique de L'aubergine (*Solanum melongena* L.)

Présenté et soutenu publiquement par :

- SEDDIKI FATIMA
- SAHRAOUI KHADIDJA
- SEBBAHA MOKHTARIA

Membres de jury :

Président: Mr ADDA .A

Promoteur : Mr CHOUHIM. K

Examineur : Mr BOUFARES .K

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de sagesse, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire.



Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer la juste valeur, ma reconnaissance à l'égard de notre promoteur M^r CHOUHIM KADDA M A, pour l'aide qu'il nous a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.

Toute gratitude à nos professeurs, enseignants qui nous ont guidés au cours de notre période d'études, et nos respects aux membres de jury M^r ADDA A, M^r BOUFARES K et M^r ZEMOUR K .qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Nos derniers remerciements, non les moindres, s'adressent à tous nos amis de la promotion 2019, pour avoir beaucoup sollicité notre modeste travail.

Grands mercis à vous tous.

Dédicace

 *A l'occasion de cette journée mémorable qui clôture le cycle de mes études je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu :* 

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler .Que dieu le procure bonne santé et longue vie.

A mes frères Aymen et Ali .

A mes grande parents paternelle et maternelle que DIEU puissent l'accorder une longue vie sans oublier mon oncle Ahmed.

A mes chères cousines : NAIMA ,ASMA, FATIMA.

 *MES meilleures amies KHADIDJA, MOKHTARIA, AMINA ET NADIA.* 

Tous mes collègues et mes amis. 

En un mot, à tous ceux qui me sont chers.

*******FATIMA*******

Dédicace

Je dédie ce travail :



A mes parents. ABDELKADER et TOURKIA, qu'ils trouvent ici

A mes frères : HOUSSIN, MOKHTAR, KHALED

A mes sœurs : MALIKA, FATIMA, NOURIA, KARIMA

A tous mes enseignants de l'école primaire jusqu' à l'université

A mes chères amies FATIMA et KHADIDJA qui ont été toujours à
côté de moi



***** MOKHTARIA *****

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, de respect et de gratitude : A mes très chers parents YAHI et GHEZALA. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne et longue vie.

A mes sœurs : NEZHA, SALIHA et AMEL de tendresse et de courage

A mes frères : MOHAMMED et BILLAL

A ma grand-mère KHADIDJA

A mes amis : FATIMA, MOKHTARIA, AMINA, NORA, KHADIDJA, MASSAUDA, HOUDA, KAMEL, YUCEF

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de se

Travail

******Khadidja******

Abréviations utilisées :

CMA	Champignons Mycorhiziens à Arbuscule
CE	Conductivité Electrique
Ddl	Degré de liberté
IM	Intégrité Membranaire
IS	Indice Stomatique
Meq	Milli Equivalent
Mmol	Milli Mole
Ns	Non significative
Ros	Espèce Relative d'Oxygène
Rubp	Ribose Bi-Phosphate
Rwl	Taux de Déperdition de l'eau
Tre	Teneur RELATIVE en eau
MA	Mycorhize Arbusculaire
MAF	Mycorhize Arbusculaire Fongique

Liste des tableaux :

Tableau 1 : composition chimique de la solution nutritive retenue par l'irrigation des plantes.	28
Tableau 2 : analyse de variance ANOVA de la teneur relative en eau.	34
Tableau 3 : analyse de variance ANOVA du taux de déperdition.	37
Tableau 4 : analyse de variance ANOVA du taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée après 120 min de deux génotypes de l'aubergine.	40
Tableau 5 : analyse de variance ANOVA de l'intégrité membranaire deux génotypes de l'aubergine.	43
Tableau 6 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P= 0.05$) de l'indice stomatique de deux génotype de l'aubergine (<i>Solanum melongena</i> L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium album</i> L et de l'inoculum mycorhizien.	45

Liste des figures :

Figure 1 : Plante de l'aubergine	9
Figure 2 : plante de <i>Chenopodium</i>	12
Figure 3 : Structures caractéristiques des champignons mycorhiziens arbusculaires. (a) Arbuscules intercellulaires (b) vésicules intraradicales (c) Hyphes intra radicales (d) hyphes extra radicales	18
Figure 4 : Anatomie des MA et mode de leur développement au niveau des racines.	23
Figure 5 : Serre en plastique semi-contrôlée	25
Figure 6 : Graines d'aubergine par la société CLAUSE	25
Figure 7 : Echantillons de <i>Chenopodium</i>	26
Figure 8 : La germination des graines d'aubergine	26
Figure 9 : Le repiquage des petites plantules dans des gobelets	27
Figure 10 : Transplantation des petites plantules d'aubergine	27
Figure 11 : dispositif expérimental	31
Figure 12 : la teneur relative en eau des feuilles du génotype classic de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	35
Figure 13 : la teneur relative en eau des feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena L.</i> soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	36
Figure 14 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 60 mn de la variété classic de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i>	38
Figure 15 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 60 mn de la variété galine de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i>	39
Figure 16 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 120 mn de la variété classic de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i>	41

Figure 17 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 120 mn de la variété galine de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i>	42
Figure 18 : variation de l'intégrité membranaire chez les feuilles de la variété classic de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	43
Figure 19 : variation de l'intégrité membranaire chez les feuilles de la variété galine de l'aubergine ,soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	44
Figure 20 : l'indice stomatique du génotype classic de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	46
Figure 21 : l'indice stomatique du génotype galine de l'aubergine. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du <i>Chenopodium</i> .	47

TABLE DES MATIERES

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralité sur la Salinité	3
I.1.a. La salinisation	3
I.2. Origine et causes de la salinité	3
I.3. Composantes de la salinité.....	4
a. Le stress osmotique	4
b. Le stress ionique.....	5
c. Le stress nutritionnel	5
d. stress oxydatif.....	5
I.4. La salinité et la plante	6
a. Effet des sels sur la germination.....	6
b. Effet des sels sur la croissance et développement.....	6
c. Sur la physiologie de la plante.....	7
•	S
ur les échanges gazeux et la photosynthèse.....	7
•	S
ur la physiologie de la reproduction	7
II. Généralités sur l'aubergine	7
II.1. Origine et distribution de l'aubergine.....	7
II.2. Domestication de la plante.....	8
II.3. Place dans la systématique.....	9
II.4. Les ravageurs et les maladies	9
II.5. Les variétés de solanum melongena L.....	10
II.6. Les propriétés nutritionnelles de l'aubergine	11
II.7. Les propriétés pharmacologiques	11
II.8. Principes actifs et propriétés	11
III- Le Chénopodium album L	11
III.1. Généralité	11
III.2. Classification	12
III.3. Nom vernaculaires.....	12
III.4. Les propriétés	12
a.....	1
a feuille.....	12

b.	I
a graine	12
III.5. Propriétés physico-chimiques	13
III.6. Description botanique.....	13
a.....	T
iges	13
b.	F
euilles	13
c.....	F
leurs	13
III.7. Les utilisations traditionnelles.....	14
IV. Généralité sur les mycorhizes	14
IV.1. Symbiose mycorhizienne	14
IV.2. Les principaux types de symbioses	15
a.....	L
es ectomycorhizes	15
b.	L
es endomycorhizes	15
c.....	L
es ectendomycorhizes.....	15
IV.3.Historique.....	16
IV.4. Taxonomie actuelle	16
IV.5. Structure des champignons mycorhizes à arbuscule	17
a.....	S
pores	17
b.	A
rbuscule	17
c.....	V
ésicule.....	17
d.	H
yphe extra radulaire	18
IV.6. Classification des champignons mycorhizes à arbuscules	19
IV.7. Physiologie des mycorhizes	19
a.....	A
bsorption de l'eau et des éléments nutritifs.....	19
b.	A
ctivités hormonales.....	20
c.....	A
grégation des sols	20
d.	P
rotection contre les organismes pathogènes	20
IV.8. Effets bénéfiques des MA sur les cultures	21

IV.9. Facteurs déterminants la réussite de l'inoculation de MA sur les cultures	24
---	----

Chapitre II : Matériel et méthodes

I.1 Objectif de l'étude.....	25
I.2. Condition de la réalisation de l'essai	25
a. Localisation de l'essai	25
b. Matériel Végétal	25
c. Matériel fongique	26
I.3- Préparation du semis des graines	26
a. La pré-germination	26
b. Le repiquage	27
c. la transplantation	27
I.4- Préparation des différentes solutions d'irrigation.....	28
a. Préparation des solutions salines	28
b. préparation de l'extrait aqueux de Chenopodium album L.....	28
c. Préparation de la solution Extrait aqueux-Na cl.....	29
I.5. L'application du stress salin.....	29
I.6. préparation de l'inoculum mycorhizienne	29
I.7. Dispositif expérimental	31
I.8. Les paramètres mesurés	32
a. La teneur relative en eau (TRE.....	32
b. Le taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée	32
c. Les paramètres liés aux stomates	33
d. L'intégrité membranaire.....	33

Chapitre III : Analyse des résultats

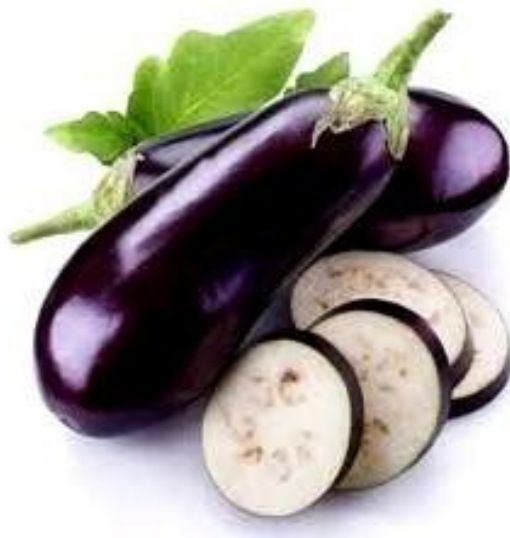
I. Analyse des résultats	34
I.1. La teneur relative en eau	34
I.2. Le taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL.....	36
I.3- Intégrité membranaire.....	42
I.4. L'indice somatique.....	45

Chapitre IV : Discussion et conclusion

IV. discussion et conclusion.....	48
-----------------------------------	----

Références bibliographique

Introduction



Introduction.

Introduction

En Algérie, plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par le problème de salinité (Douaoui et Hartani, 2007). Cette contrainte abiotique présente un sérieux obstacle pour le développement de l'agriculture ainsi que la satisfaction de la demande nationale en produits agricole.

A titre de définition, la salinité est la quantité de sels accumulée dans le profil d'un sol ou dans les organes d'une plante. De ce fait, la salinisation représente le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol. La salinisation se présente comme étant la cause majeure de la dégradation des sols. Elle est à l'origine de la chute de production agricole dans les périmètres irrigués en zones arides et semi-arides. On estime que le monde perd au moins 3ha de terres arables chaque minute à cause du phénomène de salinisation des sols (Lptrid, 2006). De ce fait, le stress salin est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la croissance des plantes et modifient diverses réactions biochimiques et physiologiques chez les plantes, affectant ainsi presque tous les processus végétaux. (Rajeshwari et Bhuvaneshwari, 2017), par conséquence, la diminution de la productivité et le rendement des plantes (Bouaouina et al, 2000 ; Zhu, 2001 ; Younis et al., 2002). En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. La sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité. (Arbaoui et al., 2000).

Des composés naturels pourront jouer un rôle important dans la tolérance des plantes végétales face à la salinité. Les extraits des plantes et la mycorhization présentent un modèle idéale dans ce contexte. Leur liaison avec les racines des cultures par symbiose auront un effet important et positif dans telles conditions de salinité. Les premiers sont des bio-stimulants 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). Tandis que, la Mycorhization est un phénomène naturel existant depuis des millions d'années,

Introduction.

apparaît aujourd'hui comme une des solutions les plus complètes pour la protection et la croissance des végétaux. C'est une symbiose entre une racine et un champignon mycorhizen (Cruyppenninck, 1970). Cette association symbiotique entre des champignons du sol et les racines de la majorité des plantes terrestres entraîne un échange bidirectionnel de composés carbonés de la plante vers le symbiote fongique et de composés minéraux du champignon vers la plante (Dalpé, 2005).

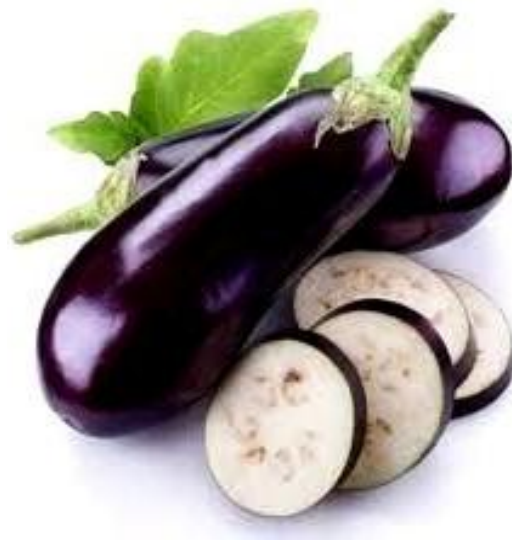
Parmi les cultures stratégiques dans notre système alimentaire, l'aubergine présente une importance notable du fait de son rendement élevé, avec une haute qualité nutritionnelle et sa richesse en antioxydants (Hanson *et al.*, 2006). Est une culture commercialement importante cultivée et consommée dans de nombreux pays (Cericola *et al.*, 2014). La contrainte saline abaisse le rendement en fruits de cette culture maraîchère en affectant l'ensemble des paramètres physiologique et biochimique contribuant à son production. Pour cela, une importance accordé à l'étude de mécanisme de résistance de telle culture sous stress salin dans la présence d'un organisme secondaire associé avec les racines de l'aubergine au cours des stades de son développement.

Notre étude consiste à évaluer l'effet du stress salin sur les aspects physiologiques' de l'aubergine en présence ou l'absence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L. et en présence ou l'absence de mycorhizes. Une variabilité génétique représentée par deux cultivars de comportements vis-à-vis du stress salin divers, a été utilisée pour la réalisation de cette étude.

Est-ce que l'action combinée de l'extrait aqueux et la mycorhisation peut exercer un effet d'atténuant de la salinité sur l'aubergine ?

Chapitre I

Synthèse bibliographique



I.1. Généralité sur la Salinité

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solutions du sol » (Imalet, 1979). Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (Khaless et Baaziz, 2006 ; Schulze et *al.*, 2005). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (Carter, 1975). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (Sun et *al.*, 2007).

I.1.a. La salinisation

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium, le magnésium, le calcium, le chlorure, le sulfate, le carbonate, le bicarbonate et le sodium. L'accumulation du sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent (S.O.C.O, 2009). Tout d'abord, la salinisation implique une accumulation de sels par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sels du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sels et/ou par un système de drainage insuffisant et inadéquat (S.O.C.O, 2009).

I.2. Origine et causes de la salinité

- **Origine**

On distingue d'une part la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, ces sols naturellement salins sont fréquents dans les zones arides, parce que l'évaporation potentielle du sol dépasse largement la quantité d'eau qui arrive au sol. Ceci permet aux sels de s'accumuler près de la surface. Ce type de formation est à l'origine de la salinisation de 80 % des terres. Dans les régions côtières, il se produit par une intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses. Parfois par inondation périodique par de l'eau de

Chapitre I. Synthèse bibliographique

mauvaise qualité et/ou 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).

La salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques d'autre part. Cette salinité concerne des surfaces plus réduites que la salinité primaire mais à des conséquences économiques plus importantes car elle peut dégrader gravement la fertilité du sol (Antipolis, 2003). 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; goupil, 1974).

- **Causes de la salinité des sols**

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline et les pratiques culturales sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (Ashraf et Foolad, 2007).

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (Denden *et al.*, 2005). L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre. Environ la moitié des systèmes d'irrigation existant du monde sont sous l'influence de la salinisation. De tels sols défavorables, de faible fertilité sont généralement peu convenables pour la production agricole, entraînant la réduction inacceptable de rendements.

I.3. Composantes de la salinité

Les données classiques sur les effets de la salinité chez les plantes mettent en relief trois principales composantes par lesquelles la salinité affecte la croissance: le stress osmotique, le stress ionique, le stress nutritionnel et le stress oxydatif (Guetadahan *et al.*, 1998 ; Rodriguez *et al.*, 2005).

Chapitre I. Synthèse bibliographique

Il n'est souvent pas possible de distinguer la contribution de chacune de ces voies à l'inhibition de la croissance au niveau de la plante entière.

a. Le stress osmotique

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît (Cheverry *et al.*, 1996). Plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte un ralentissement de la croissance des plantes (Song *et al.*, 2005). La concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement. C'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions Na^+ via les charges négatives de l'argile (Chinnusamy *et al.*, 2005).

b. Le stress ionique

L'accumulation des ions toxiques Na^+ et Cl^- au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plantes (Chinnusamy et Zhu, 2004). Le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques (Picala *et al.*, 1999). La présence de ces ions perturbent l'activité enzymatique cellulaire (Hasegawa *et al.*, 2000), principalement dans les tissus photosynthétiques (Bounaqba, 1998).

La toxicité ionique peut être le résultat du remplacement de K^+ par Na^+ au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement des structure protéiques et enzymatiques (Chinnusamy *et al.*, 2005).

c. Le stress nutritionnel

La salinité englobe généralement l'augmentation du taux d'un large type des éléments à savoir Na^+ et de Cl^- . Le calcium, le sulfate, les carbonates peuvent être présents, avec le bore ou le sélénium à des concentrations excessives. En même temps, d'autres nutriments, particulièrement le phosphore et l'azote, peuvent ne pas être présents ou disponibles en quantités suffisantes pour permettre des taux de croissance élevés (Gorham, 1996). La présence de sels en excès dans le substrat de culture peut entraîner une limitation de l'alimentation en nutriments indispensables. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance lorsque des ions essentiels comme I^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Soltani *et al.*, 1990).

Chapitre I. Synthèse bibliographique

d. Stress oxydatif

Selon Parent,(2008), le stress oxydatif est à l'origine du stress salin. Il s'agit d'une accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) a des concentrations élevées, qui endommagent les structures cellulaires. Ces derniers induisent le dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques.

I.4. La salinité et la plante

Le stress salin comme beaucoup d'autre stress abiotique inhibe la croissance des plantes, les concentrations élevées de sel cause un déséquilibre des ions (Zhu, 2001).La tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'âge physiologique ou du stade végétatif de la plante (Bennabi, 2005).

a. Effet des sels sur la germination

Selon Karmous, (2007), la salinité ralentit la vitesse de déroulement u processus de germination chez les plantes en endommageant par la suite les semences

Il a été démontré que la salinité inhibe lagermination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germinationsuite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines. Les effets de la salinité varient suivant le stade de développement généralement, la tolérance à celle-ci augmente depuis la germination jusqu'à la fructification. (Rejilli et *al.*, 2006) ont remarqué que la présence de sel dans le milieu de culture réduit différemment la capacité germinative chez deux populations de lotier (*Lotus creticus*L.).

b. Effet des sels Sur la croissance et développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina et *al.*, 2000) par plusieurs manières :

- ❖ La concentration élevée de NaCl diminue l'absorption de Ca^{2+} qui est relativement tolérante au sel. Ainsi, toute augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^+ , N, P et Ca^{2+} dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Haouala et *al.*, 2004).

- ❖ Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Jabnoute, 2008).
- ❖ Le métabolisme azoté et la synthèse protéique sont sévèrement affectés par le stress salin, il en résulte un développement anormal des plantes et une diminution de leur rendement (Benkhaled et *al.*, 2003).
- ❖ Le stress salin affecte aussi la photosynthèse de nombreuses espèces végétales (Omami, 2005).

c. Sur la physiologie de la plante

L'effet de la salinité sur la physiologie de la plante se fait sur deux échelles : Premièrement sur les échanges gazeux voire la photosynthèse et deuxièmement sur la reproduction.

- **Sur les échanges gazeux et la photosynthèse**

D'après Alem, (2002), la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale.

Selon Munns, (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates et la réduction de la conductance stomatique. La diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent.

- **Sur la physiologie de la reproduction**

Selon Hu, (2005), la salinité réduit le taux de croissance de la plante et ses organes reproducteurs. Il a été constaté que le nombre de grains de pollen dans deux différents types de cultivars de l'orge a été réduit de 24 à 37%. Des études réalisées par Munns ; Rawson (1999), sur l'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de l'orge sur la reproduction et le développement, montrent que les courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi, elle

Chapitre I. Synthèse bibliographique

provoque l'avortement des ovaires et la régénération du RUBP (RibuloseBiphosphate) devient limitée.

II. Généralités sur l'aubergine

II.1. Origine et distribution de l'aubergine

L'aubergine (*Solanum melongena*L.) est une plante vivace originaire de l'Inde. Elle était déjà cultivée en Chine plus de siècles depuis des siècles, où l'on produit des variétés à petits fruits de couleur verte, blanche, rouge et lavande (Dauzat et *al.*, 1971). Les navigateurs arabes l'ont introduite dans le bassin méditerranéen au XIème siècle, puis elle s'est répandue en Espagne au moyen âge, et dans le reste de l'Europe vers le XVème siècle, d'abord en Italie puis dans le sud de la France, avant d'attendre l'Allemagne puis la Grande-Bretagne. Au XVIème siècle, les espagnols l'introduiront en Amérique latine. Elle n'apparaîtra en Amérique du Nord que cent cinquante (150) ans plus tard. C'est à partir des années 1950, les variétés à gros fruits pourpres devenues les variétés de haute consommation, les autres étant réservées au jardin ornemental (Medisite, 2004). Cependant, il existe une multitude de variétés d'aubergines dont la taille du fruit varie du petit pois au melon, et la couleur, du blanc au pourpre, en passant, par le vert, le jaune et l'orange. Le nom de l'aubergine provient du catalan "alberginia", lui-même issu de l'arabe al-badinjan, emprunte au persan batingan, qui désignait déjà cette plante. Elle fut aussi appelée mélongène (ou mélongine), terme conservé dans son nom spécifique ainsi que dans l'italien melanzana.

II.2. Domestication de la plante

L'aubergine est une plante domestiquée à plusieurs reprises à partir de populations sauvages de *S. incanum* et *S. undatum*, qui sont des plantes morphologiquement et génétiquement proches et spontanées en Afrique du Nord et Moyen-Orient (L'oe Mangin, 2009). La variété cultivée de *S. melongena* n'existe pas à l'état sauvage (Knapp, 2013). En 2012, des chercheurs du New York Botanical Garden ont reconstitué les routes de diffusion de l'aubergine cultivée depuis deux centres en Inde centrale et la Chine du sud et d'un événement séparé de domestication en Indonésie du Nord-Est (Rachel, 2012).

II.3. Place dans la systématique

La classification de Cronquist(1988), nous avons la systématique suivante

Règne : Plantae

Sous règne :Tracheobionta

Embranchement :Magnoliophyt

Classe :Magnolipsida

Sous classe :Asteridae

Ordre :Solanales

Famille :Solanaceae

Genre :Solanum



Espèce :*Solanum melongena* L.**Fig01.** Plante de l'aubergine

La famille des solanacées est l'une des grandes familles du monde végétal, du fait du grand nombre d'espèces qu'elle comporte (de l'ordre de 2300) et de nombreux usages que l'homme en fait (alimentaire, condimentaire, médicinal, pharmaceutique, narcotique, magique et ornemental) (Marchoux et *al.*, 2008)

II.4. Les ravageurs et les maladies

a. Les ravageurs :

Les principaux ravageurs de l'aubergine sont généralement les Acariens et les Aleurodes. Ces derniers pourraient causer des dégâts importants sur le rendement en fruits de l'aubergine. Les moyens de lutte sont de deux types biologique (utilisation des auxiliaires) et chimique (Insecticides autorisés) (Yves, 2006).

- Acariens (*Tetranychus urticae*, *T. cinnabarius*) : leur prédateur biologique est *Pytoseiulus persimilis*
- Aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*): leurs prédateurs auxiliaires *Encarsia Formosa*, *Eretmocerus* et *Macrophus caliginosus*.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

b. Maladies de l'aubergine:

La culture de l'aubergine est considérée l'une de cultures des Solanacées vulnérables face à nombreuses maladies cryptogamiques et virales.

- **Mildiou** (*Phytophthora infestans*) : présente sous forme de grandes taches irrégulières sur feuilles. Le traitement se fait par un produit certifié.
- **Pourriture grise** (*botrytis cinerea*) : il résulte sous des conditions d'humidité élevée. Cette maladie est caractérisée par une pourriture des fruits à partir des pièces florales. L'application des fongicides spécialisée est à autoriser (Yves, 2006). Néanmoins le recours à des mesures prophylactiques demeure une alternative primordiale afin d'éviter le problème d'adaptation et diminuer les effets secondaires de ces produits chimiques.

II.5. Les variétés de *solanum melongena* L

L'aubergine est une espèce de grande variabilité dans ces caractères morphologique (la couleur et la forme des fruits, l'habitat de croissance, et la vigueur de plant etc...) ainsi que les attributs physiologiques (précocité de la floraison, l'absorption de l'eau, et la transpiration, etc...(Chen ; Li,2000). Bien que l'aubergine présente d'un peau pourpre foncée soit la plus attrayante et courante dans les marchés à cause de sa forte concentration en anthocyanes, d'autres variétés de couleur blanche, verte, jaune et orange sont aussi cultivées (Pitrat et al., 2003; Beecher, 2006).

II.6. Les propriétés nutritionnelles de l'aubergine

Sur le plan nutritionnel, l'aubergine se caractérise par un apport énergétique réduit lié à sa richesse en eau et sa teneur faible en éléments énergétique. Cependant elle est très riche en fibres protopectines essentiellement, pectines et cellulose; associées avec de bonne densité minérale (potassium, magnésium, zinc et manganèse). Elle offre aussi un apport diversifié en vitamines et se distingue par la présence d'acides organiques et de tanins galliques responsables d'une certaine astringence et du brunissement de la pulpe à l'air (Patriciaerard, 2003).

II.7. Les propriétés pharmacologiques

Nombreuses études ont démontré que les extraits d'aubergine inhibent le développement de la tumeur dans le sang et empêchent l'inflammation qui peut mener à l'athérosclérose (Nisha, 2009). Ces extraits résultant des peaux des fruits des aubergines violettes pourpres offrent un complexe des composés phénoliques impliqués dans l'inhibition de la génération du radical hydroxyle et le piégeage des radicaux super oxydes (Podaro, 2009). La nasunine, composé phénolique, s'annonce efficace *in vitro* contre la peroxydation lipidique (Noda, 2000).

Grace à sa richesse en fibres et son faible apport calorique, les fruits de l'aubergine jouent un rôle important dans la réduction du taux de cholestérol (Selena, 2008) et le phénomène del'amincissement (Lacoste, 2012).

II.8. Principes actifs et propriétés

L'aubergine a des propriétés antiseptiques, diurétiques et hémostatiques. (Brigitte, 2009). Il améliore la digestion et aide à prévenir le risque des maladies dégénératives et les maladies L'anthocyanes présente dans cette culture est considéré comme antioxydant qui inhibe de laglukosidaseet l'augmentation de la glycémie dans le diabète sucré (DM) (Mllisma et al., 2013). Il est très abondant chez les cultivars des aubergines (*Solanummelongena* L) à pelure violette.

III-Le *Chenopodium album* L

III.1. Généralité

Il y a plus d'une centained'espèces de *Chenopodium* dans le monde. Les membres du genre *Chenopodium* sont bien représentes et répandus dans l'Ouest de l'Amérique du nord (Clemants et al., 2003).Il est originaire de l'Europe et l'Asie occidentale(Singhetal, 2011).

Le genre de *Chenopodium* est divisé en trois sous-genres naturels *Ambrosia*, sous-genre *Blitum* et sous-genre *Chenopodium* (Mosyakin et al., 1996).

III.2. Classification

Selon Agrawal et al. (2014), la classification taxonomique de *Chenopodium* est comme le suivant :

Chapitre I. Synthèse bibliographique

Règne:Plantae

Sous embranchement : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe. : Caryophyllidae

Ordre :Caryophyllales

Famille : Chenopodiaceae

Genre :Chenopodium



Espèce :*Chénopodium album* Lfig02 : plante de Chenopodium albumL

III.3. Nom vernaculaires

C'est le nom latin de chénopodeblanc, ansérineblanche (appellation française) ou white goosefoot, lambsquarter(appellation anglaise) (Grubben , 2004)

III.4. Les propriétés

III.4.1. La composition nutritionnelle

a.la feuille

La feuille présente un ensemble des compositions à haute importance nutritive. Une partie de de 100g contient: 84gd'eau ,184kj d'énergie,4.3g protéines,0.8g lipides, 7.3g glucides, 2.1g de fibres, 280mg de Ca,81mg de P (Grubben,2004).

b. la graine

La graine du C.Album se constitue de ; 165kj d'énergie, 16g de proteines, 7gde lipide, 66g de glucides (Grubben, 2004).

III.5. propriétés physico-chimiques

Les analyse sphysico-chimiques des feuilles fraîches ont révélé que la valeur totale en cendres sont de 9,55%, de l'eau cendre soluble 3,85%, l'acide cendres insolubles de 8,33%, cendres, soluble dans l'alcool 7,28% et cendres sulfatées 10.11%. Les valeurs successives d'extraction par différents solvants ont révélé que les pourcentages d'extraction sont: l'éther de pétrole 3,53%, 2,33% benzène, le chloroforme 2,83%, 2,66% d'acétone, de méthanol et d'éthanol 5,44% 4,55% (Pande et Pathak , 2010 ; Yogesh et *a.*, 2010).

III.6.Description botanique

C'est une plante herbacée annuelle capricieuse, verte grisâtre à d'aspect farineux (présence des petits poils vésiculeux, et fragiles). Sa hauteur atteint 150 cm (Cindy, 2009 ; Grubben, 2004).Ellese caractérise par une croissance rapide, et très répandu dans les régions tempéréesdans les sols riches en azote, en particulier sur un terrain vague. Elle a tendance à croître debout au début en atteignant des hauteurs de 30-80 cm.

a. Tiges: Rarement minces, souvent rayés vertes, rouges ou violettes.

b. Feuilles: Elles sont simple, rhomboïde, deltoïde à lancéolées dans sa partie supérieure et dentée ou irrégulièrement lobé au niveau de sa partie inférieure. Elles atteignent 10-15 cm de long avec des pétioles souvent aussi longs qu'une lame épaisse (1 à 1,3 cm de longueur). Les feuilles opposées peuvent être très variées dans leur apparence. Les premières feuilles, près de la base de la plante, sont dentées et grossièrement en forme de losange. Elles sont cireuses, non mouillables avec un aspect farineux et mesurent généralement 3-7 cm de long et de 3-6 cm de large. Elles ont une couche blanchâtre sur la face inférieure.

c. Fleurs: Ils sont radiaux et symétrique. Ils se développer en petites cymes sur une inflorescence dense et ramifiée. Ils font10-40 cm de long. Ils contiennent des graines noires brillant. Leur pollen peut contribuer aux allergies comme le rhume des foins (Wiart, 2006 ; Pande et Pathak,2010)

III.7. Les utilisations traditionnelles

En Inde, la plante est utilisée comme laxatif, diurétique, sédatif et l'infusion de la plante est utilisée pour le traitement du rhumatisme (Arora et *al.*, 2014). Elle a également été utilisée comme antidiarrhéique, antiphlogistique, antirhumatismal, contraceptif, odontalgique, cardiotonique, antiscorbutique, purificateur de sang, digestif, carminatif, aphrodisiaque, hémorroïde trouble cardiaque, trouble hépatique, hypertrophie de la rate, bilieux, ulcères intestinaux et débilité générale (Agarwal et *al.*, 2005 ; Khare, 2007).

La plante est également utilisée traditionnellement comme anthelminthique contre les vers ronds et les ankylostomes, antiscorbutique (Priya et *al.*, 2010), pour le traitement des douleurs abdominales, des maladies des yeux, des maux de gorge et des troubles cardiovasculaires (Baldi et Choudhary, 2013). La pousse tendre bouillie est utilisée dans la constipation (Gogoi et Zaman, 2013). Les feuilles étaient saupoudrées pour allier l'irritation et du jus de feuilles était utilisé pour traiter les brûlures. La décoction de parties aériennes mélangées à de l'alcool a été frottée sur la partie du corps affectée par l'arthrite et les rhumatismes (Pal et *al.*, 2013).

IV. Généralité sur les mycorhizes

IV.1. Symbiose mycorhizienne

Le mot symbiose fut utilisé pour la première fois par l'allemand Frank, (1877) pour qualifier la coexistence d'organismes différents. Les symbioses mutualistes, où les partenaires coexistent activement d'un point de vue physiologique, écologique et reproductif (Harley, 1989) furent pendant longtemps jugées peu importantes dans les processus écologiques (Lambers et *al.*, 2009). Il est actuellement admis que la symbiose mycorhizienne est une association obligatoire et à bénéfice réciproque entre une racine de plante et un champignon. Dès le 19^{ème} siècle, les mycorhizes ont fait l'objet de descriptions et d'études de distribution de par le globe.

Presque la totalité des plantes vertes terrestres vivent en symbiose mycorhizienne. Seuls des membres de quelques familles en sont quelques fois dépourvus, par exemple, les crucifères et les chénopodiacées (Fortin et *al.*, 2008).

IV.2. Les principaux types de symbioses

D'après la morphologie de l'organe résultant de l'association plante – symbiote fongique, différents types de mycorhizes sont distingués. Les mycorhizes à arbuscules, les mycorhizes orchidoïdes et les ectomycorhizes sont les plus fréquentes et les plus étudiées. Les mycorhizes à arbuscules sont les plus primitives et les plus répandues dans les écosystèmes naturels et cultivés (Tedersoo *et al.*, 2010). Les mycorhizes à arbuscules seraient à l'origine des autres types de symbiose mycorhizienne et coïncideraient avec celle des végétaux terrestres il y a 450 millions d'années (Wang et Qiu, 2006)

a. Les ectomycorhizes (du grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig). Ce type d'association est principalement présenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales de la famille des *Dipterocarpaceae*, *Euphorbiaceae*, *Cesalpiniaceae*, *Myrtaceae* et *Fagaceae*. Les partenaires fongiques appartiennent aux Basidiomycètes (*Boletus*, *Russula*, *Laccaria*...), mais aussi aux Ascomycètes (*Tuber*, *Elaphomyces*...).

b. Les endomycorhizes (du grec *endon* : à l'intérieur) sont caractérisées par l'absence de manchon mycélien externe et par la pénétration des hyphes fongiques dans les cellules corticales. On rencontre :

➤ **Les endomycorhizes des orchidées** formées par des Basidiomycètes et **les endomycorhizes des ericacées** associées aux Ascomycètes (les *Pezizaceae*). Dans ces deux cas, le mycélium forme des pelotons à l'intérieur des cellules du parenchyme cortical.

➤ **Les endomycorhizes des cistacées** où les pénétrations endocellulaires ont une forme

coralloïde. Les champignons symbiotiques impliqués appartiennent aux Ascomycètes hypogés (les *Terfeziaceae*).

Chapitre I. Synthèse bibliographique

c. Les **ectendomycorhizes** caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacées et sont formées par des Basidiomycètes (*Cortinarius*, *Boletus*...) (Mikola, 1948).

IV.3 .Historique

Selon Morton *et al.*, (1995), ce type de symbiose est apparu il y a 250 millions d'années. La première classification des champignons endomycorhizogènes a été proposée par Gerdemann et Trappe, (1974), est basée essentiellement sur les phénotypes des spores. Cinq genres ont été distingués: *Endogone*, *Glomus*, *Sclerosystis*, *Acaulospora* et *Gigaspora*. Ensuite, une révision de la famille des endogonacées a été réalisée par ces mêmes auteurs qui ont caractérisé 44 espèces au sein de 7 genres. Parmi elles, beaucoup de taxons ont été redéfinis, 2 genres (*Acaulospora*, *Gigaspora*) et 12 nouvelles espèces ont été décrits.

En 1979, Ames et Schneider ont mis en évidence le nouveau genre *Entrophospora* dans la famille des Endogonaceae, avec *E. infrequens*, espèce qui était préalablement classée dans le genre *Glomus* sous le nom de *G. infrequens* (Hall, 1977). Walker et Sanders, (1986) ont distingué deux genres, *Gigaspora* et *Scutellospora*. Enfin, en 1990, Morton et Benny ont classé les champignons symbiotiques appartenant à l'ordre des Glomales dans deux sous-ordres ; Glomineae et Gigasporineae ; Redecker *et al.*, (2000) se sont basés sur des données phénotypiques et moléculaires pour classer *Sclerocystis coremioides* dans le genre *Glomus*, éliminant ainsi le genre *Sclerocystis*. Morton et Redecker, (2001) en croisant des données morphologiques, moléculaires et biochimiques, ont décrit deux autres familles, Archaeosporaceae et Paraglomaceae. La première famille héberge le genre *Archaeospora*, avec trois espèces et la seconde, le genre *Paraglomus*, avec aussi deux espèces

IV.4. Taxonomie actuelle

La systématique des champignons mycorhiziens à arbuscules reposait essentiellement sur des critères morphologiques des spores (Morton et Benny, 1990), mais cette classification restait limitée puisqu'elle ne permettait pas de décrire finement cette diversité fongique (Giovannetti et Gianinazzi-Pearson, 1994). L'impossibilité de multiplier ces symbiotes fongiques en l'absence de leur partenaire végétal représente une difficulté supplémentaire pour établir une classification fiable de ces champignons. Grâce à

Chapitre I. Synthèse bibliographique

l'avènement de techniques de biologie moléculaire, la classification des champignons mycorrhiziens a été significativement revue.

Ces symbiotes fongiques sont actuellement classés dans le phylum des Glomeromycota (Schübler *et al.*, 2001) avec quatre ordres, dix familles et approximativement 200 espèces décrites par Raab et Redecker (2006).

IV.5. Structure des champignons mycorrhizes à arbuscule

a. Spores :

La spore sert d'organe de stockage et de propagation des CMA (champignons mycorrhiziens à arbuscules). Elle germe et donne naissance à des filaments mycéliens. Lorsque les hyphes entre en contact avec une jeune racine, ils forment un appressorium, entre et se propage rapidement, il se différencie à l'intérieur des racines en arbuscules et dans certains cas en vésicules.

b. Arbuscule :

L'arbuscule est l'unité au niveau de laquelle se produisent les échanges entre l'hôte et le champignon. C'est une ramification latérale des hyphes fongiques dans les cellules du cortex racinaire où le champignon pénètre et croît à l'intérieur. La membrane de la cellule hôte s'invagine et enveloppe le champignon, ce nouveau compartiment fournit un contact direct entre le champignon et la plante.

c. Vésicule

La vésicule est une structure de stockage à paroi fine, à contenu lipidique et apparaît généralement dans les espaces intercellulaires (Harley et Smith, 1983 ; Bonfante-Fasolo, 1984).

d. Hyphe extra radiculaire

L'hyphe extra radiculaire produit par le champignon mycorrhizien à arbuscule est un des organes de propagation et peut coloniser une plante autre que la plante dont ils sont issus. (figure 03)

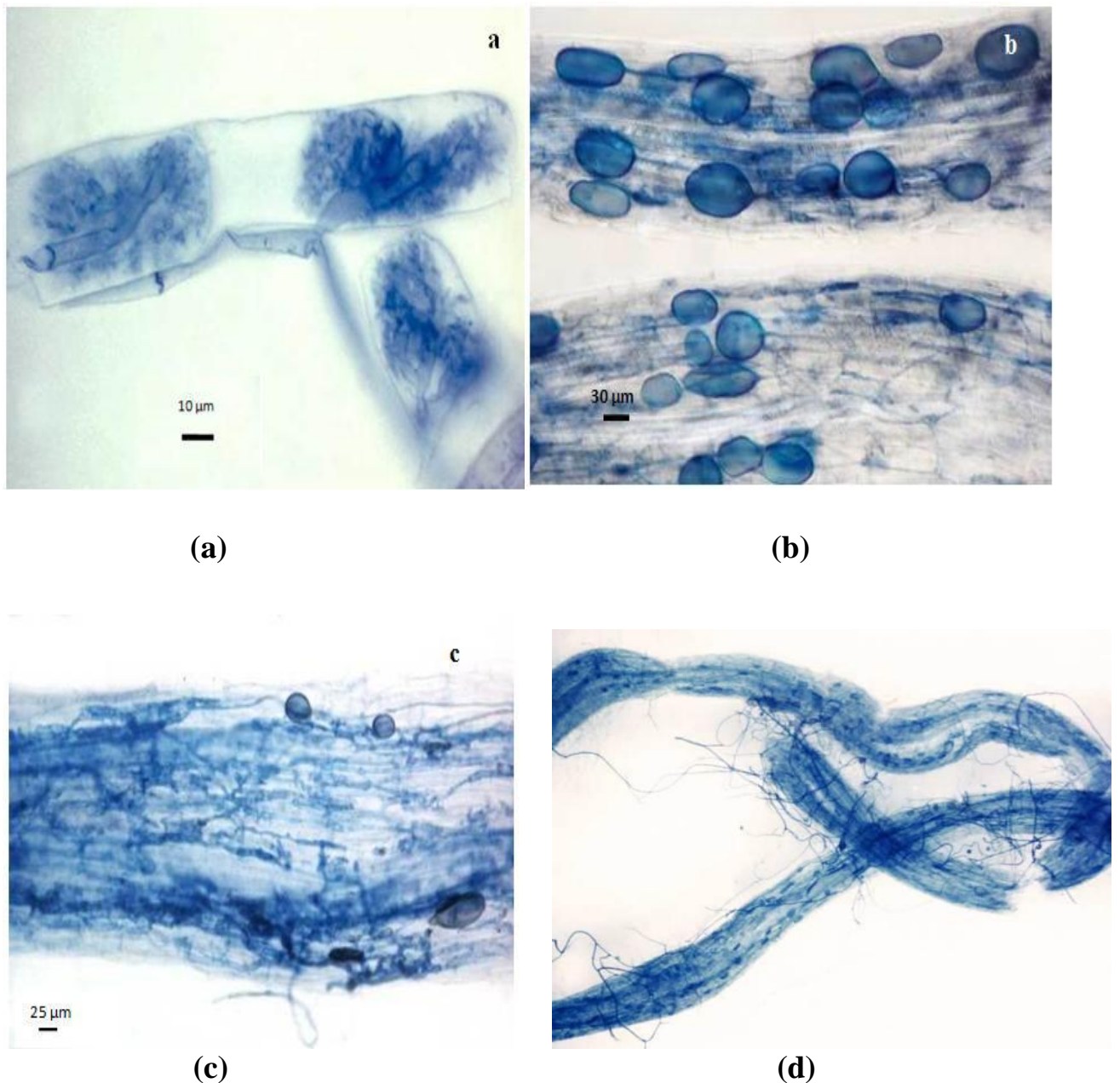


Figure 03 : Structures caractéristiques des champignons mycorhiziens arbusculaires. (a) Arbuscules intercellulaires (b) vésicules intraradicales (c) Hyphes intraradicales (d) hyphes extra radicales (site 05) (Source : www.edu/the-fungi.com)

IV.6. Classification des champignons mycorhizes à arbuscules

La taxonomie des CMA a d'abord été construite par morphotypage des spores, en tenant compte à la fois des similitudes structurales entre les spores mais aussi des caractères ayant une importance phylogénétique (Morton et Benny, 1990).

Chapitre I. Synthèse bibliographique

Les études morphologiques et phylogénétiques récentes ont permis de regrouper toutes les espèces mycorhiziennes à arbuscules en un nouvel embranchement, les Glomeromycota, répartis en 4 ordres composant 10 familles et 15 genres et environ 200 espèces. Le tout est associé à environ 225 000 espèces végétales terrestres. (Vierheilig et al., 1998)

IV. 7. Physiologie des mycorhizes

Indépendamment du type de mycorhize, diverses fonctions sont modifiées généralement par la présence des mycorhizes : l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, les activités hormonales, l'agrégation des sols, la protection contre les organismes pathogènes. (Philippe et Hayman, 1970)

a. Absorption de l'eau et des éléments nutritifs

L'absorption de l'eau et des éléments nutritifs constitue la toute première fonction attribuée aux mycorhizes, notamment l'absorption des éléments peu mobile du sol, comme le phosphore, qui est un des éléments nutritifs les plus importants pour la croissance des plantes car il intervient dans de nombreux processus métaboliques : biosynthèse des acides nucléiques et des membranes, photosynthèse, respiration et régulation des enzymes, c'est aussi l'élément dont la concentration dans la plante est la plus fortement augmentée par la symbiose endomycorhizienne (Bolan, 1991; Smith et Read, 1997).

Cependant, généralement, l'intensité de la colonisation racinaire par les champignons symbiotiques est réduite quand le niveau de phosphore augmente dans le sol et devient ainsi directement disponible pour la plante (Dickson et al., 1999).

Cette efficacité accrue dans l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs vient d'abord de l'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et la solution du sol. Les hyphes extraradiculaires minces des champignons pénètrent dans le sol sur une large région et peuvent l'exploiter plus efficacement que les racines des plantes (Bothe et al., 1994). Ces CMA augmentent aussi la résistance des plantes au stress hydrique (Davies et al., 1992 ; Subramanian et Charest, 1997) par un signal déclenché qui peut assurer une fermeture plus rapide des stomates, qui prévient une flétrissure irréversible.

Les hyphes ont aussi la possibilité d'acquiescer d'autres minéraux peu mobiles dans le sol comme l'azote, le soufre, le calcium, le magnésium, le potassium, le zinc et le cuivre.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

b. Activités hormonales

L'action globale des hormones produites par le champignon affecte le port général de la plante, dont la croissance des parties aériennes est souvent favorisée par rapport à celles des racines. Le champignon pour ainsi dire remplace partiellement les racines et cela à un moindre coût énergétique.

c. Agrégation des sols

Les mycéliums ont la propriété d'excréter une glycoprotéine, la glomaline. Les champignons mycorhiziens qui sont très abondants dans certains sols peuvent en produire des quantités importantes, dont plusieurs études ont montré le rôle dans la stabilité structurale du sol.

La glomaline agit comme une colle qui assemble les particules les plus fines du sol pour en faire des agrégats dont on connaît le rôle fondamental pour la fertilité des sols, en retenant l'eau et les éléments minéraux et en favorisant les échanges gazeux et l'aération (Fortin et *al.*, 2008).

d. Protection contre les organismes pathogènes

Naturellement, les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part des bactéries, de champignons, de nématodes, d'insectes et de maladies fongiques. Il a été prouvé expérimentalement que les plantes inoculées avec des champignons mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et l'exposition à des toxines du sol (Fitter, 1991 ; Moser et Haselwandter, 1983 ; Schtiepp et *al.*, 1987). Ces champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façons et à deux endroits pour protéger les racines contre les champignons pathogènes: dans la rhizosphère et dans les tissus racinaires.

A l'échelle de la rhizosphère et surtout de la mycorrhizosphère, l'espace entourant immédiatement la mycorhize, les micro-organismes sont confrontés à la compétition et à l'antagonisme, ce qui a pour effet d'établir une flore microbienne diversifiée et équilibrée. Dans cet environnement, les propagules des champignons pathogènes ne parviennent pas à proliférer et leur nombre reste toujours relativement faible.

Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques dans la racine. Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (Fortin et *al.*, 2008).

IV.8. Effets bénéfiques des MA sur les cultures

Un des avantages les plus importants provoqués par les MA est l'augmentation de l'absorption de minéraux du sol en général, et du phosphore en particulier (Vestberg et Estaun, 1994). Hernandez et *al.* (2005), indiquent que les MA absorbent le phosphore sous deux formes:

- Par minéralisation du phosphore organique grâce à l'activité de phosphatases localisées dans les arbuscules matures et hyphes intercellulaires.
- Par la solubilisation du phosphore insoluble (phosphate tricalcique, poudre de roche) grâce à la production d'acides.

L'amélioration de l'assimilation du phosphore est souvent considérée comme le meilleur bénéfice de l'association symbiotique. Gerdemann (1969), a montré qu'un taux important de minéraux réduit le niveau d'infection par les MA et vice-versa. En d'autres termes, plus les sols sont pauvres en phosphore, plus le champignon a des effets positifs (Harley y Smith, 1983). Gerdemann (1968), a conclu qu'une très faible quantité, ou une déficience modérée d'azote disponible ou de phosphore, augmente la quantité de composés carbonés dans les racines, alors plus susceptibles d'être infectées par les mycorhizes. La plante-hôte reçoit d'autres bénéfices de l'association, en plus des effets nutritionnels des MA.

En résumé, selon les dernières recherches de Jeffries et *al.*, 2003 ; Ruiz-Lozano et *al.*, 2003; Lum et Hirsh, 2003 ; Rillig, 2004 ; Van der Heijden, 2004 ; Govindarajulu et *al.*, 2005 ; Pozo et Azcon-Aguilar, 2007 ; Smith et Read, 2008 ; Gonzales-guerrero et *al.*, 2009, les MA améliorent l'enracinement des plantes par la production de phytohormones. Le mycélium externe des MA est connu pour son effet bénéfique sur la structure du sol, à travers la production d'une glycoprotéine appelée Glomaline, qui favorise l'agrégation des particules du sol par ses caractéristiques chimiques. Les MA protègent la plante face à des stress biotiques (pathogènes) et abiotiques (salinité, sécheresse, déficience ou excès de nutriments, excès de métaux lourds, dégradation du sol). Elles favorisent la diversité des communautés de plantes et la succession végétale, puis que chaque plante montre un niveau de compatibilité majeur avec certains écotypes d'AMF, d'où l'importance de la conservation de la diversité de ces champignons pour bénéficier à la diversité et à la succession des plantes.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

L'établissement de l'association mutualiste entre le champignon et les racines de la plante hôtes caractérise par une colonisation de l'écorce de la racine, sans aucun préjudice pour la plante, jusqu'à être, physiologiquement et morphologiquement, partie intégrante de cet organe (Guerrero, 1986).

Les AMF infectent les plantes à partir de propagules, qui sont des spores d'origine sexuelle, des réseaux de mycélium, ou des fragments de racine présents dans le sol. Ces propagules sont capables d'initier la formation de nouveaux mycorhizes. Le cycle de vie du champignon commence avec la germination des spores de résistance, lorsque les conditions de température et d'humidité le permettent, ou par le contact entre un fragment de racine colonisé et la racine-hôte. Suite à l'émission d'un tube de germination, le mycélium de champignon croît jusqu'à rencontrer une racine hôte, sur laquelle il forme une structure de pré colonisation dite appressorium. Grâce à cette structure, le champignon pénètre l'épiderme et commence la colonisation du tissu parenchymateux de la racine, mais ne pénètre pas l'endoderme ni les tissus vasculaires et méristématiques. A l'intérieur du tissu parenchymateux se forment des structures typiques dénommées bobines issues de circonvolutions d'hyphes intracellulaires. Par la suite, les hyphes pénètrent dans les cellules plus internes du cortex de la racine et se ramifient de manière répétée pour donner des arbuscules, qui présentent une vie brève, de 7 à 10 jours. L'échange de nutriments majoritairement lieu dans les cellules du parenchyme cortical. Les vésicules sont des organes de réserve surtout lipidique, apparaissant après les arbuscules. Elles sont de forme variée selon les espèces d'AMF, et sont généralement produites aux extrémités des hyphes mais aussi tout le long du parenchyme cortical colonisé. Certaines espèces du genre *Gigaspora* ou *Scutellospora* ne forment pas de vésicules à l'intérieur de la racine, mais dans le mycélium externe où elles forment des cellules auxiliaires (Balestrini et Lanfranco, 2006 ; Giovannetti, 2008 ; Parniske, 2008).

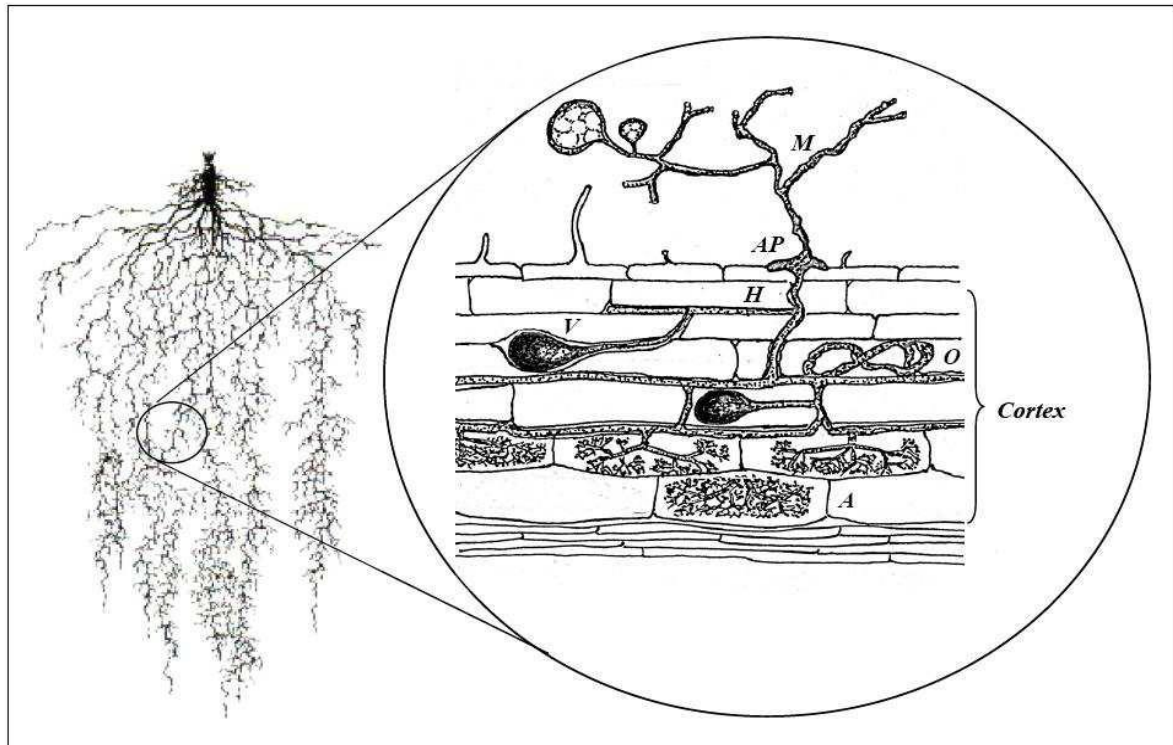


Fig.04. Anatomie des MA et mode de leur développement au niveau des racines.

Abréviations: A : Arbuscule; AP: Appressorium; S: Spore; H : Hyphe intra cellulaire ; M : Mycélium extra-racinaire ; B : Bobine ; V : Vésicule (Palenzuela et Barea, 2002).

Une fois la colonisation interne bien établie, les hyphes peuvent croître hors de la racine depuis la plante jusqu'au sol et explorer un volume de sol inaccessible aux racines : la plante-hôte augmente alors considérablement sa superficie d'absorption, de 100 à 1000 fois plus, et donc sa capacité de captation des nutriments et de l'eau. Les MA produisent ensuite des spores à partir du mycélium externe, ou parfois à l'intérieur de la racine, complétant ainsi le cycle de vie des AMF.

Les spores de résistance peuvent rester viables dans le sol très longtemps, alors que les hyphes Collapsent après 2 à 4 semaines dans le sol si elles ne rencontrent pas de racines-hôte.

IV.9. Facteurs déterminants la réussite de l'inoculation de MA sur les cultures :

Les facteurs qui ont une influence sur la réponse des plantes à la colonisation par les MA sont :

- la plante-hôte ;
- le bilan minéral du sol ;
- l'inoculation potentielle des champignons producteurs de MA.
- Les pratiques agricoles, la rotation des cultures et la jachère peuvent affecter les populations d'AMF (Sylvia 2000).

Selon Angulo (1997) Contreras (1987) et Ruiz (1993), d'autres facteurs environnementaux interviennent également tels la température ou la disponibilité en eau pour la plante-hôte. En effet, une trop grande sécheresse affecte la colonisation des AMF par altération des cellules corticales de la racine, inhibant la pénétration de l'hyphe ou par modification des stimuli de la racine. En revanche, une trop grande humidité provoque le collapse et la non-germination des spores d'AMF, ce qui réduit considérablement la colonisation. Enfin, le pH du sol affecte de manière significative la sporulation: en effet des variations de pH modifient la disponibilité de la majorité des éléments nutritifs du sol.

Bien que la symbiose de MA ne soit pas particulièrement spécifique, il est évident que toutes les espèces d'AMF ne sont pas équivalentes (Smith et Read, 1997). Il existe une certaine compatibilité fonctionnelle entre la plante, le sol et le champignon, traduite par la présence ou non de biomolécules spécifiques, et certaines combinaisons sont plus favorables que d'autres (Van der Heijden et *al.*, 1998).

Les techniques d'inoculation sont différentes selon l'espèce-hôte (par aspersion, enrobage de graines...) et ne se pratiquent pas nécessairement aux mêmes moments du stade de développement (FAO, 2005).

Chapitre II

Matériel et méthodes



Chapitre II. Matériel et méthode

I.1.Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail vise à étudier la réponse physiologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), en présence de l'inoculum mycorhizien et l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L.

I.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 05 : Serre en plastique semi-contrôlée

b. Matériel Végétal

Le matériel végétal comprend deux génotypes, *galine* et *classic, hybride* F1 de l'aubergine (*Solanum melongena* L), fournie par la société CLAUSE

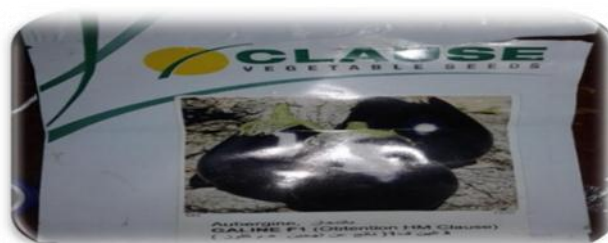


Figure 06: Graines d'aubergine par la société CLAUSE

Chapitre II. Matériel et méthode

La collecte du *Chenopodium Album* L a été réalisée d'une façon aléatoire dans la région de la wilaya de TIARET, au stade de maturation.

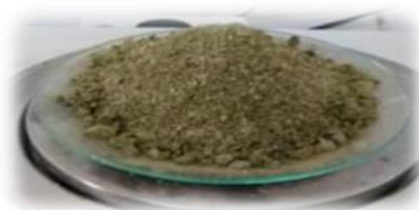


Figure07 : Echantillons de *Chenopodium Album* L

c. Matériel fongique

L'inoculum fongique est constitué d'un mélange de racines de petites fabacées comme le *Lotus corniculatus*, *Trifolium stellatum* L. et de graminées comme l'*Aegilops geniculata*, collectées de façon aléatoire dans une région située près de la ville de sougueur.

I.3-Préparation du semis des graines

a. La pré-germination

Les graines des deux variétés ont été désinfectées par plusieurs trempages dans 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.



Figure 08 : La germination des graines d'aubergine

Chapitre II. Matériel et méthode

b. Le repiquage

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 09 : Le repiquage des petites plantules dans des gobelets

c. La transplantation :

Les plantules de l'aubergine seines et uniformes ont été transplantés dans cylindre en plastique de diamètre de 20 cm et de hauteur de 40cm, préalablement remplis de sable stérile (en les mettant sous une température de 120°C pendant une heure dans une étuve ventilée), à raison de deux plantules par cylindre.



Figure 10 : Transplantation des petites plantules d'aubergine

Chapitre II. Matériel et méthode

I.4-Préparation des différentes solutions d'irrigation

a. Préparation des solutions salines

Trois types de solution saline ont été préparés, en plus d'un témoin irrigué seulement à la solution nutritive alors que des concentrations salines qui correspondent graduellement 70 meq qui correspondent à 4.09 g de NaCl, 150 meq correspondant à 8.77g et 230 meq correspondant à 13.45g de NaCl, en plus de témoin (irrigué seulement à la solution nutritive), ont été utilisées pour l'application de la salinité aux plantes de l'aubergine.

La solution nutritive a été appliquée pour favoriser la croissance végétale et éviter les problèmes de déficit nutritionnel.

Tab 01 : Composition chimique de la solution nutritive retenue pour l'irrigation des plantes

Elément majeur	Oligo-élément
Azote.....20%	Bore.....300ppm
Phosphore.....20%	Cuivre.....60ppm
Potassium.....20%	Fer(EDTA).....650ppm
Magnésium.....0.4%	Manganèse.....650ppm
Soufre.....0.8%	Zinc.....300ppm

b. Préparation de l'extrait aqueux de *Chenopodium album* L:

Le matériel végétale a été écrasé après le séchage dans un mortier puis subit un broyage afin d'obtenir une poudre plus ou moins fine à l'aide d'un Broyeur, puis laissé à l'air libre au contact du sol pendant 40 jours pour favoriser la dégradation de la matière organique grâce à l'activité microbienne.

La solution a été obtenue par la macération aqueuse à froid qui consiste à mettre en solution, 20 g de la poudre de *Chenopodium album* L pendant 24 heures avec 230 ml de l'eau distillée, dans un flacon hermétique tuniquee par l'aluminium, sous un Mélangeur magnétique, à la température ambiante du laboratoire.

Chapitre II. Matériel et méthode

Après 24 heures, l'homogénat a été filtré et ultrafiltré par le biais de papier Wattman. Ensuite, une dilution a été réalisée à 10 fois de la solution mère.

Cette solution diluée à 10 fois de la solution mère de l'extrait aqueux a été appliquée aux plantes de l'aubergine en présence de deux concentrations croissantes de NaCl 70 meq ,150 meq et 230 meq.

c. Préparation de la solution Extrait aqueux-Na cl:

Les solutions salines ont été ajoutées à l'extrait aqueux de la *Chenopodium album* L aux 10 fois de telle façon à obtenir les mêmes concentrations salines, 70 meq ,150 et 230 meq de Na Cl.

Les concentrations composées de Na Cl et extrait aqueux de la *Chenopodium album* L ont été mesurées à l'aide d'un conductimètre à une température de 25°C.

I.5. L'application du stress salin :

Le stress salin a été appliqué au stade de troisième feuille de la plante de l'aubergine. Les plantes stressées sont irriguées quotidiennement après un lavage avec de l'eau de robinet.

I.6. Préparation de l'inoculum mycorhizienne

Les racines infectées sont soigneusement lavées à l'eau afin d'éliminer la terre adhérente et découpées en petits fragments de 1cm, puis désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 12° pendant 1min. Ce dernier est éliminé par un rinçage abondant à l'eau distillée stérile. Les racines sont mélangées à un substrat stérile et puis utilisées comme inoculum. Ce dernier représentait 10% du poids total de substrat utilisé en culture. Cet inoculum est placé à la base des racines des plantules de racine au moment de la transplantation.

Mais avant l'inoculation, on s'est assuré que le piégeage a réussi et que la racine était infectée par les champignons mycorhiziens. Pour observer les structures des mycorhizes à arbuscules au niveau des racines, on a suivi le protocole de Kormanik et McGraw, (1982). On place 0,5 g des racines dans un tube perforé mis dans un bicher. On couvre ces racines avec 10% KOH. On chauffe les échantillons en bain marie à 90°C pendant 1heure ou en autoclave à 15 psi pendant 10 minutes (Bevege, 1968 ; Brundrett et al., 1984).Après le chauffage, on verse la solution du KOH, on rince bien les racines avec

Chapitre II. Matériel et méthode

l'eau de robinet. Si les racines sont encore pigmentées, on les place dans un bicher et on les couvre avec la solution alcaline fraîchement préparée de H₂O₂ (ajout de 3 ml de NH₄OH à 30 ml de 10% H₂O₂ et 567 ml d'eau de robinet) en chambre de culture pendant 10 à 20 minute ou jusqu'à ce que les racines blanchissent (la solution alcaline de H₂O₂ doit être immédiatement préparée et ne se conservent pas). Après la décoloration, on lave les échantillons de racines à plusieurs reprises avec l'eau de robinet (au moins trois reprise) pour éliminer la solution alcaline de H₂O₂ et puis on les couvre avec la solution acide de HCl diluée (approximativement 1 à 3,5%). On les laisse trempés dans cette solution pendant 3 à 4 minutes et puis on les récupère. On passe après cette étape à la coloration des racines. Cette coloration est habituellement réalisée en milieu acide contenant l'acide lactique, glycérine et l'eau (Phillips et Hayman 1970, Kormanik et McGraw, 1982 et Brundrett et al., 1984). Phillips et Hayman (1970) ont proposé une méthode pour la visualisation des MA. Leur méthode donne de très bons résultats et elle est utilisée dans de nombreux travaux. Son principe est basé sur l'utilisation de 0,05% trypan bleuen lactophénol comme colorant. Cependant, Trypan bleu est considéré comme étant très cancérigène (IARC, 1975 in Utobo et al., 2011 ; Vierheilig et al., 1998) aussi l'utilisation du phénol est déconseillée actuellement (Koske et Gemma, 1989 ; Vierheilig et al., 1998). Des méthodes alternatives de trypan bleu pour la coloration des racines sont proposées comme l'utilisation de l'acide fuchsine (Kormanik et McGraw, 1982 ; Vierheilig et al., 1998).

En fonction du matériel et produits disponible au laboratoire, on a opté pour l'utilisation de l'acide fuchsine pour la coloration des racines. Les racines déjà décolorées étaient plongées dans une solution de 5% d'acide fuchsine qui n'est soluble qu'en acide acétique (Kormanik et McGraw, 1982 ; Vierheilig et al., 1998). Après 30 minutes, les racines étaient placées entre lames et lamelles et observé au microscope au grossissement 100. Les structures arbusculaires étaient claires indiquant que l'infection des racines de poireau par les champignons mycorhiziens à arbuscules a réussi.

I.7. Dispositif expérimental

Ce dispositif est composé de quatre blocs, chaque bloc est constitué de quatre traitements avec trois répétitions.

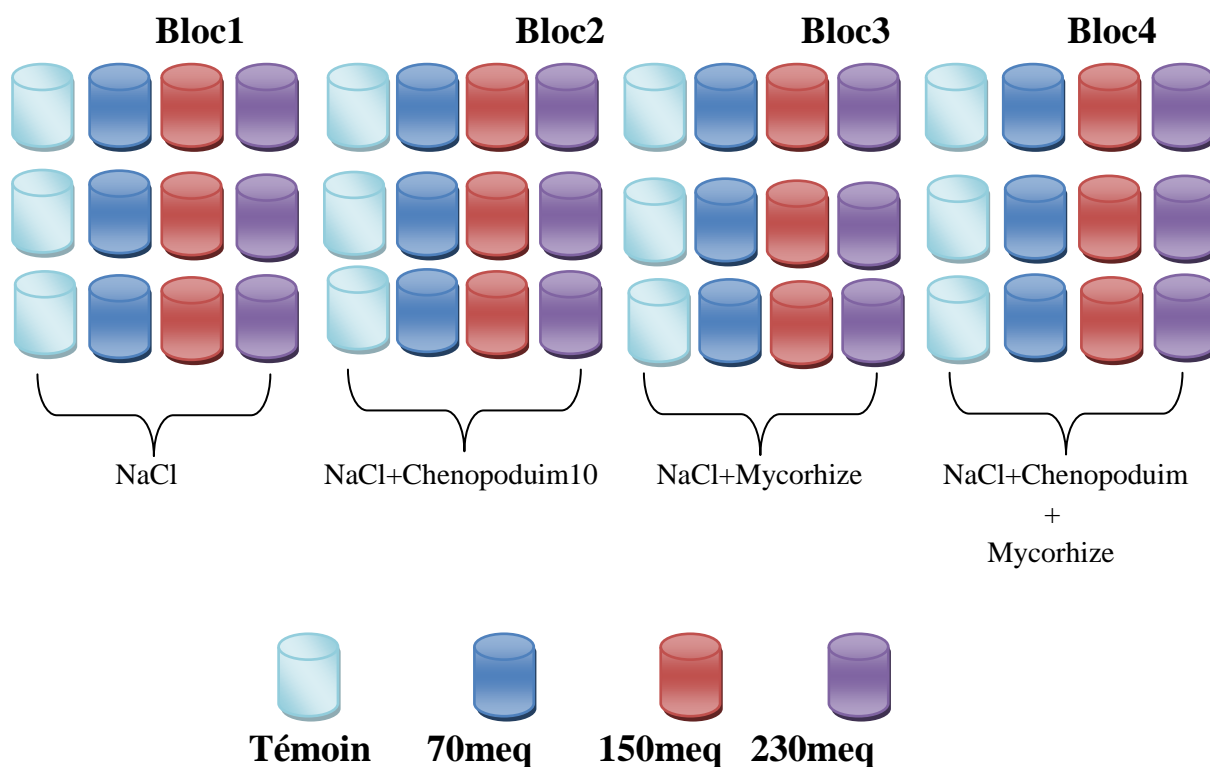


Figure 11 : dispositif expérimental Les plantes du

- premier bloc ; les plante sont irriguées au Na Cl avec trois concentrations, 70 ,150 et230 meq.
- deuxième bloc ; l'extrait aqueux de *Chenopodium album* L est ajouté aux concentrations salines.
- Troisième bloc, les plantes mycorhizées sont irriguées au Na Cl.
- quatrième bloc, les plantes mycorhizées sont irriguées au Na Cl en présence de l'extrait aqueuxde *Chenopodium album* L.

I.8. Les paramètres mesurés

a. 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 (Pi). Ensuite, elles sont introduites dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à une température de 4°Cpendant 24 heures à l'abri de la lumière. Après, les feuilles sont retirées délicatement, essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau ; c'est le poids en pleine turgescence (Ppt). Le poids sec des feuilles (Ps) est déterminé après

Chapitre II. Matériel et méthode

les placer dans l'étuve à une température de 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est déterminée par la formule suivante :

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

TRE : teneur relative en eau

Pfi : poids des feuilles initial

Ps : poids sec des feuilles

Ppt : poids en pleine turgescence

b. Le taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée

Les feuilles sont prélevées à leur base et trempées par leur partie sectionnée dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée. L'ensemble est placé à l'obscurité à une température de 4°C pendant 24 heures. Les feuilles sont ensuite retirées, l'eau de surface est absorbée soigneusement par papier buvard, la partie sectionnée est trempée dans de la graisse de silicone (Horne et Kahn, 2000) afin d'empêcher toute perte d'eau à travers les nervures sectionnées. La feuille est ensuite pesée ; c'est le poids initial (Pi) obtenu à la pleine turgescence. La température du laboratoire doit être environ 22°C dans le cas de mesure de tel paramètre. Enfin, une prise de poids a été alors pratiquée après 60 et 120 mn

La première pesée après une heure Pt60 permet d'estimer le taux de la transpiration somatique et la deuxième pesée après deux heures Pt120, c'est afin d'apprécier le taux de la transpiration cubculaire, enfin la surface foliaire (SF) est déterminée par pesées du papier calque. La perte d'eau est évaluée par l'équation :

$$\text{RWL}(\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mn}) = (\text{Pi} - \text{Ptx}) / \text{SfxT}$$

RWL : taux de déperdition de l'eau

Pi : poids initial

Ptx : Poids après x temps

SfxT : surface foliaire

d. Les paramètres liés aux stomates

Des empreintes stomatiques sont réalisées sur la face ventrale de la feuille terminale qui a achevé sa croissance. Primo, les deux parties de la feuille ont été nettoyées des poils et de cires par un ruban adhésif. Une couche de vernis à angle transparent a été appliquée, puis elle a été retirée après le séchage à l'aide d'un ruban adhésif transparent

Chapitre II. Matériel et méthode

collée sur une lame de microscope. Tertio, les observations et les mesures sont faites à l'aide d'un microscope assisté par ordinateur pour le comptage du nombre de stomates par unité de surface.

Chapitre 1 Les mesures étaient portées sur :

➤ La densité stomatique ou le comptage des stomates dans le champ microscopique ;

➤ Le comptage des cellules épidermiques dans le champ microscopique.

Chapitre 2 L'indice stomatique est calculé en se référant à la formule de Wilkinson(1979) adoptée par Parès-Martinez et *al.*(2004) :

Chapitre 3 $IS = \frac{(nbrest \times 100)}{(nbrest + nbreCE)}$

IS: Indice stomatique

Nbre st: Nombre de cellules somatiques

Nbre CE: Nombre de cellules épidermiques

d. L'intégrité membranaire

L'intégrité de membrane a été évaluée selon la méthode Compos et al. , (2003) afin de vérifier la fluidité transmembranaire des feuilles maintenues dans les différents traitements. Une pièce de feuilles de 1cm² a été prélevée et placée dans un tube à essai contenant 10 ml de l'eau dé-ionisée puis a été maintenue dans un bain-mari sous température de 30°C pendant 3 heures. La conductivité électrique C1 a été mesurée après refroidissement puis, le tube a été placé dans un bain-marie à l'ébullition pendant 2 minutes. Après refroidissement, la seconde conductivité électrique C2 a été déterminée. Le taux de l'intégrité membranaire est déterminé par la formule suivante :

$$IM = 1 - [C1/C2]$$

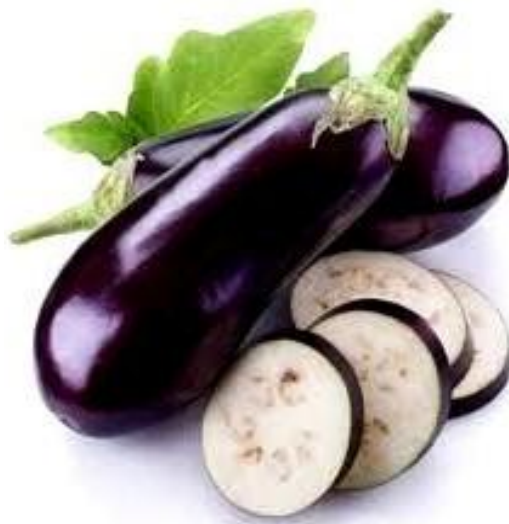
IM : Intégrité membranaire

C1 : conductivité électrique 1

C2 : conductivité électrique 2

Chapitre III

Résultats et discussion



Chapitre III. Analyse des résultats

I. ANALYSE DES RESULTATS

I.1. La teneur relative en eau

Selon l'analyse de la variance montrée au Tableau (1), les concentrations salines affectent de manière très significative de la teneur relative en eau dans les feuilles de l'aubergine non mycorhizée ($p < 0.001$)

Tableau 02 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur relative en eau (%) des feuilles de deux génotype de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Source	D	Sig
Na Cl	28,934	0.000
génotype	12,805	0,001
NaCl * génotype	5,746	0.002
Na Cl* l'inoculum mycorhizien	1,838	0,149 ns
NaCl* l'inoculum mycorhizien* génotype	0,342	0,795 ns
NaCl *extrait aqueux	5,996	0,001
NaCl *extrait aqueux * génotype	1,025	0,387 ns
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien	14,348	0,000
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien* génotype	0,537	0,659 ns

Ns : non significative

Lorsque l'extrait aqueux de *Chenopodium album* L, est ajouté à la salinité, la teneur relative en eau au niveau des feuilles des plantes de l'aubergine inoculées ou non inoculées par les champignons mycorhiziens varie de façon très significative ($p < 0.001$). Cependant ce paramètre n'est pas affecté par la salinité chez les plantes mycorhizées ($P > 0.05$).

Les résultats obtenus dans la figure 1, indique qu'au niveau des feuilles des plantes de la variété classic qui reçoivent la solution saline seule, la teneur relative en eau diminue de façon hautement significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl.

Chapitre III. Analyse des résultats

Cette teneur chez témoin est de $69,74 \pm 22,1\%$. Elle diminue, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $56,75 \pm 15,83\%$ et $50,21 \pm 4,66\%$ chez les plantes non mycorhizées traitées respectivement à 70 et 230 meq de NaCl seul. Cependant elle augmente chez les lots irrigués au 150 meq de NaCl pour enregistrer $65,08 \pm 9,63\%$.

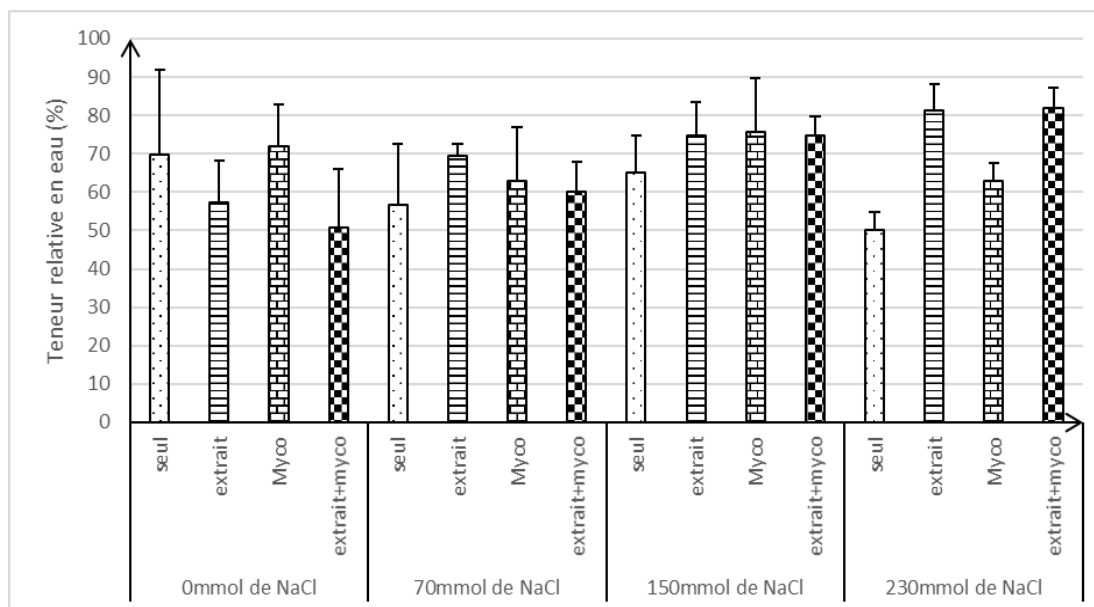


Figure 12 : la teneur relative en eau des feuilles du génotype classic de l'aubergine *Solanum melongena L.* soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album L.* et de l'inoculum mycorhizien.

Sous la salinité seule, la teneur relative en eau des feuilles des plantes mycorhizées du génotype classic diminue de façon non significative ($r=0,07$).

Cependant on remarque une augmentation statistiquement non significative de la teneur relative en eau chez des plantes mycorhizées ou sans association mycorhizienne sous le traitement de la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album L.*

La figure(13) montre que la teneur relative en eau chez feuilles des plantes de la variété galine non mycorhizée est fortement influencée par l'augmentation des concentrations de NaCl ($r= 0,653^{**}$).

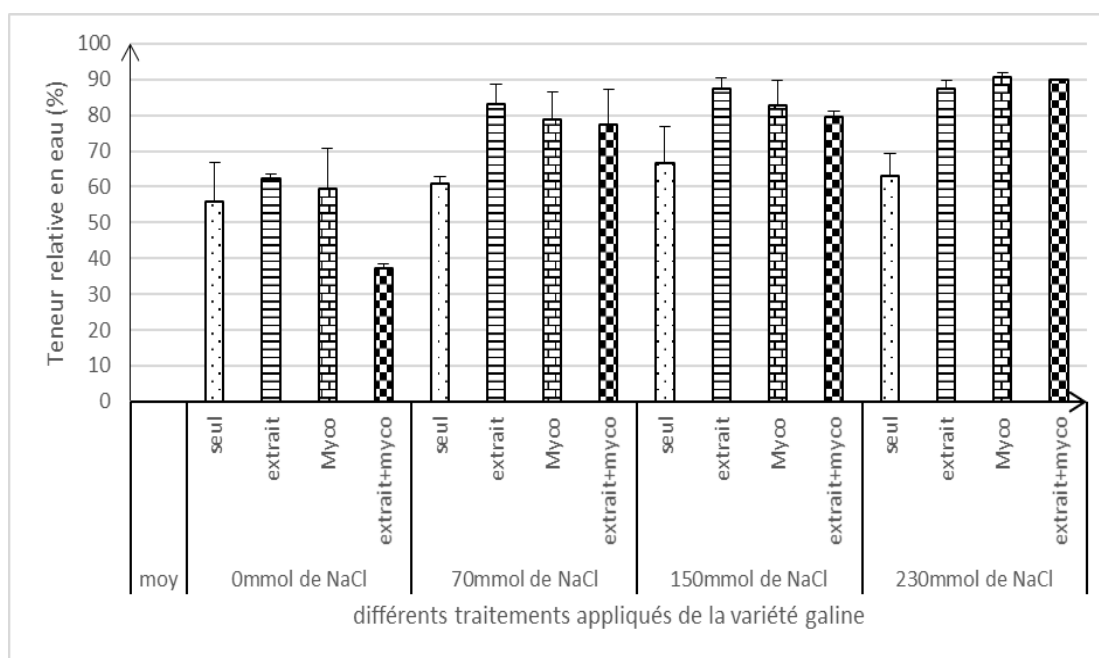


Figure 13 : la teneur relative en eau des feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena L.* soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album L.* et de l'inoculum mycorhizien.

Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux de *Chenopodium album L.*, la TRE semble élevée chez les deux génotypes inoculés ou non inoculés par les champignons mycorhiziens

La TRE est élevée de façon significative chez la variété galine de l'aubergine que classic ($r = 0.402^*$).

I.2. Le taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL)

- **Après 60 mn**

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 3) démontrent que les concentrations salines seules n'affectent pas significativement le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles de l'aubergine ($p > 0.05$). Cependant la nature du génotype utilisée provoque des variations notables de ce paramètre ($p < 0.001$). Ainsi que la réponse aux concentrations de NaCl des deux génotypes est très différente ($p < 0.05$).

Sous les différents traitements à l'exception de la salinité seule, le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles de l'aubergine varie de façon significative ($p < 0.05$).

Chapitre III. Analyse des résultats

Tableau 3 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 60 mn de deux génotype de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Source	D	Sig
Na Cl	2,571	0,062 ns
génotype	37,405	0,000
NaCl * génotype	3,747	0,015
NaCl* l'inoculum mycorhizien	4,039	0,011
NaCl* l'inoculum mycorhizien* génotype	0,381	0,767 ns
Na Cl *extrait aqueux	4,268	0,008
NaCl *extrait aqueux * génotype	0,779	0,510 ns
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien	3,026	0,036
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien* génotype	0,139	0,936 ns

ns : non significative

Les résultats obtenus dans la figure 14, montre qu'au niveau des feuilles des plantes non mycorhizées de la variété classic qui reçoivent la solution saline seule, le taux de déperdition de l'eau augmente de façon significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl. le taux de déperdition de l'eau chez témoin est de $0,0014 \pm 0,001$ mg/cm²/mn. Il augmente, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $0,0024 \pm 0,001$ mg/cm²/mn. et $0,0014 \pm 0,0001$ mg/cm²/mn chez les plantes traitées respectivement à 150 et 230 meq de NaCl.

Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles des plantes mycorhizées de la variété classic de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul.

Chapitre III. Analyse des résultats

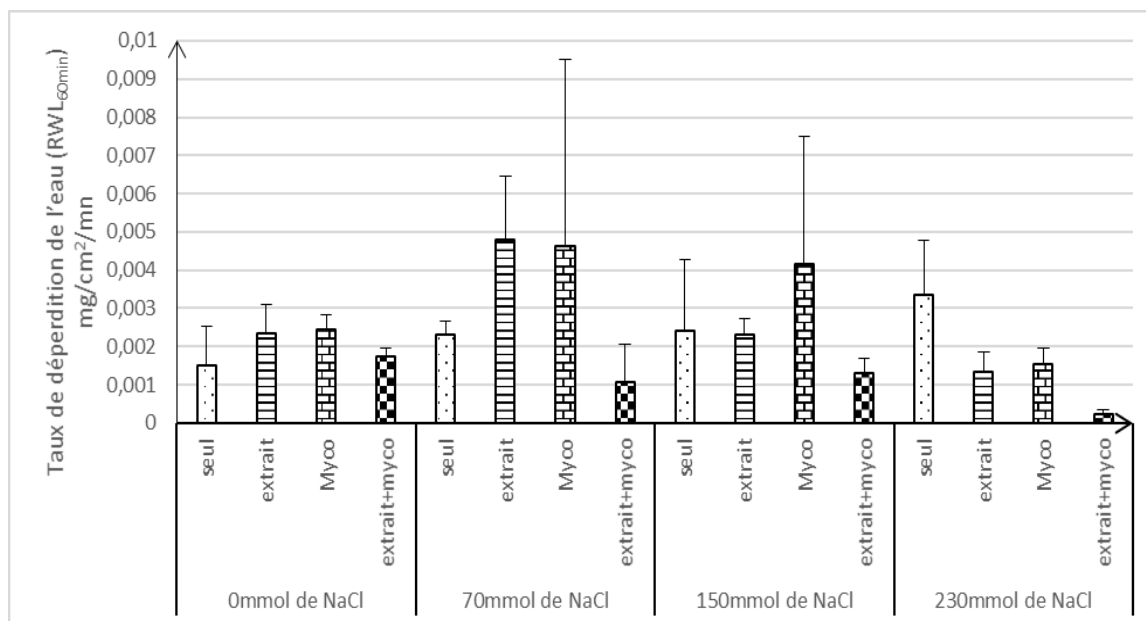


Figure 14 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 60 mn de la variété classic de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

La figure (15) montre que taux de déperdition de l'eau chez feuilles des plantes de la variété galine non mycorhizée augmente de façon significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r = 0.449^{**}$). Chez le témoin, le taux de déperdition de l'eau est de $0,00022 \pm 0,00008$ mg/cm²/mn. Il augmente au niveau des feuilles traitées au 230 meq de NaCl en enregistrant $0,0027 \pm 0,0009$ mg/cm²/mn.

Sous les différents traitements en présence de la salinité, le taux de déperdition de l'eau chez feuilles des plantes de la variété galine est significativement faible par rapport à celles qui sont traitées aux concentrations de NaCl seul.

Le taux de déperdition de l'eau est faible de façon significative chez la variété galine de l'aubergine que classic ($r = -0.517^{**}$).

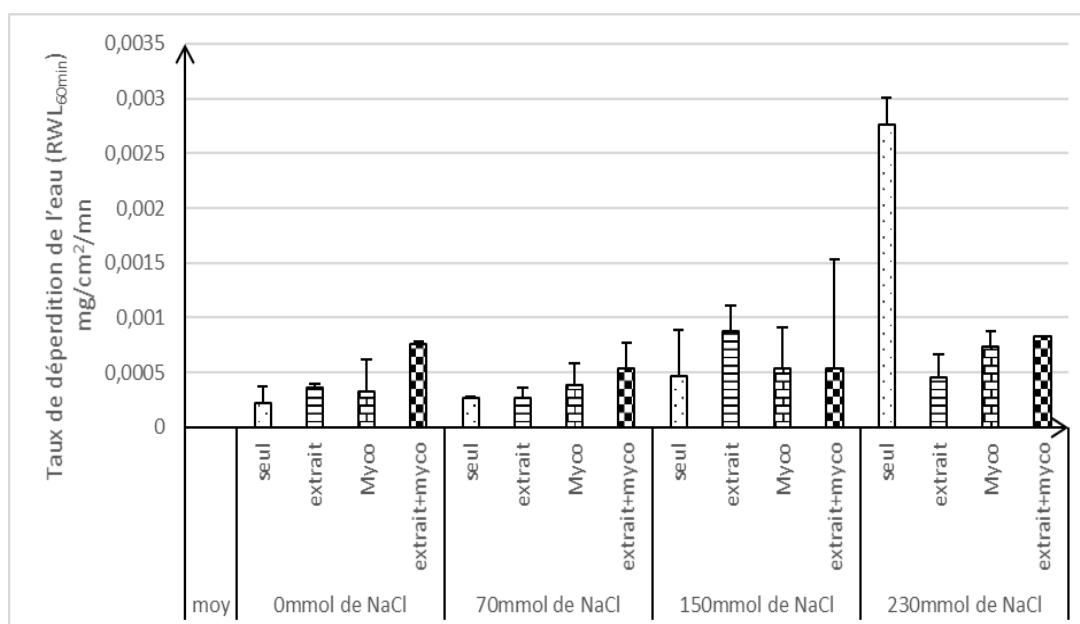


Figure 15 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 60 mn de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

- **Après 120 mn**

Selon l'analyse de la variance montrée au Tableau (4), les concentrations salines seules affectent de manière très significative le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles de l'aubergine ($p < 0.001$). La nature du génotype utilisée provoque des variations notables de ce paramètre ($p < 0.001$). Ainsi que La réponse aux concentrations de NaCl ou en présence ou en absence de l'extrait aqueux *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien des deux génotypes est différente ($P < 0.05$).

Sous les différents traitements, le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles de l'aubergine est influencé de façon significative ($p < 0.05$).

Chapitre III. Analyse des résultats

Tableau 4 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) du taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 120 mn de deux génotype de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Source	D	Sig
Na Cl	9,716	0,000
Génotype	4,884	0,031
NaCl * génotype	3,555	0,019
NaCl* l'inoculum mycorhizien	10,636	0,000
Na Cl* l'inoculum mycorhizien* génotype	3,541	0,064 ns
NaCl *extrait aqueux	13,415	0,000
NaCl *extrait aqueux * génotype	3,059	0,034
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien	4,114	0,010
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien* génotype	4,114	0,010

ns : non significative

Les résultats obtenus dans la figure 16, montre qu'au niveau des feuilles des plantes non mycorhizées de la variété classic qui reçoivent la solution saline seule, le taux de déperdition de l'eau augmente de façon significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl. Le taux de déperdition de l'eau chez témoin est de $0,0015 \pm 0,0007 \text{ mg/cm}^2/\text{mn}$. Il augmente, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $0,0025 \pm 0,0006 \text{ mg/cm}^2/\text{mn}$. et $0,0022 \pm 0,0002 \text{ mg/cm}^2/\text{mn}$ chez les plantes traitées respectivement à 150 et 230 meq de NaCl.

Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau chez les feuilles des plantes mycorhizées de la variété classic de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul ($r=-0.328^*$)

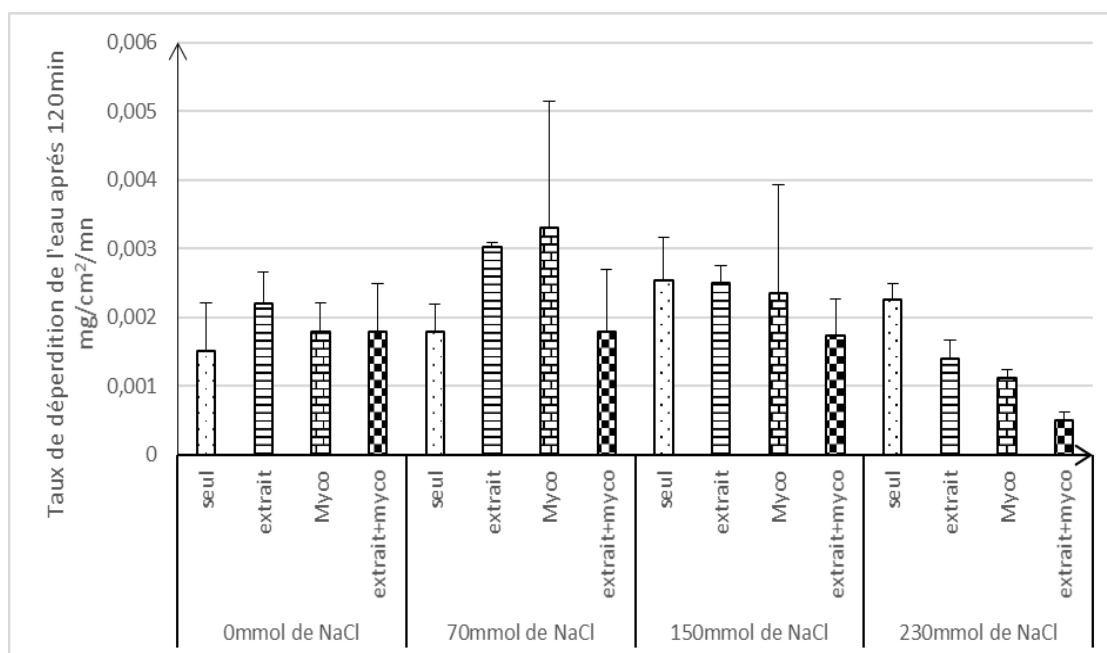


Figure 16 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 120 mn de la variété classic de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

La figure 17 montre que taux de déperdition de l'eau après 120mn chez feuilles des plantes de la variété galine non mycorhizée augmente de façon non significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r= 0.253$). Chez le témoin, le taux de déperdition de l'eau est de $0,00186 \pm 0,00038$ mg/cm²/mn. Il augmente au niveau des feuilles traitées au 230 meq de NaCl en enregistrant $0,0049 \pm 0,0003$ mg/cm²/mn.

Sous la salinité en présence de de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau après 120 mn chez feuilles des plantes de la variété galine est significativement faible par rapport à celles qui sont traitées aux concentrations de NaCl seul ($r=-0.360^*$)

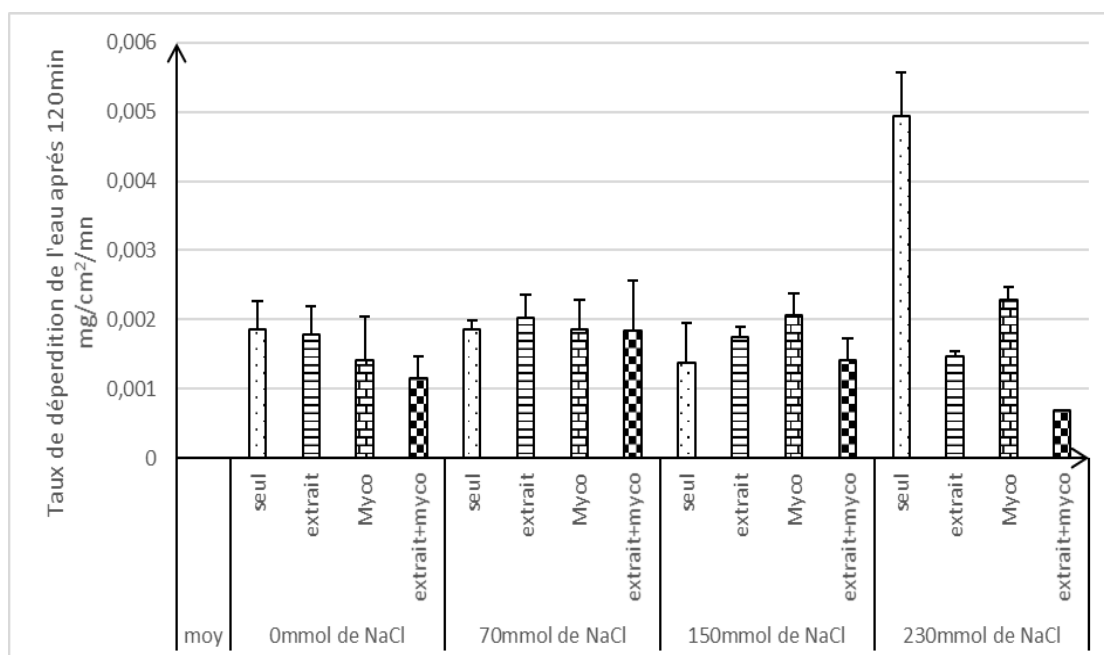


Figure 17 : taux de déperdition de l'eau par la feuille excisée (RWL) après 120 mn de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

I.3-Intégrité membranaire

Selon l'analyse de la variance montrée au Tableau (5), les concentrations salines affectent de manière très significative l'intégrité membranaire de deux génotype de l'aubergine ($p < 0.001$). La nature du génotype utilisée provoque des variations notables de ce paramètre ($p < 0.001$). Ainsi que la réponse aux concentrations salines seules des deux génotypes non mycorhiziens est différente ($P < 0.05$).

Cependant sous la salinité en présence des différents traitements ce paramètre ne varie pas significativement chez les plantes de l'aubergine ($p > 0.05$).

Chapitre III. Analyse des résultats

Tableau 5 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de l'intégrité membranaire de deux génotype de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Source	D	Sig
Na Cl	28,961	0,000
Génotype	5,103	0,027
NaCl * génotype	5,088	0,003
NaCl* l'inoculum mycorhizien	2,458	0,071 ns
Na Cl* l'inoculum mycorhizien* génotype	,905	0,444 ns
NaCl *extrait aqueux	2,515	0,066 ns
NaCl *extrait aqueux * génotype	,513	0,675 ns
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien	4,503	0,006 ns
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien* génotype	0,702	0,555 ns

ns : non significative

Les résultats obtenus dans la figure 18, montre chez la variété classic de l'aubergine, les variations de l'intégrité membranaire diminue de façon très significatives en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r = -0,761^{**}$). L'intégrité membranaire du témoin est de $0,94 \pm 0,01$. Elle diminue, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $0,82 \pm 0,04$ et $0,69 \pm 0,04$ chez les plantes traitées respectivement à 150 et 230 meq de NaCl.

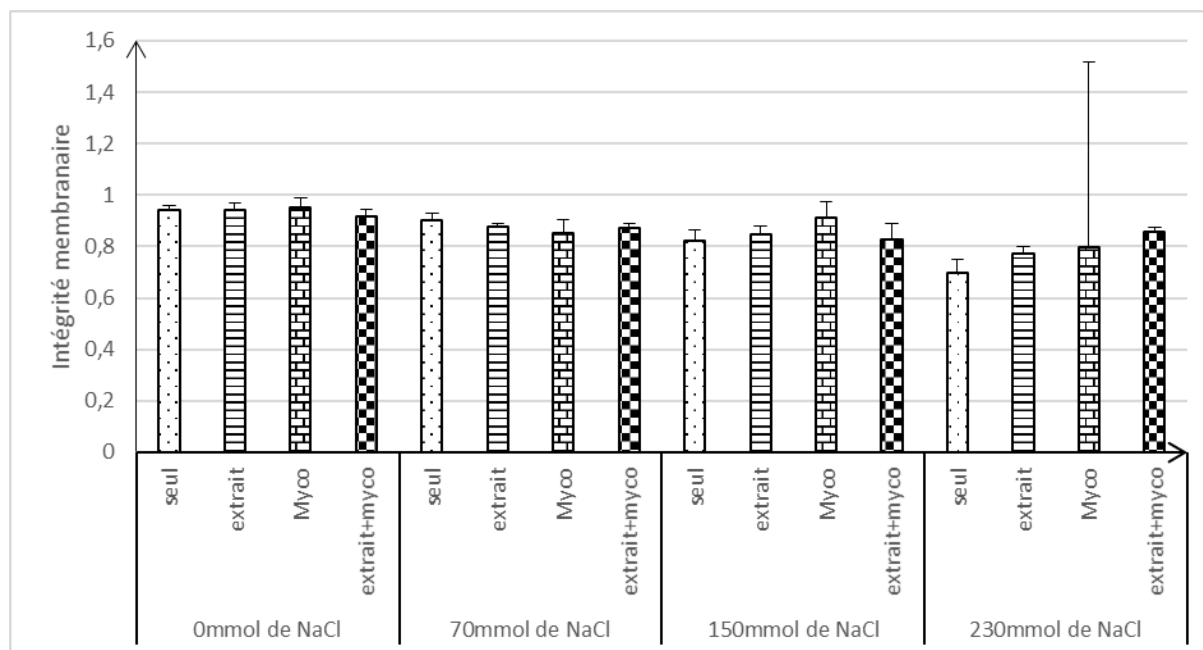


Figure 18 : variation de l'intégrité membranaire chez les feuilles de la variété classic de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, l'intégrité membranaire du génotype classic mycorhizées est significativement plus élevée par rapport celle des plantes non mycorhizées traitées au NaCl seul.

La figure 19 indique que les feuilles des plantes de la variété galine non mycorhizée perdent leur intégrité membranaire de façon très significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r = -0.805^{**}$). L'intégrité membranaire chez témoin est de $0,97 \pm 0,01$. Elle diminue fortement en enregistrant une valeur de $0,58 \pm 0,17$ chez les plantes traitées au 230 meq de NaCl seul.

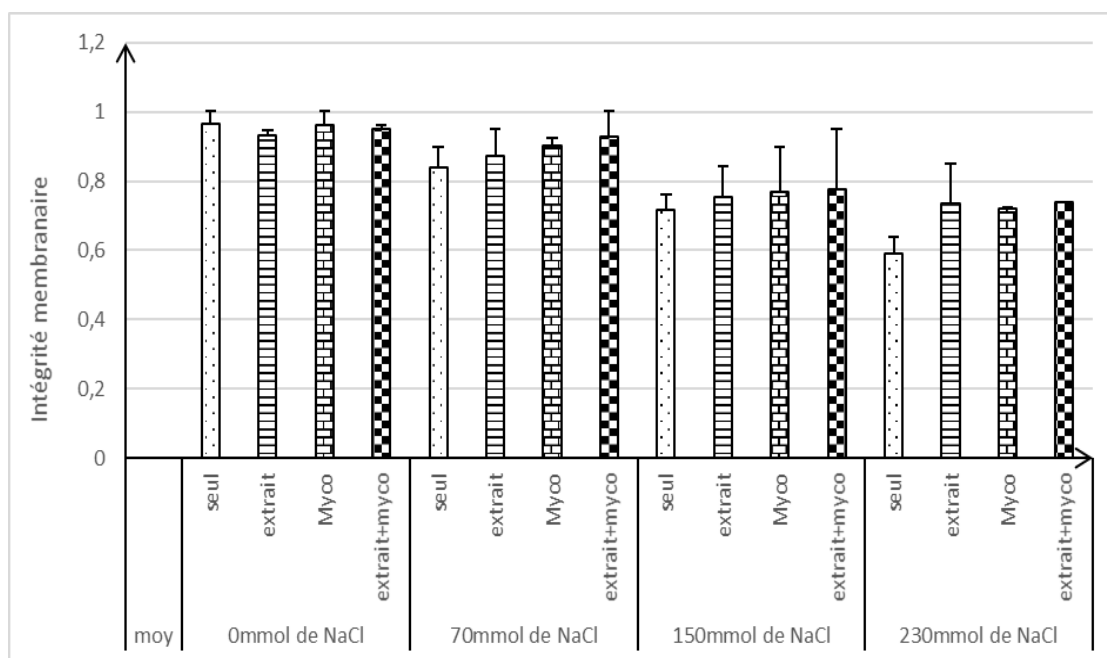


Figure 19 : variation de l'intégrité membranaire chez les feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Sous les différents traitements à l'exception de la salinité seule, les plantes du génotype galine perdent leurs intégrités membranaires de façon non significative, surtout pour le lot des plantes mycorhizées irriguées au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L ($r=0.124$)

I.4. l'indice stomatique

Selon l'analyse de la variance montrée au Tableau (6), les concentrations salines affectent de manière très significative l'indice stomatique de deux génotypes de l'aubergine ($p<0.001$). Cependant la nature du génotype utilisée ne provoque pas des variations de ce paramètre ($p>0.05$). La réponse aux concentrations de NaCl en présence de l'extrait aqueux *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien des deux génotypes est différente ($P<0.05$). Aucune distinction génotypique n'est observée à la suite de la conduite du stress salin associés aux autres traitements appliqués.

Sous la salinité associée aux différents traitements appliqués ce paramètre varie pas significativement ($p>0.05$).

Chapitre III. Analyse des résultats

Tableau 6 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de l'indice stomatique de deux génotype de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) soumis aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Source	D	Sig
Na Cl	46,884	0,000
Génotype	1,035	0,313 ns
NaCl * génotype	0,609	0,611 ns
NaCl* l'inoculum mycorhizien	0,205	0,892 ns
NaCl* l'inoculum mycorhizien* génotype	0,362	0,781 ns
NaCl *extrait aqueux	0,752	0,525 ns
NaCl *extrait aqueux * génotype	0,871	0,461 ns
NaCl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien	2,688	0,054 ns
Na Cl *extrait aqueux * l'inoculum mycorhizien* génotype	3,195	0,029

ns : non significative

Les résultats obtenus dans la figure 20, montre que chez la variété classic de l'aubergine non mycorhizée, l'indice stomatique diminue de façon très significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r = -0,748^{**}$). L'indice stomatique du témoin est de $19,60\% \pm 2,2$. Il diminue fortement en inscrivant une valeur de $12,6\% \pm 0,39$ chez les plantes traitées respectivement à 230 meq de NaCl seul.

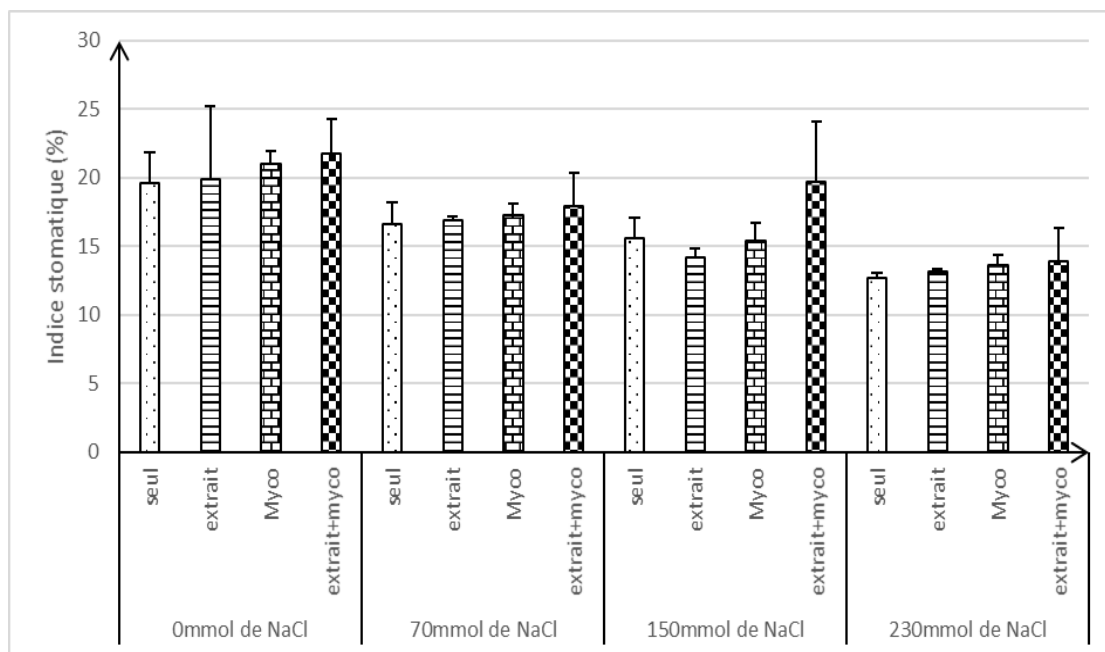


Figure 20 : l'indice stomatique du génotype classic de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

L'augmentation des concentrations de NaCl associée aux autres traitements, provoque une diminution non significative de l'indice stomatique du génotype classic de l'aubergine.

La figure 21 indique que l'indice stomatique des plantes de la variété galine non mycorhizée diminue de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r = -0.860^{**}$). l'indice stomatique chez témoin est de $21,17 \% \pm 1,54$. Elle diminue fortement en enregistrant une valeur de $9,41 \pm 2,14$ chez les plantes traitées au 230 meq de NaCl seul.

L'augmentation des concentrations de NaCl associée aux autres traitements, provoque une diminution non significative de l'indice stomatique des deux génotypes de l'aubergine.

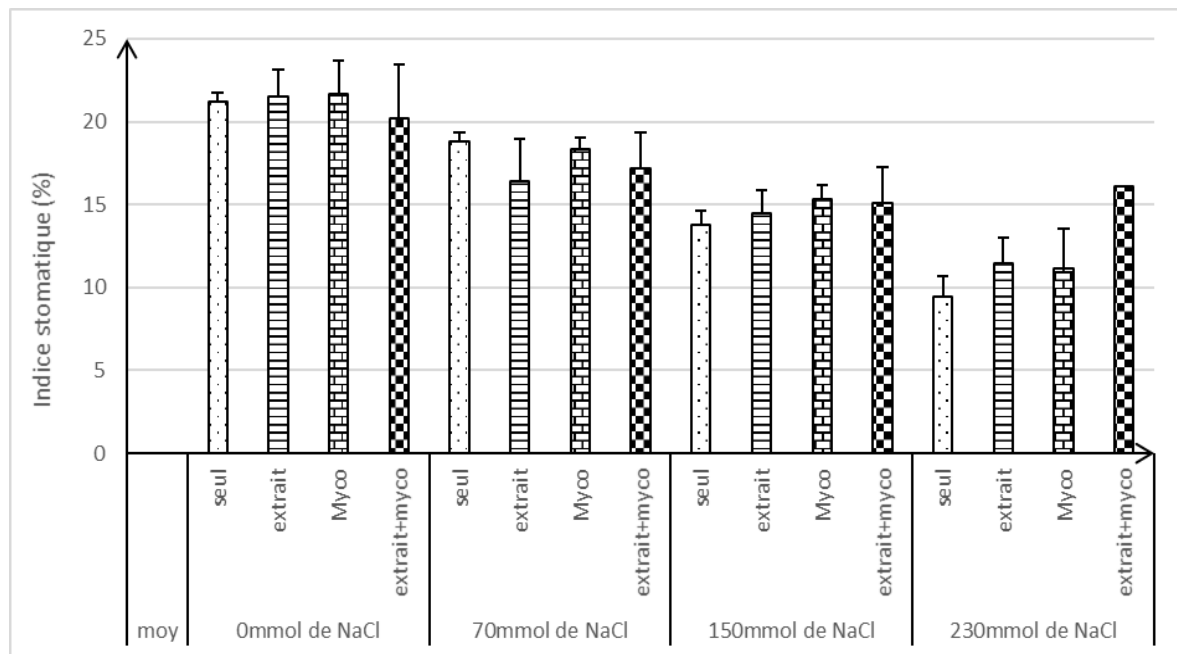


Figure 21 : l'indice stomatique du géotype galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de l'inoculum mycorhizien.

Sous la concentration 230 meq de NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, l'indice stomatique des plantes mycorhizées du géotype galine de l'aubergine est élevé de façon significative par rapport à celles traitées au NaCl seul.

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES



IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement. L'aubergine est considérée comme des plantes fortement affecté par la salinité.

La salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale (Alem et al., 2002). La réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique.

Les biostimulants naturels joue un rôle important pour la croissance des plantes dans des conditions naturelles limitants (Taia et al., 2017). En fait, 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).

L'extrait de feuilles de l'espèce *Chenopodium album* L. montre une plus grande activité antioxydante importante (Abdul HafeezLaghari et al., 2011). Ainsi qu'il a été montré que, dans la rhizosphère, des champignons colonisent les racines des plantes pour former une association symbiotique, la mycorhize, particulièrement apte à stimuler la nutrition minérale des plantes (Smith et Read, 1997).

Pour cette raison nous avons choisi à mener cette étude sur la réponse physiologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), en présence de l'inoculum mycorhizien et l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L.

Les résultats enregistrés mènent aux conclusions suivantes :

La teneur relative en eau chez les deux génotypes de l'aubergine non mycorhizéediminue de façon hautement significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r=-0,805^{**}$).

Discussion et conclusion générales

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 végétal d'un côté et le criblage des géotypes 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 limitant (CLARK et al., 1989).

KHALDOUN, 1990 ; ALI DIB, 1992 exposent que la dépression du niveau d'alimentation hydrique s'accompagne toujours d'une réduction de la teneur relative en eau des tissus de la plante concernée.

-Cependant sous la salinité seule, la teneur relative en eau des feuilles des plantes mycorhizées des deux géotypes de l'aubergine diminue de façon non significative ($r=0,136$).

-La TRE est élevée de façon significative chez la variété galine de l'aubergine que classic ($r= 0.402^*$).

-Le taux de déperdition de l'eau après 60 minutes chez feuilles des plantes de la variété galine non mycorhizée augmente de façon significative en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r= 0.449^{**}$).

-Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau après 60 minutes chez les feuilles des plantes mycorhizées de la variété classic de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul.

-Le taux de déperdition de l'eau après 60 minutes est faible de façon significative chez la variété galine de l'aubergine que classic ($r= -0.517^{**}$).

-Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau après 120 minutes chez les feuilles des plantes mycorhizées des deux géotypes de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul ($r=-0.343^{**}$)

-les feuilles des deux géotypes non mycorhizés de l'aubergine perdent leurs intégrité membranaire de façon très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul ($r= -0.748^{**}$).

Discussion et conclusion générales

-Sous les différents traitements à l'exception de la salinité seule, les plantes du génotype galine perdent leurs intégrités membranaires de façons non significative, surtout pour le lot des plantes mycorhizées irriguées au NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L ($r=0.124$).

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).

L'un des principaux avantages des engrais organiques est la libération de nutriments disponibles dans le sol, à long terme (Eghball, 2002). Cet effet résiduel peut entraîner une augmentation de la production qui peut durer jusqu'à quatre ans après l'application de l'engrais organique (Wallingford et al., 1975).

-l'indice stomatique les deux génotypes non mycorhizée diminue de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul.

En d'autres termes les résultats montre que, sous la salinité seule, la teneur relative en eau des feuilles des plantes mycorhizées des deux génotypes de l'aubergine diminue de façon non significative et hautement significative chez les deux génotypes de l'aubergine non mycorhizée. Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, le taux de déperdition de l'eau après 60 et 120 minutes chez les feuilles des plantes mycorhizées des deux génotypes de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul. Les feuilles des deux génotypes non mycorhizés de l'aubergine perdent leurs intégrités membranaires de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul. l'indice stomatique les deux génotypes non mycorhizée diminue de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul. Cependant sous la concentration 230 meq de NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L, l'indice stomatique des plantes mycorhizées du génotype galine de l'aubergine est élevé de façon significative par rapport à celles traitées au NaCl seul. ainsi que le génotype galine répond mieux à ces paramètres que classic en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de la mycorhization.

Discussion et conclusion générales

On peut conclure en disant qu'à partir de l'étude de ces paramètres physiologiques il se montre que l'interaction de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et la mycorhization, ont beaucoup aidé les deux géotypes de l'aubergine à manifester une certaine tolérance au stress salin.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- **Antipolis S., 2003** . Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 :44-49.
- **Alem C., Labhilili M., Brahim K., Jlibene M., Nasrallah N., and Filali-Maltouf A., 2002.** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. C. R. Biologies, Vol. 325 :1097-1109.
- **Anonyme A., 2006** . Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation . Conférence électronique sur la salinisation : Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.
- **Alem C et Rosenthal I Pesci P., 2002** . Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. C. R. Biologies, Vol. 325:pp1097-1109.
- **Abbani B, et Abde-Lali Y ,2005** . Contribution à l'étude de la qualité des eaux phréatiques sur l'état de dégradation de la palmeraie d'Ouargla. p21
- **Allen R.D., 1995.** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.* 107:1049-1054.
- **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.
-
- **Arora SK, Itankar PR, Verma PR, Bharne AP and Kokare DM.** Involvement of NFκB in the antirheumatic potential of *Chenopodium album* L., aerial parts extracts. *J Ethnopharmacol*, 155(1), 2014, 222-229.
- **Agrawal MY, Agrawal YP and Shamkuwar PB.** Phytochemical and biological activities of *Chenopodium album*. *Int J PharmTech Res*, 6(1), 2014, 383-391.
- **Agarwal SS, Yamrekar BP and Paridhavi M.** Clinical useful herbal drug. Ahuja Publishing House, New Delhi, 2005, 10-12.
- **Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A., 2015.** Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 31, 1–17
- **Baldi A and Choudhary NK.** *In vitro* antioxidant and hepato ,protective potential of *chenopodium album* extract. *IJGP*, 7(1), 2013, 50-56.
- **Bouaouina ; Neubert A.B., Zörb C., M. 2000.** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) .CIHEAM –Options Méditerranéennes. pp.-2.
- **Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A., 2015.** Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 31, 1–17.
- **Benkhaled; Schubert S Munns R ;2003** .effect of salt stress in hydroponic on clover inoculated with rizobium
- **Brady N.C., et Weil R., 2002.** The nature and properties of soils. Prentice Hall, Uppersaddleriver, NJ, USA.

Références bibliographiques

- **Bonfante-Fasolo P 1984** . Anatomy and morphology of VA mycorrhizae, In VA mycorrhiza, Powell, CL et Bagayaraj, DJ, CRC Press, Boca Raton, 5-33.
- **Bonfante-Fasolo P 1984** . Anatomy and morphology of VA mycorrhizae, In VA mycorrhiza, Powell, CL et Bagayaraj, DJ, CRC Press, Boca Raton, 5-33.
- **Bolan NS 1991**. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, vol. 134, , pp. 189-207.
- **Bothe H, Klingner A, Kaldorf M, Schmitz O, Esch H, Hundeshagen B,**
- **Kernebeck Botanisches H 1994** . Biochemical approaches to the study of plant-fungal interactions in arbuscular mycorrhiza Institut, Universität zu Köln, Gyrhofstr. 15, D-50923 Köln (Germany).
- **Cronquist, A. 1988** . the evolution and classification of flowering plants .New York Botanical Garden, Bronx.
- **Cericola. F, Portis .E, Lanteri .S, Toppino. L, Barchi .L, Acciarri .N,**
- **Pulcini .L, Sala .T, Rotino .GL, 2014**. Linkage disequilibrium and genome-wide association analysis for anthocyanin pigmentation and fruit color in eggplant. *BMC Genomics*
- **Chen Citation ., 2018** .BMC Genomics sCorrection to : Transcriptome profiling of genes related to light—induced anthocyanin biosynthesis in eggplant (*Solanum melongena* L.) *Production légumière*, p, 172-178
- **Carter D.I., 1975**. Problems of salinity in agriculture. *Plants in Saline Environments*. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.
- **Chinnusamy V; Schumaker.K., 2004**. Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J of Experimental Botany*. pp 225-236.
- **Davies FT, Potter JR, Linderman RG 1992** . Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration—response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87: 45-53.
- **Douaoui, A. et Hartani, T**. Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chéliff. In : *Troisième atelier régional du projet Sirma*. Cirad, 2007. p. 5 p.
- **Dalpe, Yolande**. Les mycorhizes: un outil de protection des plantes mais non une panacée. *Phytoprotection*, 2005, vol. 86, no 1, p. 53-59.
- **Dickson S, Smith SE, Smith FA 1999** . Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porum* : colonization, plant growth and phosphate uptake. — *New Phytologist*, vol. 144, , pp. 163-172.
- **Ellisama Swandinugraheni , and Harjoedi Adji Tjahjono citation ; 2013** . international journal of pediatric Endocrinology Extracts giving (*Solanum melongena* L) orally can lower blood serum levels of malondialdehyde of white rat (*Rattus norvegicus*) wistar diabetes mellitus induced by aloxan.
- **Essington M.E., 2004**. Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.
- **Fortin JA , Plenchette C, Piche Y 2008** . les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.

Références bibliographiques

- **Frank AB 1877** . Über die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten.— Beiträge zur Biologie der Pflanzen , vol. 2, pp. 123-200.
- **Fortin JA , Plenchette C, Piche Y 2008**. les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.
- **Fitter AH 1991** . Implication for functioning under natural conditions. *Experientia* 47(1991) 350-355.
- **Fortin JA , Plenchette C, Piche Y 2008** . les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes
- ***Fortin JA , Plenchette C, Piche Y 2008**. les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.
- **Gogoi B and Zaman K**. Phytochemical constituents of some medicinal plant species used in recipe during ‘BohagBihu’ in Assam. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(2), 2013, 30-40.
- **HASEGAWA P.M Beressal RA;Zhu JK., 2000**. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, pp463-499.
- **Hillel D., 2000**. Salinity Management for Sustainable Irrigation.The World Bank, Washington, D.C.
- **HU Y; Chan B;Lin J., 2005**.Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution.*Plant Biol.* pp973- 985.
- **Haouala F.al.,2004**. Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3) ,235 -244.
- **Harley JL 1989** . The significance of mycorrhiza. *Mycological Research* 92: 129-139.
- **Hanson,p.m ,ledesema ,d.,2006**.diversity on eggplant (solanummelongena)for superoxide scavenging, total phenolics ,and ascorbic acid,*journal of food composition And analysis*19 ,594-600
- **Iptribid. 2006** . Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et
- stratégie de prévention et réhabilitation. P2, 11.
- **IMALET R., 1979**. Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄) des eaux d’irrigation de l’agriculture sur le rendement du haricot.Thèse Ing, INA, EL Harrach ,43p.
- **JEAN-YVES PERON.,2006** . professeur ENIT à l’institu national d’horticulture
- **Jabnoue M.,2008** . adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ
- Montpellier II.
- **Khare CP**. Indian medicinal plants.Springer International Publication, New Delhi, 2007, 141-142.
- **Kormanik p.p et McGraw A.C., 1982**. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizée plant roots. In, N.C Sheneck, (ed), *methods an principales of mycorrhizal recherche the American phytopathological Society*, St, Paul, pp: 37-45

Références bibliographiques

- **Khales A et Baaziz M., 2006** . Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.
- **KEREN R., 2000** .Salinité. Sumner M.E. Ed.livre de science du sol. pp 3-25.
- **Lacoste, S.,2012** : Ma bible des trucs de santé : La bible de tous les trucs qui marchent pour se soigne . Leduc . S Editions , p 17.
- **Le Goupil J.C., 1974**. Agronomie Tropicale. Série 3 : Séminaire "développement rural
- **LEVY G.J., 2000**. Sodicity. Sumner M.E. Ed. Handbook of Soil Science.pp 27-62.
- **Lambers H, Mougel C, Jaillarrd B, Hinsinger P 2009** . Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant Soil*. 321: 83-115.
- **M.Pitrat, C Foury, coord 2003** . Histoires de légumes : Des origines à l'orée du XXIe siècle, Edition INRA, Paris, P.260
- **Munns R., 2008**. Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- **Munns R et Rawson H.M., 1999**. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol*. pp459-464.
- **Mermoud A ., 2006** . Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.
- d'angers Unité de p, 172-18**Mermoud A ., 2006** . Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.
- **Morton JB, Benny GL, 1990** . Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order Glomales and Gigasporineae and two new families *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae* with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.
- **Morton JB, Benny GL, 1990** . Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order Glomales and Gigasporineae and two new families *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae* with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.
- **Moser M, Haselwandter K 1983** . Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis, in: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol. 12, pp. 392-421. Eds O. L. Lange. P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork.
- **Nisha,P., Abdul Nazar, P. Jayamurthy. P., 2009** . A comparative study on antioxidant activities of different varieties of solanum melingena. *Food and chemical Toxicology* 47, 2640-2644.
- **Noda ,Y.,Kneyuki,T.,Igarashi,K., Mori,A. Packer,L.,2000** . Antioxidant activity of nasunin , an anthocyanin in eggplant Peels . *Toxicology* 148,119-123
- **Omami,(2005)**.Response of Amranth to salinity stress .these of Ph.D.Horticultur.university .Perotoria.chapiter.1.P5-20.chapiter 6P1
- **Orcutt D.M. and NilsenE.T. ,2000** . Physiology of plants under stress. John Wiley& Sons Inc., New York, NY, USA.

Références bibliographiques

- **Patricia Erard, Ctifl., 2003** . l'aubergine, centre technique interprofessionnel des fruits et légumes p32.
- **Price A.H. and Hendry G.A.F., 1991**. Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell Environ.*14:477-484
- **Parent C., 2008**. Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes.
- C. R. Biologies pp 255-261. polytechnique fédérale de Lausanne, p23.
- **Pande M and Pathak A**. Preliminary pharmacognostic evaluations and phytochemical studies on leaf of *Chenopodium album* (Bathua Sag). *Asian J Exp Biol Sci*, 1(1), 2010, 91-95.
- **Priya S, Yogesh S, Singhai AK and Abhishek S**. Pharmacological and phytochemical profile of *Chenopodium album* linn. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 2010;3(4), 2010, 960-963.
- **Pal A, Banerjee B, Banerjee T, Masih M and Pal K**. Hepatoprotective activity of *Chenopodium album* linn. plant against paracetamol induced hepatic injury in rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2013, 3, 55-57.
- **Rejili .M 2006** . Comportements germinatifs de deux population de (*Lotus creticus L.*) en présence du NaCl. *Revue des régions.*17, 65-78.
- **Robert, Michel et CHEVERRY, Claude**. Les ressources mondiales en eau et en sols: une limitation pour l'avenir. *Cahiers Agricultures*, 1996, vol. 5, no 4, p. 243-248 (1).
- **Rady, M.M., Mohamed, and G.F, 2015**. Modulation of salt stress effects on the growth:
 - physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris L.* plants by the combined application
 - of salicylic acid and *Moringa oleifera* leaf extract. *Sci. Hortic.* 193, 105–113.
- **Rajeshwari, V. et Bhuvaneshwari, V**. Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research*, 2017, vol. 5, no 3, p. 1067-1073.
- **Selena, C., 2008** . Mes petites soupes magiques : Fraiches, désaltérantes, ces soupes « nouvelle génération » sauront égayer déjeuners ou diner d'une touche originale et colorée leduc . Editions , p32.
- **Schulze E.D ;Seufert G; Soussana JF; Samz MJ., 2005** . Plant ecology. Edition Springer Berlin, Heidelberg, p692.
- **Sonj N., 2005**. Strategies for Adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a Saline Environment during Seed-Germination Stage. *Annals of Botany*. pp 399-405
- **Sun F; Huang H; Owen DM., 2007**. Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* pp178-188.
- **Schtiapp H, Dehn B, Sticher H 1987** . Interaktionen zwischen VA-Mykorrhiza und Schwermetallbelastungen. *Angew. Bot.* 61 85-96.

Références bibliographiques

- **Subramanian KS, Charest C 1997** . Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to vesicular mycorrhizal inoculation during and after stress at tasseling. *Mycorrhiza*, 7: 23-25.
- **Smith SE, Read DJ 1997** . Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press ; Harcourt Brace and Company Publishers, 605p.
- **Schüßler A, Schwarzott D, Walker C 2001** . A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Myc. Res.* 105: 1413-1421.
- **S.O.C.O., 2009** . Sustainable Agriculture and soil conservation: Salinisation et codification <http://soco.jrc.ec.europa.eu>
- **Tommerup IC 1984** . Persistence of infectivity by germinated spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Trans Br Mycol Soc* 82:275–282.
- **Wiert C. Medicinal plants of the east pacific**, Drugs for the Future?World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2006, 100.
- **Wang MY, Diao ZK, Liang MX, Liu RJ 2005** , Advances in the study of AM fungal diversity in agroecosystems. *Acta Ecologica Sinica* 25:2544–2549.
- **Yogesh S, Priya S, Utkarsh U, Sumit S, Shivakant S, Singhai AK, and Prashant S.** Determination of physicochemical parameters and DPPH radical scavenging activity of *Chenopodium album* Linn. *Pharmacognosy Journal*, 2(14), 2010, 7-10.
- **Zhu, 2001.** Plant salt tolerance trends in plante science, 2001,n 2 ,vol.6,p 66-71
- **Zhao T, Pan H, Feng Y, Li H, Zhao Y.Exp Ther Med., 2016.** (Petroleum etherextract of<*Chenopodium album*>L. prevents cell growth and induces apoptosis of human lungcancer cells.;12(5):3301-3307. Epub 2016 Oct 3)
- www.edu/the-fungi.com

Résumé

Ce travail vise à caractériser la réponse physiologique de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) à l'action de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl) aux trois concentrations croissantes (70 mM et 150 mM et 250 mM) en présence de l'inoculum mycorhizien et l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L. Les paramètres physiologiques ont concerné la teneur en relative en eau, le taux de déperdition de l'eau, l'intégrité membranaire et l'indice stomatique. Les résultats obtenus montrent que sous la salinité seule, la teneur relative en eau des feuilles des plantes mycorhizées des deux génotypes de l'aubergine diminue de façon non significative et hautement significative chez les deux génotypes de l'aubergine non mycorhizée. Sous la salinité en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L., le taux de déperdition de l'eau après 60 et 120 minutes chez les feuilles des plantes mycorhizées des deux génotypes de l'aubergine est significativement faible par rapport aux traitements de NaCl seul. Les feuilles des deux génotypes non mycorhizés de l'aubergine perdent leurs intégrités membranaires de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul, de l'indice stomatique les deux génotypes non mycorhizée diminue de façons très significativement en fonction de l'augmentation des concentrations de NaCl seul. Cependant sous la concentration 230 meq de NaCl en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L. Cet indice des plantes mycorhizées du génotype galine de l'aubergine est élevé de façon considérable par rapport à celles traitées au NaCl seul. En outre, le génotype galine répond mieux à ces paramètres que le classique et ce en présence de l'extrait aqueux du *Chenopodium album* L et de la mycorhization.

Mots clé : *Solanum melongena* L., réponse physiologique, *Chenopodium album* L, NaCl, l'inoculum mycorhizien, génotype.

Summary

This work aims to characterize the physiological response of eggplant (*Solanum melongena* L.) to the action of salinity by the application of sodium chloride (NaCl) at three increasing concentrations (70 mM, 150 mM and 250 mM) in the presence of the mycorrhizal inoculum and the aqueous extract of *Chenopodium album* L. There for the physiological parameters concerned the relative water content, the rate of water loss, the membrane integrity and the stomatal index. The results obtained show that, under salinity alone, the relative water content of the leaves of the mycorrhizal plants of the two genotypes of aubergine decreases in a non-significant ; and highly significant way in the two genotypes of non-mycorrhizal aubergine. presence of the aqueous extract of *Chenopodium album* L. Hence the rate of loss of water after 60 and 120 minutes in the leaves of mycorrhizal plants of the two genotypes of eggplant is significantly low compared to treatments of NaCl alone. two non-mycorrhizal genotypes of eggplant lose their membrane integrities in a very significant manner as a function of the increase in NaCl concentrations. This study has also revealed that the stomatal index, the two non-mycorrhizal genotypes, decreases very significantly as a function of the increase in the concentrations of NaCl alone. However, under the 230 meq concentration of NaCl in the presence of the aqueous extract of *Chenopodium album* L, the stomatal index of the mycorrhizal plants of the galley genotype of eggplant is significantly higher than those treated with NaCl alone. As well as the galine genotype responds better to these parameters than classic in the presence of the aqueous extract of *Chenopodium album* L and mycorrhization.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى وصف الاستجابة الفسيولوجية للباذنجان (*Solanum melongena* L.) لعمل الملوحة من خلال تطبيق كلوريد الصوديوم (NaCl) في ثلاث تركيزات متزايدة (70 مم و 150 مم و 250 مم) في وجود اللقاح الميكوريزيال والمستخلص المائي لألبوم *Chenopodium* L. تتعلق المعلومات الفسيولوجية بالمحتوى النسبي للماء ، ومعدل فقد الماء ، وسلامة الغشاء ، ومؤشر الثغرات. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه تحت الملوحة وحدها ، فإن المحتوى المائي النسبي لأوراق نباتات الفطريات من النمطين الوراثيين للباذنجان يتناقص بطريقة غير مهمة وذات أهمية كبيرة في الطرز الوراثية للباذنجان غير الميكوريزيلي. إن وجود المستخلص المائي لألبوم *Chenopodium* L ، فإن معدل فقد الماء بعد 60 و 120 دقيقة في أوراق نباتات الفطريات من الأنماط الجينية للباذنجان منخفض بشكل كبير مقارنة بمعالجات NaCl وحدها. يفقد نوعان من التركيب الوراثي غير الباطن للباذنجان تكاملهما في الغشاء بطريقة مهمة للغاية كدالة للزيادة في تركيزات NaCl وحدها ، وينقص مؤشر الثغرات ، وهما النمط الوراثي اللاماكروزي ، بشكل كبير جدًا نتيجة لزيادة في تركيزات كلوريد الصوديوم وحده. ومع ذلك ، في ظل التركيز البالغ 230 ميلي لتر من كلوريد الصوديوم في وجود المستخلص المائي لألبوم *Chenopodium* L ، فإن الرقم القياسي لفصلية نباتات الميكوريزيا في النمط الوراثي للباذنجان أعلى بكثير من تلك التي عولجت ب NaCl وحده. وكذلك يستجيب النمط الوراثي galine لهذه المعلومات بشكل أفضل من classic في وجود المستخلص المائي لألبوم mycorrhization و *Chenopodium* L