

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences 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: "Sciences Biologiques"

Spécialité: "Amélioration des plantes"

Présenté et soutenu publiquement par :

M^{me}. SERIR GHALIYA

M^{elle}.MAAROUF MALIKA

Thème

**Interaction salinité-algue sur les caractères physiologiques
et biochimiques de l'aubergine
« *Solanum melongena* L »**

JURY:

Président:	M. ADDA .A	Professeur
Promoteur :	CHOUHIM .K	Maître de Assistant A
Examinatrice :	M ^{elle} SOUALMI .N.	Maître de Assistant A

Année universitaire: 2016 -2017

Remerciement

Au nom d'Allah, Le Tout Miséricordieux, Le Très Miséricordieux

En premier lieu, nous remercions Dieu, Le Tout Puissant de nous avoir accordée le courage et la force de mener à bien ce modeste travail.

Au terme de cette étude, nos reconnaissances respectueuses vont d'abord à M. CHOUHIM KADDA maître assistant à l'université de Tiaret, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses précieux conseils, ses orientations, sa disponibilité, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté à notre travail.

Nous remercions M. ADDA AHMED, le professeur à l'université de Tiaret, pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

On remercie infiniment M^{elle}. SOUALMI NADIA, maitre-assistant à l'université de Tiaret, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner et de juger ce travail.

Nous ne pouvons-nous retenir pour présenter notre respect et remerciement à nos enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université IBN KHALDOUN-Tiaret.

Un grand merci à tous les membres de laboratoire de recherche « T A », à la faculté des sciences de la nature et de la vie, et le laboratoire à l'ITMA, pour nous avoir accueillis dans leurs laboratoires avec une sympathie qui force l'admiration, et en particulier M. ABDELI. M et DOUCEN Radhouan pour leurs précieuses aides.

Il nous est agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements envers toute personne qui a contribué de près de ou loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents «Allah, Mimouna» qui me sont très chers en témoignage à leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection

À mes frères « Hicham - Mohamed Nadir »

À Mes Adorables sœurs.

«Souhra-Fatima»

À mon mari « S. Mohamed Amine »

Et à toute la famille Serir et Bousbaa.

À ma tante «Zahira » et la petite fille « Ibtihal »

À tous mes amis surtout : S. Malika - S. Soumia

Et à toutes personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Ghaliya

Dédicace

*À mes chers parents « Fatima et Fatma »
Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon
enfance.*

J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À mes chers frères : « Lakhdhar-Mokhtar- Dhafallah »

*À mes adorables sœurs.
: « Rania, Ikram, Fatima, Fatima » et les petits Ishak, Hadjar,
Houria.*

À toute la famille Maarouf et Jouhomrani.

Malika

Résumé

La salinité est un problème majeur qui porte atteinte à la qualité des sols et, par conséquent, à la production agricole. Ce qui a rendu ce sujet l'une des priorités de la recherche scientifique visant à mieux comprendre le phénomène en essayant de trouver des solutions afin de rendre les plantes tolérantes.

Cette étude est menée pour évaluer la réponse physiologique et biochimique d'une seule variété de l'Aubergine (*Solanum melongena*) à l'action combinée de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), et d'une algue *bleue-verte* ou cyanobactérie (*Arthrospiraplatensis*) connue sous le nom spiruline sous forme d'extrait et compost. Les paramètres biochimiques étudiés dans l'expérimentation concernent la teneur proline, sucres solubles, glycine betaine, la teneur en pigment chlorophylliens et la teneur relative en eau comme paramètres physiologiques.

Les résultats obtenus montrent que la présence de l'algue semble exercer un effet atténuant de la salinité. L'algue compostée a permis d'autant plus aux plantes de l'aubergine de manifester une certaine tolérance aux stress salin.

Mots clé : Aubergine, *Solanum melongena* L., *Arthrospiraplatensis*, NaCl, Tolérance, Algue.

الملوحة هي المشكلة الرئيسية التي تؤثر على جودة التربة والإنتاج الزراعي وبالتالي. ما جعل هذه واحدة من أولويات البحث العلمي لفهم أفضل لهذه الظاهرة من خلال محاولة إيجاد حلول لجعلها النباتات مقاومة.

وأجريت هذه الدراسة لتقييم الاستجابة الفسيولوجية والبيوكيميائية لصنف واحد من الباذنجان (مغد melongena) إلى العمل المشترك من ملوحة تطبيق كلوريد الصوديوم (كلوريد الصوديوم)، والطحالب الزرقاء-Verte أو البكتيريا الزرقاء (الفطور Arthrospira) المعروف تحت اسم سبيرولينا استخراج الشكل والسماح. المعلومات البيوكيميائية دراسة في التجربة المعنية محتوى البرولين والسكريات الذائبة، البيتين الجللايسين، والمحتوى الصباغ الكلوروفيل والمحتوى المائي النسبي كمعلومات الفسيولوجية. وأظهرت النتائج أن وجود الطحالب يبدو له تأثير مخففة الملوحة. تظهر الأعشاب البحرية سماد يسمح خصوصا النباتات الباذنجان بعض التسامح إلى الإجهاد الملحي.

كلمات البحث: الباذنجان، مغد L. Arthrospira، الفطور، كلوريد الصوديوم التسامح والطحالب.

Abstrat

Salinity is a major problem affecting soil quality and therefore agricultural production. This has made this topic one of the priorities of scientific research aimed at better understanding the phenomenon by trying to find solutions in order to make plants tolerant. This study is conducted to evaluate the physiological and biochemical response of a single variety of Eggplant (*Solanum melongena*) to the combined action of salinity by application of sodium chloride (NaCl), and a blue alga -verte or cyanobacterium (*Arthrospira platensis*) known as spirulina as an extract and compost. The biochemical parameters studied in the experiments concern the proline content, soluble sugars, glycine betaine, the chlorophyll pigment content and the relative water content as physiological parameters. The results obtained show that the presence of the alga seems to exert an attenuating effect on salinity. The composted algae allowed the plants of the eggplant to exhibit a certain tolerance to salt stress.

Keywords: Eggplant, *Solanum melongena* L., *Arthrospira platensis*, NaCl, Tolerance, Algae.

LISTE DES FIGURES

Fig.1. Récolte de la spiruline (« dihé ») sur les rives du lac Tchad	10
Fig.2. La Serre en plastique, au sein de laquelle l'essai a été réalisé.....	12
Fig.3. la spiruline (<i>Arthrospiraplatensis</i>) de tchad	13
Fig.4. La germination des graines de la variété galine F1 de l'aubergine	13
Fig.5. le repiquage des plantules de l'aubergine	14
Fig. 6. la transplantation des plantes de l'aubergine	15
Fig7.: Teneur relative en eau (%) des feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L. soumise sous traitement algue-salinité.....	20
Fig.8. teneur en proline ($\mu\text{g/g}$ de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L. soumise sous traitement algue-salinité.....	22
Fig.09 : La teneur en sucres solubles ($\mu\text{g/g}$ de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L. soumises sous traitement algue-salinité	23
Fig.10 : teneur en chlorophylle « a » (mg/g de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L. soumises sous traitement algue-salinité	24
Fig. 11 : teneur en chlorophylle « b » en mg/g de MF dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L soumise sous traitement algue-salinité.....	25
Fig.12 : teneur en chlorophylle totale en mg/g de MF dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L soumise sous traitement algue-salinité.....	26
Fig. 13 : Teneur en glycine bétaine en nm (DO) dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine <i>Solanum melongena</i> L soumise sous traitement algue-salinité.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : la composition biochimique de l'Arthrospiraplatensis	10
Tableau 02 : Composition chimique de la solution nutritive retenue pour l'irrigation des plantes.....	15
Tableau 03 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de la teneur relative en eau des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité	20
Tableau 04 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de la teneur en proline des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité	21
Tableau05 : Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05) de la teneur en sucres solubles des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité	22

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. L'aubergine	3
1.1. Généralités.....	3
1.1.1. Classification.....	3
1.2 Description botanique	3
1.3. Les exigences climatiques de la plante	5
1.4. Les atouts santé de l'aubergine	5
1.5.La qualité nutritionnelle	6
2. La salinite	6
2.1. Définition	6
2.2. Effet de la salinité.....	7
2.2. 1-Sur les plantes	7
2.2. 2-Sur sa croissance	7
2.2. 3. Sur l'eau de la plante.....	7
2.2. 4. Sur la photosynthèse.....	7
2-2. 5. Sur le taux des ions	7
2.3.6. Sur la germination	7
2.4.Mécanismes d'adaptation des plantes au sel.....	8
2.3.1.l'exclusion	8
2.3.2. L'inclusion	8
2.3.3. Régulation de la croissance	8
2.3.4. Ajustement osmotique.....	8
3. Les algues	9
3.1. Classification.....	9
3.2. Diversité des profils métaboliques	10
3.3. Distribution /habitats	11
3.4. Leur utilisation en agronomie	11

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

1. Objectif de l'étude	12
2. Conditions de réalisation de l'essai	12
2.1. Localisation de l'essai	12
2.2. Matériel biologique utilisé	12
2.3. Préparation et semis des graines.....	13
2.4. Préparation de différentes solutions d'irrigation	15
2.5. Application de stress salin.....	16
2.6. Dispositif expérimental	16
3. Les Paramètres étudiés	17
3.1. Paramètres physiologiques	17
3.1.1. La teneur relative en eau (TRE	17
3.2. Les paramètres biochimiques	17
3.2.1. Dosage de proline.....	17
3.2.2. Dosage de sucres solubles	18
3.2.3. Dosage de chlorophylle	19
3.2.4. Dosage de la glycine bétaine	19

CHAPITRE III: ANALYSE DES RESULTATS

1. La teneur relative en eau	20
2. La teneur en proline.....	21
3. La teneur en sucres solubles	22
4. La teneur en chlorophylle «a »	23
5. La teneur en chlorophylle «b».....	24
6. La teneur en chlorophylle totale.....	25
7. La teneur en glycine bétaine.....	26

CHAPITRE IV: DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

Discussion et conclusion générales	28
--	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Synthèse

Bibliographique

INTRODUCTION

La salinité de la couche arable et du sous-sol est l'un des principales contraintes abiotiques qui constitue une menace sérieuse pour la production agricole (GREWAL, 2010).

D'après HOUCHI et al. (1994), plus de 15% des terres arides et semi-arides du monde sont naturellement salées ou subissent une salinisation. HAMDY et al. (1999) soulignent que 954.8 millions d'hectares de sols, dans le monde, sont colonisés par la salinité, y compris 27 % de terres agricoles.

L'Algérie fait partie de la région méditerranéenne où la sécheresse a conduit au processus de salinisation des sols qui résulte d'une forte évaporation d'eau à partir du sol (MUNNS et al., 2006). Sa superficie en sols salés s'étalant autour de 3,2 millions d'hectares (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

Le fort ensoleillement et les faibles précipitations ont conduit les agriculteurs à irriguer en quantité importante leurs cultures souvent avec une eau saumâtre (MOUHOUCHE, 1999; BELKHODJA et BIDAI, 2004). Ainsi les sels s'accumulent au cours des années à la surface des sols sans pouvoir être lessivés par les rares précipitations, rendant ainsi peu à peu des milliers de surfaces de terres impropres à la culture (ARZANI, 2008).

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).

Le développement de l'agriculture entraîne, inmanquablement, l'exportation de quantités importantes des différents éléments nutritifs du sol dont la restitution devient impérative surtout dans les sols des régions arides et semi-arides d'Afrique du Nord (RAHMOUNE et al., 2001).

L'aubergine (*Solanum melongena* L), appartenant à la famille des solanacées, connue pour ses fruits utilisés comme légumes (Kashyap et al., 2003; George, 2009), originaire d'Inde (Frery et al., 2007; Daunay, 2008). Il est cultivé en abondance dans les régions tropicales et subtropicales (Salunkhe and Desai, 1984; Kashyap et al., 2003; George, 2009; Knapp et al., 2013; Mishra et al., 2013; Uthumporn et al., 2015; San José et al., 2016). Les principaux producteurs de l'aubergine étant la Chine avec 29.5 millions de tonnes, ensuite l'Inde avec 13.5 millions de tonnes. La production mondiale serait autour de 50.19 millions de tonnes (FAO, 2014).

L'aubergine présente une importance notable du fait de son rendement élevé, avec une qualité nutritionnelle supérieure (Noreen et Ashraf, 2009); ainsi qu'elle est très riche en antioxydants (Noda et al., 2000; Hanson et al., 2006).

Cependant, la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation associée à une fertilisation excessive entraîne souvent des problèmes qui réduisent fortement le rendement de l'aubergine (Bybordi et al., 2010).

Les micro-algues apparaissent également comme de bons fertilisants des sols pauvres puisqu'elles apportent notamment du potassium, de l'azote, éléments essentiels à la croissance végétale (Aziz et al., 2011).

Plusieurs études ont révélé les avantages d'extraits d'algues sur les plantes tel-que l'amélioration de la performance des cultures et le rendement et l'amélioration de la résistance au stress biotique et abiotique (Norrie et Keathley 2006 ; Cardozo et al., 2007 ; Eyraş et al 2008 ; Rayirath et al. 2009 ; Fan et al.2011).

Quoique les études visant à mieux comprendre les stratégies mises en jeu par les plantes lors du stress salin soient nombreuses, la science n'a pas répondu à tout et le champ reste encore vierge devant les chercheurs pour bien éclaircir plusieurs points qui demeurent jusqu'à présent sombres. Dans ce contexte est mené le présent travail afin de mettre en évidence le comportement physiologique et biochimique de l'aubergine (*Solanum melongena* L) soumise la salinité, en présence d'un extrait d'algue bleue verte connue sous le nom spiruline (*Arthrospira platensis*).

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1- GENERALITES SUR L'AUBERGINE

L'aubergine (*Solanum melongena*) est originaire de l'Asie du sud, son nom indien *Brinjala* été progressivement altéré d'une langue latine à l'autre : beringela (potugais), berengena (espagnol), merinjano (provençal), melanzana (italien), alberginya (catalan), aubergine (français) et baadanjaan (arabe).

C'est le septième légume le plus consommé au monde. C'est un produit tropical qui occupe une place économique importante dans les régions tropicales et tempérées. Comme les pommes de terre, les tomates, et les poivrons, les aubergines appartiennent à la famille des Solanacées.

Cette famille qui comporte 98 genres et environ 2.700 espèces. Environ la moitié des espèces de Solanacées appartiennent au genre *Solanum*.

Elle est d'une importance économique considérable en Asie, en Afrique et dans les régions subtropicales (Inde, Amérique centrale), mais est aussi cultivée dans certaines régions tempérées comme la zone méditerranéenne et le sud des États-Unis (Sihachakr et al, 1 993). Plus faible que celle de la tomate, sa valeur nutritionnelle est cependant comparable à celles des autres légumes (Grubben, 1977).

La classification de l'aubergine selon Cronquist (1988), est comme suit :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Asteridae</i>
Ordre	<i>Solanales</i>
Famille	<i>Solanaceae ; des Solanacées</i>
La sous-famille	<i>des Solanoideae</i>
Le genre	<i>Solanum</i>
Sous genre	<i>Leptostemonum (Dun) Bitt</i>
Espèce	<i>Solanum melongena L.</i>

2- DESCRIPTION BOTANIQUE

L'aubergine est une plante annuelle, la croissance est monopodiale pendant 6 à 10 feuilles, jusqu'à la première ramification à l'aisselle de laquelle se développe la première fleur, puis sympodiale avec développement dichotomique généralement toutes les deux

feuilles la plante présente ainsi un port buissonnant, pouvant atteindre une hauteur de 0,5 m à 2,5m.

D'autres fleurs apparaissent aux bifurcations suivantes, parfois solitaires, mais souvent groupés en cyme de deux, trois voire cinq fleurs.

Les fleurs sont grandes, de 3 à 5 cm de diamètre, présentent une corolle de couleur violacée ou mauve et dont la face inférieure est duveteuse.

Le calice, de couleur verte ou violacée, recouvre la partie supérieure du fruit ; il est très échancré et dentelé, lisse ou épineux. Les fleurs sont généralement hermaphrodites, longistylées, mais dans la partie distale des cymes, elles sont souvent brévistylées, voire mâles (Daunay, Lester, Ano, 1997).

Elles peuvent rester ouvertes pendant 8 à 10 jours mais se ferment le soir: elles sont plus réceptives le matin entre 6 heures et 11 heures en été (QUANGLIOTTI, 1979.RAO, 1980).

Le pollen reste viable pendant 3 jours, tandis que la réceptivité du stigmate est plus importante le 2^e jour pour décliner ensuite (RAO, 1980).La première fleur apparaît entre 55 et 110 jours après le semis (QUAGLLIOTTI, 1979) mais pour la plupart des variétés, cette durée est de 70 et 80 jours. Il s'écoule 20 à 40 jours entre la floraison et la récolte du fruit au stade commercial et 40 à 80 jours entre la floraison et la récolte du fruit à maturité physiologique, selon la saison (Daunay, 2002).

Les fruits sont des baies pleines, à port retombant, sans cavité renfermant les graines disposées selon (fruits biloculaires)ou plusieurs arcs de cercle (fruits fasciés).leur forme est variable selon les cultivars, ronde, en forme de poire, oblongue ou allongée, de longueur pouvant aller de 4 à 5 cm à plus de 30 cm.

La saveur amère et piquante de nombreuses variétés d'aubergine, appréciée dans certaines régions comme la Provence, est due à présence de glycoalcaloïdes de type solasonine dans la zone placentaire du fruit et de composés saponosides localisés plus particulièrement dans les graines (Aubert, Daunay, Pochard, 1989).

Lorsque les fruits sont coupés ou blessés, leur chair prend une coloration marron foncé : ce phénomène est dû à la présence de composés phénoliques qui sont rapidement oxydés à l'air (Rubatzky et Yamaguchi, 1997).

Les graines sont petites, marron jaunâtre, lisses et glabres, réniformes, légèrement plus grosses que celles de la tomate. On compte 200 à 250 graines au gramme.

La germination est parfois irrégulière dans les 6 à 12 mois qui suivent leur récolte. Cette dormance est facilement levée par un séjour au froid sec de 4°C à 6°C.

Elles supportent la dessiccation et peuvent être entreposées dans des conditions sèches et froides (15 % d'humidité relative et 6°C).

Les tiges et la face supérieure des feuilles d'aubergine sont recouvertes de poils étoilés, qui les rendent rugueuses au toucher.

La forme de ces poils favorise la rétention de la poussière, ce qui rend la plante allergisante. L'écorce est mince, verte ou anthocyane. Elle peut porter ou non des épines.

Les feuilles sont alternes, amples (10-20 cm x 10-15 cm), entières, anguleuses ou lobées à fortes nervures généralement épineuses. Elles sont de couleur vert grisâtre avec des colorations violettes (anthocyanes) sur les nervures.

Le système racinaire est pivotant en semis direct ou fasciculé avec quelques racines adventives dans le cas du repiquage. L'ensemble du système racinaire est relativement peu profond (50 cm) mais suffisamment puissant pour explorer un grand volume de terre.

3- LES EXIGENCES CLIMATIQUES DE LA PLANTE

L'aubergine, plante thermophile, s'implante et pousse d'autant mieux qu'il fait chaud. La température : les minima thermiques optimums sont de 22 – 26 °C de jour et de 16 – 20°C la nuit.

Les températures de sol sont également importantes : 18 à 20 °C sont requis pour une bonne implantation. Le développement végétatif est médiocre à des températures inférieures à 15 °C pour se bloquer aux alentours de 10 – 12°C. Au-delà de 35 °C, la croissance végétative et la floraison sont retardées.

L'optimum se situe entre 25 et 30 °C. La température de germination se situe entre 25 et 30°C.

Les exigences de l'aubergine se situent entre la tomate et le poivron. L'humidité relative : L'HR optimale est de 50 à 65 % soit plus que la tomate mais une hygrométrie trop élevée entraîne le développement de champignons, des problèmes de nouaison. La lumière : l'aubergine exige une bonne luminosité.

4- LES ATOUTS SANTE DE L'AUBERGINE

L'aubergine est un légume fruit bien pourvu en fibres, qui Elles sont composées en majeure partie par des proto-pectines.

- Pour une meilleure digestion

Les fibres solubles comme les proto-pectines et les pectines de l'aubergine augmentent l'activité bactérienne du côlon.

-Des effets diurétiques contre l'hypertension artérielle.

-Prévention contre le cancer du côlon synergie avec un potentiel anti oxydant élevé.

5- LA QUALITE NUTRITIONNELLE

L'aubergine se caractérise par :

- Un apport énergétique réduit lié à sa richesse en eau et à sa teneur faible en éléments énergétiques (les principaux glucides sont des glucides simples : glucose et fructose ; leur teneur et augmente avec le degré de maturité).
- Sa richesse en fibres : proto pectines essentiellement, pectines et celluloses ;
- Une bonne densité minérale : potassium, magnésium, zinc et manganèse notamment.
- Un apport diversité en vitamines.
- La présence d'acides organiques et de tanins galliques, responsables d'une certaine astringence et du brunissement de la pulpe à l'air.

II- LA SALINITE

1- Définition

La salinité constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles (KHALES et BAAZIZ, 2006), La salinité affecte la production agricole et sa qualité 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 (SCHULZE et *al.*, 2005).

Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de sels comme le chlorure de sodium(SUN et *al.*, 2007).

La salinité des sols se résume, d'une part, par la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, et, d'autre part, par la salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques en particulier à l'irrigation mal conduite dans certaines zones agricoles (FRANCHIS et IBANEZ, 2003).

Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel (Sheng *et al.*, 2008). Ce chiffre ne

cesse d'augmenter d'une année à l'autre à la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (Pasternak and Malach, 1994, Villa-Castorena et al., 2003), à l'intensification des cultures (Ghassemi et al.,1995) et à l'utilisation démesurée des fertilisants chimiques chez plusieurs espèces cultivées particulièrement chez celles cultivées sous serre (Shannon and Grieve, 1999).

L'Algérie fait partie des régions arides et semi arides, ou la salinité constitue une contrainte majeure à la productivité et au développement agricole (Rozema and Flowers, 2008 ; Abdel Latef, 2010).

2- Effets de la salinité

a.Sur les plantes

La salinité provoque à la fois un stress ionique et un stress osmotique sur les plantes et les réponses les plus connues des plantes à la salinité sont liées à ces effets (YEO, 1998).

b.Sur la croissance des plantes

Plusieurs recherches ont montré la réduction de croissance de plantes en raison du stress salin, chez la tomate (ROMERO-ARANDA et al., 2001).

c.Sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (ROMERO-ARANDA et al.,2001 ; PARIDA et DAS, 2005).

d.Sur la photosynthèse

Chez les plantes traitées avec le NaCl, la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée (SALAMA, 1994) et plus particulièrement celle des granas (RAHMAN, 2002).

L'accumulation de grains d'amidon a été également souvent rapportée (SALAMA, 1994; KEIPER, 1998).L'effet à long terme sur la photosynthèse s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (PARIDA et DAS, 2005).

e.Sur le taux des ions

L'absorption des hautes concentrations de NaCl engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement le K⁺, ce qui conduit à une efficacité en K⁺. Le traitement accru de NaCl induit une augmentation dans le taux du Na⁺ et Cl⁻ et une diminution dans le taux du Ca²⁺, K⁺ et le Mg²⁺ chez de nombreuses plantes La salinité fait augmenter le contenu de Na⁺, Ca²⁺ et Cl⁻ chez *Vicia faba* et le rapport K⁺/Na⁺ diminue (HAOUALA et al., 2007).

f.Sur la germination

L'effet de la salinité sur la germination des graines peut être partiellement osmotique ou du à la toxicité des ions qui peut altérer le processus physiologique comme l'activité enzymatique (CROSER et *al.*, 2001).

3- Mécanismes d'adaptation des plantes au sel

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

a. L'exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne des cellules de la racine, ainsi que le transport sélectif permet d'adsorber les ions nutritifs utiles et de ré-excréter les ions Na⁺ (GENOUX et *al.*, 1991).

b. L'inclusion

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

c. La régulation de la croissance

L'effet le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes est ainsi la réduction de la croissance (ZHU, 2001). La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique (ZHU, 2001).

d. L'ajustement osmotique

L'ajustement osmotique du cytoplasme, suite à un stress osmotique provoqué par la présence de NaCl dans le milieu extérieure est réalisé par l'accumulation de solutés organiques.

Parmi ces composés s'accumulant lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la proline (FRECHILL et *al.*, 2001); des sucres (fructose, saccharose) (KELLER et LUDLOW, 1993).

III- LES ALGUES

Les algues désignent un ensemble d'organismes que l'on retrouve préférentiellement dans les milieux aquatiques. Elles rassemblent à la fois les macro-algues benthiques (fixées sur un support) ainsi que des organismes microscopiques pélagiques (en eau libre, du fond à la surface) : les micro-algues.

Ces dernières, dénommées également **phytoplancton**, sont définies comme étant des organismes unicellulaires ou pluricellulaires indifférenciés. Sous cette désignation, elles constituent un sous-ordre des Eucaryotes ou des Procaryotes. Dans ce dernier règne, les représentants des micro-algues sont regroupés dans la sous-classe des Cyanobactéries.

Le phytoplancton en tant que producteur primaire des milieux aquatiques est par ailleurs tout « naturellement » exploité comme ressource nutritive pour l'aquaculture (Spolaore et *al.*, 2006).

Principe de croissance : Assimilation de carbone inorganique (CO₂ par exemple) à la lumière et en présence d'eau pour le transformer en matière organique.

1- Classification

Groupées avec les champignons dans la division des Thallophytes, les algues constituent en réalité un vaste ensemble hétérogène d'embranchements très distincts les uns des autres et n'ayant entre eux que peu de caractères communs.

La distinction entre ces différents embranchements d'algues est faite d'après des caractères d'ordre cytologique et biochimique ainsi que des différences de structure et de mode de reproduction. En dehors de nombreuses formes unicellulaires, on trouve des algues pluricellulaires formant des thalles sans feuilles, ni tiges, ni racines, ni vaisseaux conducteurs.

Les algues d'eau douce comprennent un peu plus de 1100 genres et environ quatorze mille espèces répartis dans le monde.. De manière générale, cinq groupes caractéristiques appartenant à deux règnes différents sont à distinguer :

• Des Eucaryotes:

- les Diatomées,
- les Péridiniens ou Dinophycées,
- les Prymnésiophycées ou Coccolithophoridés,
- les Silicoflagellés ou Chrysophycées

- Des Eubactéries ou vraies bactéries (**Procaryotes**) : Les Cyanobactéries

LA CLASSIFICATION de l'espèce étudié

Règne: procaryote

Embranchement/classe : cyanophytes

Sous classe : cyanobactéries

L'espèce : spirulina platensi

Tableau 01 : Composition biochimique de l'Arthrospiraplatensis

Composition biochimique	Protéines %	Lipides %	Carbohydrates %
Arthrospiraplatensis	60 – 71	13 – 16	6 – 7

2- Diversité des profils métaboliques

Teneur élevée en protéines (rapports équivalents ou > au plantes supérieures).

- Carbohydrates : amidon, sucres, glucose, polysaccharides (Remarque : digestibilité élevée .consommation possible des cellules entières).
 - Lipides : Glycérols, acides gras saturés ou pas (.3, .6) (de 1 à 70% de la matière sèche, voire 90%).
 - Vitamines: A, B1, B2, B6, B12, C, E...
 - Pigments : caroténoïdes (. -carotène, lycopène, cryptoxanthine, canthaxantine, astaxanthine, lutéine), phycobiliprotéines (phycocyanine (bleue), phycoérythrine (rouge)).
- «La Spiruline algue de vie »



Figure 01 : Récolte de Spiruline (“dihé”) sur les rives du lac Tchad

3- Distribution/Habitats

Les micro-algues occupent la plupart des niches écologiques. Si elles sont surtout présentes dans les environnements aquatiques, elles ont su également coloniser les sols et une vaste gamme de supports comme les rochers.

Dans des conditions thermophiles, la cyanobactérie *Synecococcus* est capable de croître dans les sources d'eau chaude (60-80°C).

4-Leur utilisation en agronomie

La biomasse algale est connue pour améliorer la composition minérale des sols et leur capacité de liaison avec l'eau (Riley, 2002). Ce sont les cyanobactéries qui, grâce à leur capacité de fixer l'azote gazeux, contribuent à maintenir la fertilité des écosystèmes naturels ou de cultures. Leur présence dans les champs de riz améliore la qualité des récoltes. Malgré tout, c'est une technique qui n'a pas été adoptée largement par les agriculteurs mais qui mérite d'être reconsidérée et améliorée (Roger, 2004).

L'algue est utilisée pour stimuler la biosynthèse de chlorophylle ce qui améliore la croissance des plantes. Elle est aussi considérée comme un engrais car elle favorise la croissance d'actinomycètes, bactéries utiles dans le sol (Yamaguchi, 1997).

Les micro-algues apparaissent également comme de bons fertilisants des sols pauvres puisqu'elles apportent notamment du potassium, de l'azote, éléments essentiels à la croissance végétale. Elles permettent aussi de capturer et de garder l'humidité. Enfin, elles accélèrent la pousse des cultures et les protègent en limitant la prolifération des épiphytes (organismes végétaux qui croient et vivent sur d'autres végétaux sans se nourrir à leurs dépens) et des parasites.

CHAPITRE II

MATERIELS ET METHODES.

1-OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette étude vise à évaluer la réponse physiologique et biochimique d'une seule variété de l'aubergine (*Solanum melongena*) à l'action combinée de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), et d'une algue *bleue-verte* ou cyanobactérie (*Arthrospiraplatensis*) connue sous le nom spiruline.

2- CONDITION DE LA REALISATION 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 02 : Serre en plastique, au sein de laquelle l'essai a été réalisé.

b- Matériel biologique utilisé

Cette étude comporte une seule variété d'aubergine (*Solanum melongena*), fournies par la société CLAUSE, il s'agit de la variété galine hybride F1.

La spiruline (*Arthrospiraplatensis*), ou algue bleue-verte, impliquée dans l'expérimentation, provient du Tchad récolté le 25/07/2015, et consommé avant le 25/07/2017.



Figure 03 : Spiruline (*Arthrospira platensis*) de Tchad.

c- Préparation et semis des graines

- La pré-germination

Les graines de la variété galine ont été désinfectées par plusieurs trempages dans une solution d'hypochlorite de sodium pendant 5 minutes et puis en les rinçant avec de l'eau distillée.

La pré-germination a été effectuée dans des boîtes en plastique propres et stériles maintenues sous une température au voisinage de 25°C.



Figure 04 : La germination des graines de la variété galine F1 de l'aubergine

- **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 05 : le repiquage des plantules de l'aubergine.

- **La transplantation :**

Les plantules de l'aubergine seines et uniformes ont été transplantés dans pots en plastique de diamètre de 22 cm et de hauteur de 22 cm, préalablement remplis de sciure de bois stériles, à raison de deux plantules par pot.



Figure 06 : Transplantation des plantes de l'aubergine.

d- Préparation des différentes solutions d'irrigation

Toutes les solutions utilisées dans l'expérimentation sont préparées à la base de la solution nutritive afin de favoriser la croissance végétale et éviter les problèmes de déficit nutritionnel.

Tableau 02 : Composition chimique de la solution nutritive retenue pour l'irrigation des plantes

Eléments majeurs	Oligo-éléments
Azote.....20%	Bore.....300ppm
Phosphore.....20%	Cuivre.....60ppm
Potassium.....20%	Fer (EDTA).....650ppm
Magnésium.....20%	Manganèse.....650ppm
Soufre.....20%	Zinc.....300ppm

- Préparation des solutions salines

Deux concentrations salines 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, 140 meq de NaCl correspondant à 8,19 g a été dissout dans un litre de la solution nutritive, et 11.7 g de NaCl a été dissout dans un litre de la solution nutritive pour obtenir la concentration 200 meq.

- Préparation de la solution algale

La solution a été par la macération aqueuse qui consiste à mettre en solution, 40 g de la poudre de la spiruline prolongé pendant 24 heures avec 1000 ml de l'eau distillée, dans un flacon hermétique, sous un agitateur horizontal, à la température ambiante du laboratoire.

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

Cette solution diluée à 10 % de la solution mère de l'algue a été appliquée aux plantes de l'aubergine en présence de deux concentrations croissantes de NaCl, 140 mEq et 200 mEq.

- Le compostage

Opération qui consiste à ajouter 3 gramme de la poudre de la spiruline dans chaque pot.

e- L'application du stress salin

Le stress salin a été appliqué aux plantes de l'aubergine pendant deux semaines au début de la floraison. Les plantes stressées sont irriguées quotidiennement après un lavage avec de l'eau de robinet.

f- Dispositif expérimental

Ce dispositif est composé de trois blocs, chaque bloc est constitué de 03 lignes de trois répétitions qui correspondent chacune à une dose.



Les plantes du premier bloc ont subi seulement le NaCl seul avec deux concentrations, 140 et 200 mEq. Pour le deuxième bloc, les mêmes concentrations salines, sont ajoutée à la spiruline 10%, dont le témoin est irrigué à la solution algale à 10 % préparée à la base de la solution nutritive. Le troisième bloc est consacré pour le compostage, qui consiste à l'addition de la poudre algale dans la sciure de bois ; avec l'application de deux concentrations de NaCl, 140 et 200 mEq.

3- Les paramètres étudiés :

a- Les paramètres physiologiques

- La teneur relative en eau (TRE)

L'évolution de l'état hydrique de la plante est réalisée par le suivi de la teneur en eau des plantes ainsi que leur potentiel osmotique. La teneur relative en eau a été déterminée selon la méthode de Sangakkara *et al.* (1996)

Les feuilles excisées à la base sont immédiatement pesée, c'est le poids initial (Pi) elles sont ensuite introduites dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée est placées à une température de 4°C pendant 24 heures à l'abri de la lumière.

Les feuilles sont retirées, délicatement essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau, c'est le poids en plein turgescence (Ppt) le poids sec des feuilles (Ps) est déterminé par un passage dans l'étuve à une température de 80 °C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est calculée selon la formule suivante :

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

b- Les paramètres biochimiques

Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline- ninhydrine par mesure spectrophotométrique.

La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré.

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon. On met 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont

portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min. Après refroidissement, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique et 25 mg de ninhydrine.

Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant ; 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique.

On porte les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min.

Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent.

On prélève la phase supérieure à la qu'elle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h. On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

Dosage des sucres solubles

Les sucres simples (glucose, fructose, et saccharose) sont extraits par un solvant capable de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques susceptibles de les dégrader. Ils sont dosés par la méthode de SHIELDS et BURNETT (1960).

Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique : ce dernier, très concentré transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu vert avec l'antrone, dosé par colorimétrie à 585 nm. Cette même méthode est décrite par GOMEZ (2003).

Le matériel végétal prélevé, 100 mg, sur le tiers médian de la feuille est laissé 24 h dans 5,25 ml d'éthanol à 80%, 2 ml sont prélevés de l'extrait préalablement dilué 10 fois avec de l'éthanol 80%, constitue le réactif A + 4 ml de réactif composé de 2 g d'antrone pur additionné à 1 litre d'acide sulfurique pur sont ajoutés ; constitue le réactif B ; il est préparé 4 heures à l'avance, Les tubes seront maintenus dans la glace fondante.

Après agitation les tubes sont placés dans un bain - marie à 92°C pendant 8 mn, Ensuite le tout est refroidi pendant 30 mn à l'obscurité, L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 585 nm.

Dosage des chlorophylles

La teneur en chlorophylle a, chlorophylle b, et la chlorophylle totale est déterminée selon la méthode d'ICHETFNTHA, FR (1987) et SHARAI.A et *al*, (1998) au niveau de l'avant dernière feuille.

Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, dans 10ml d'acétone à 95%, l'ensemble est conservé à l'obscurité à 4°C pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes sont déterminé à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 662, 644nm. Ensuite le calcul des quantités de chlorophylles **a** et **b** se fait à l'aide des formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 9.784 \text{ DO (662)} - 0.99 \text{ DO (644)}$$

$$\text{Chl b} = 21.42 \text{ (644)} - 4.65 \text{ DO (662)}$$

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

DO : densité optique en nm.

- Dosage de la glycine bétaine

L'analyse de la teneur de la glycine bétaine dans les feuilles, a été réalisée selon la méthode selon de GrieveetGrattan(1983).

Dans des tubes à essais de 20 ml, on ajoute sur 0.5 g de feuilles, coupées en petits fragments, dans 5ml de mélange toluène-eau (0.05% de toluène).

Tous les tubes ont été secoués mécaniquement pendant 24h à 25°C.

Après filtration 0.5ml d'extrait a été mélangé avec 1 ml de solution HCL 2N puis et 0.1 ml de tri-iodure de potassium solution (contenant 7.5g d'iode et 10 g iodure de potassium dans 100ml d'HCL 1N) a été ajouté et agité dans un bain de glace d'eau froide pendant 90 mn puis 2 ml d'eau glacée a été ajouté après agitation douce, ensuite 10ml de 1,2-dichloroéthane (réfrigérée à -10°C) a été versé dedans.

En passant flux d'air continu pendant 1-2minutes deux couches ont été séparées, la couche aqueuse supérieure a été écartée et la densité optique de la couche organique a été enregistrée au 365 nm.

4- Traitement statistique

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

CHAPITRE III

ANALYSE DES RESULTATS

Analyse des résultats

1-TENEUR RELATIVE EN EAU

Les résultats d'analyse de la variance de la teneur relative en eau, démontre que ce paramètre n'est pas influencé par les différents niveaux de salinité, ni en présence de l'extrait de l'algue ($P > 0.05$).

Cependant lorsque l'apport externe de l'algue composté est ajouté à la salinité, cette teneur varie fortement ($P < 0.05$).

Tableau 03 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur relative en eau des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité.

Source	DII	F	P
Na Cl	2	0.608	0.555
Algue. irrigué	1	2.244	0.151
Algue .compost	1	19.813	0.000

D'après les résultats obtenus dans la figure 7, sous le traitement témoin (algue irriguée seule), la teneur relative en eau semble être importante dans les feuilles avec ($65,5313 \pm 1,16673$ %) cette valeur diminue légèrement en fonction de l'augmentation du stress salin combiné. la même constatation pour les traitements salins seuls.

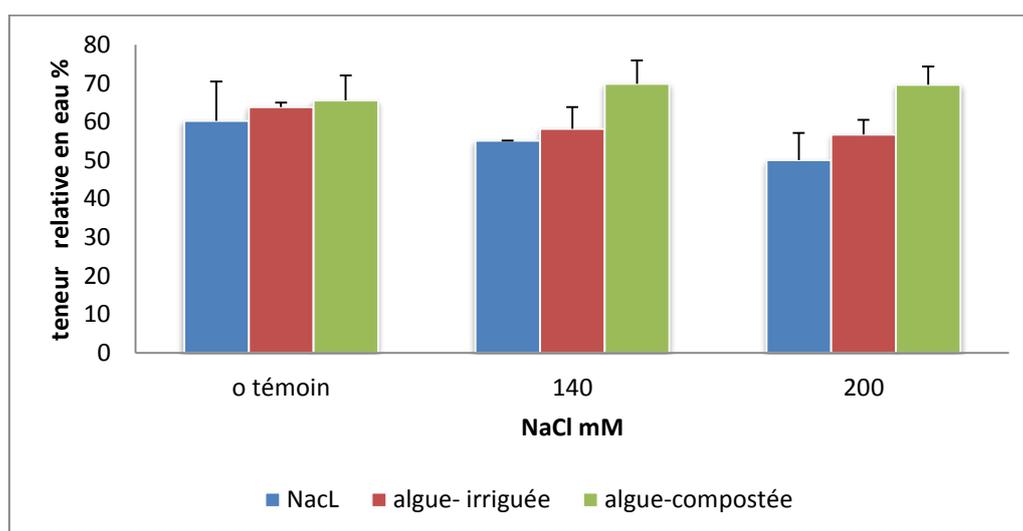


Figure 07 : Teneur relative en eau (%) des feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumise sous traitement algue-salinité.

Cependant, au niveau du lot algue compostée, la teneur relative en eau dans les feuilles de l'aubergine augmente de façon significative lorsque les concentrations salines combinées deviennent importante ($r = 0.633^{**}$)

A l'application de la concentration 200 mM de NaCl, cette teneur est évaluée à 50.02 ± 7.06967 % lorsque la salinité est seule, Elle passe à 56.6371 ± 3.87 au niveau du lot traité avec la salinité en présence de l'algue irriguée, pour arriver à 69.63 ± 4.66 % chez les plantes qui reçoivent cette concentration saline contrebalancée par l'apport d'algue compostée.

2-La teneur en proline

Selon l'analyse de la variance (tableau 4), les concentrations salines affecte significativement la teneur en proline dans les feuilles de l'aubergine ($P < 0.001$). Cependant cette teneur n'est pas influencée lorsque ces concentrations salines de NaCl sont associées à l'algue irriguée ($P > 0.05$).

Les concentrations salines en présence de l'algue compostée, provoquent une variation significative de la teneur en proline ($P > 0.001$).

Tableau 04 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur en proline des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité.

Source	Ddl	F	P
NaCl	2	127.326	0.000
Algue irrigué	1	2.467	0.134
Algue compost	1	20.602	0.000

Les résultats obtenus dans la figure 8, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en proline augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $62.66 \pm 8.81 \mu\text{g/g}$ de MF et $171.76 \pm 5.60 \mu\text{g/g}$ de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl.

($r = 855^{**}$).

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en proline augmente dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin ($63.47 \pm 6.94 \mu\text{g/g}$ de MF) pour enregistrer une valeur de $151.99 \pm 9.07 \mu\text{g/g}$ de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl.

Cependant l'augmentation de la teneur en proline pour le lot salinité/algue irriguée n'est pas significative.

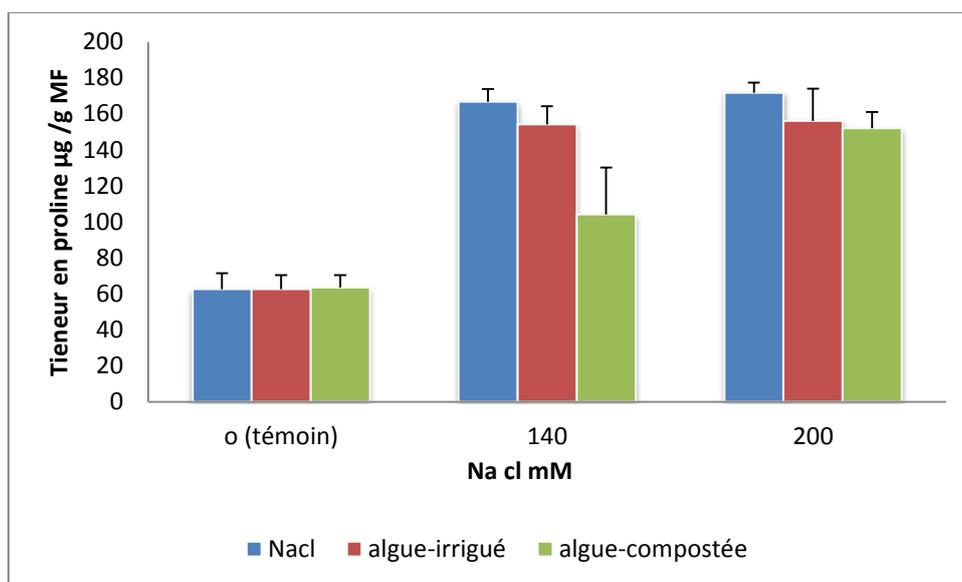


Figure 08 : teneur en proline ($\mu\text{g/g}$ de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumise sous traitement algue-salinité.

3 - La teneur en sucres solubles

Les résultats de l'analyse de la variance démontrent que la teneur en sucres solubles est fortement influencée par les différents traitements salins appliqués ($P < 0.001$). Cependant cette teneur n'est pas influencée lorsque ces concentrations saline de NaCl sont associées à l'algue irriguée ($P > 0.05$).

Tableau05 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$) de la teneur en sucres solubles des plantes de l'aubergine soumises au traitement algue-salinité.

Source	F	p	Signification
Na Cl	2	2133.384	0.000
Algue irrigué	1	17.441	0.654
Algue compost	1	377.356	0.048

Les concentrations salines en présence de l'algue compostée, provoquent une variation significative de la teneur en sucres solubles ($P > 0.001$).

Les résultats obtenus dans la figure 9, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en sucres solubles augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $28.23 \pm 3.74 \mu\text{g/g}$ de MF et $59.46 \pm 5.60 \mu\text{g/g}$ de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl ($r = 0.822^{**}$).

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en sucres solubles augmente dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin ($24.12 \pm 3.09 \mu\text{g/g}$ de MF) pour enregistrer une valeur de $55.08 \pm 9.90 \mu\text{g/g}$ de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl.

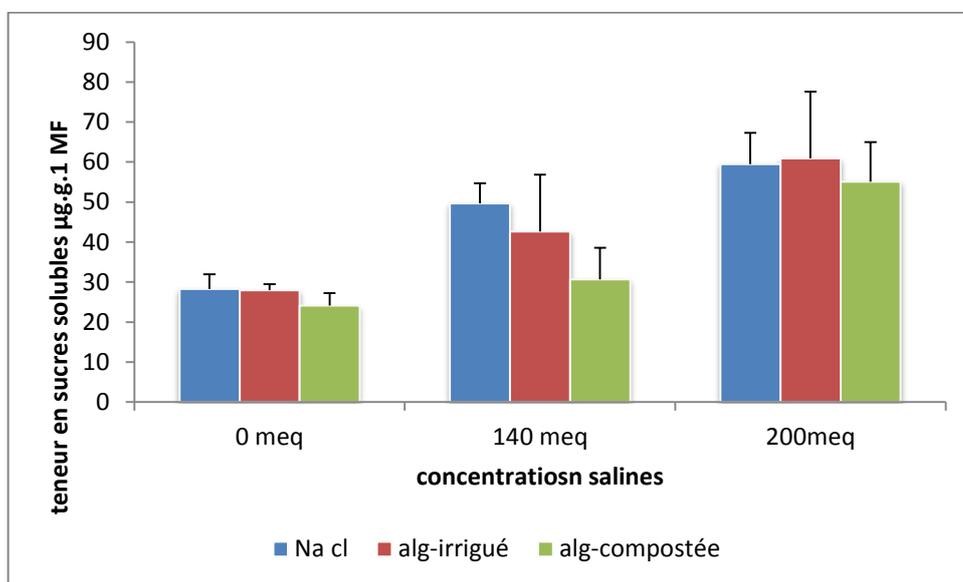


Figure 09 : teneur en sucres solubles ($\mu\text{g/g}$ de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. soumises sous traitement algue-salinité.

4 - Taux de chlorophylle:

a - Teneur en chlorophylle « a »

Les résultats d'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle a, démontre que ce paramètre est influencé de façon hautement significative par les différents niveaux de salinité ($P < 0.001$)., même en présence de l'extrait de l'algue ($P < 0.05$).

Cependant lorsque l'apport externe de l'algue composté est ajouté à la salinité, cette teneur varie fortement ($P < 0.05$).

Les résultats obtenus dans la figure 10, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en chlorophylle a diminué de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $2.48 \pm 0.46 \text{mg/g}$ de MF et $0.6 \pm 0.17 \text{mg/g}$ de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl ($r = 0.780^{**}$).

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en chlorophylle a diminué dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin (2.7 ± 0.59 mg/g de MF) pour enregistrer une valeur de 2.18 ± 0.15 mg/g de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl.

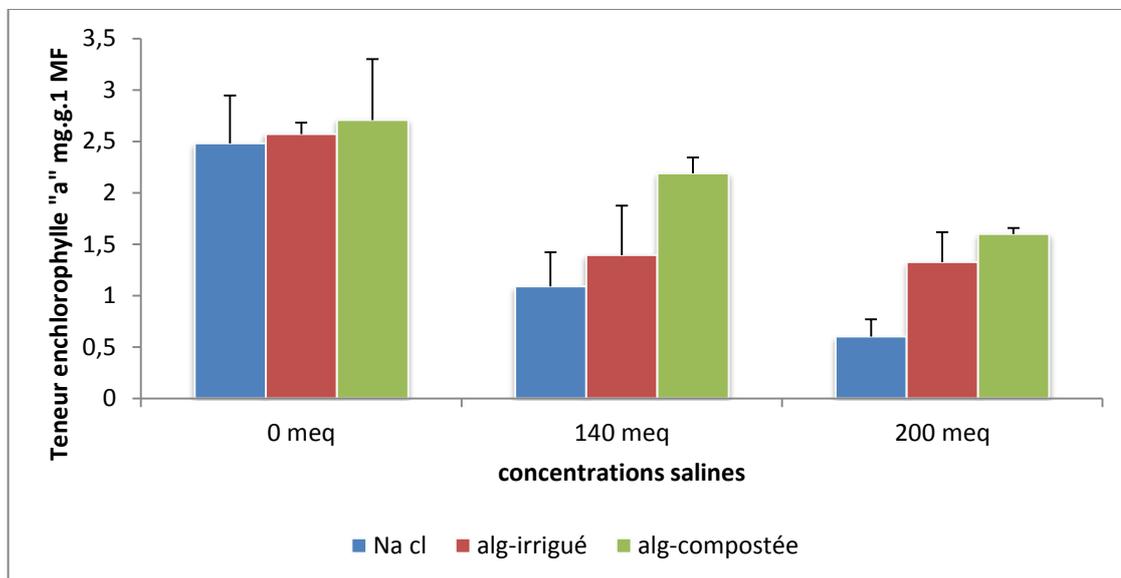


Figure 10 : teneur en chlorophylle « a » (mg/g de MF) des feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L. Soumises sous traitement algue-salinité.

La diminution de la teneur en chlorophylle a pour le lot salinité/algue irriguée, est fortement significative avec des valeurs qui varient entre 2.57 ± 0.11 mg/g de MF et 2.80 ± 0.4 mg/g de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl.

b - Teneur en chlorophylle « b »

Les résultats d'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle b, démontre que ce paramètre est fortement influencé par les différents niveaux de salinité, même en présence de l'extrait de l'algue ($P < 0.001$).

Lorsque l'apport externe de l'algue composté est ajouté à la salinité, cette teneur varie fortement ($P < 0.05$).

Les résultats obtenus dans la figure 11, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en chlorophylle a diminué de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre 30.52 ± 1.55 mg/g de MF et 15.49 ± 4.22 mg/g de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl ($r = 0.848^{**}$).

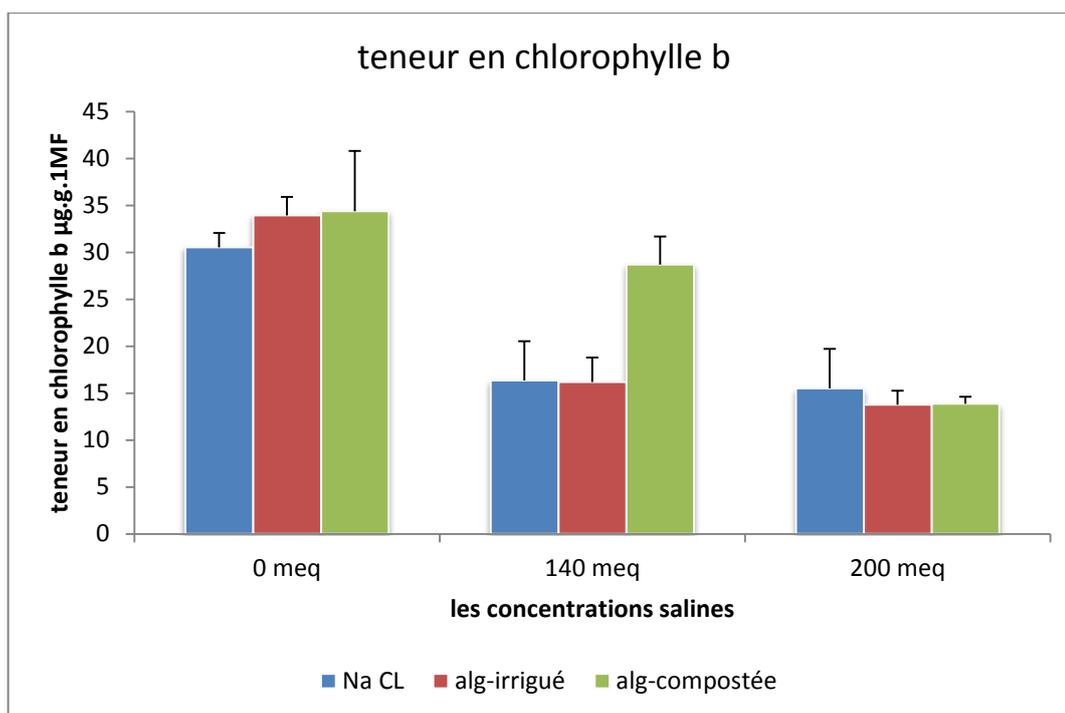


Figure 11 : teneur en chlorophylle « b » en mg/g de MF dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melangena* L soumise sous traitement algue-salinité.

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en chlorophylle a diminué dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin (34.38 ± 6.43 mg/g de MF) pour enregistrer une valeur de 13.87 ± 0.74 mg/g de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl.

La diminution de la teneur en chlorophylle a pour le lot salinité/algue irriguée, est fortement significative avec des valeurs qui varient entre 33.94 ± 1.97 mg/g de MF et 13.76 ± 1.5 mg/g de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl.

c - La teneur en chlorophylle totale

Les résultats de l'analyse de la variance démontrent que la teneur en chlorophylle totale est fortement influencée par les différents traitements salins appliqués ($P < 0.001$). A l'addition de l'algue compostée à la salinité, les variations de cette caractéristique est significative ($P < 0.05$).

Cependant cette teneur n'est pas influencée lorsque ces concentrations saline de NaCl sont associées à l'algue irriguée ($P > 0.05$).

Les résultats obtenus dans la figure 12, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en chlorophylle a diminué de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre 33.00 ± 1.11 mg/g de MF et 16.09 ± 4.10 mg/g de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl ($r = 0.854^{**}$).

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en chlorophylle totale diminue dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin (37.09 ± 5.92 mg/g de MF) pour enregistrer une valeur de 15.47 ± 0.8 mg/g de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl.

La diminution de la teneur en chlorophylle a pour le lot salinité/algue irriguée, est fortement significative avec des valeurs qui varient entre 33.94 ± 1.97 mg/g de MF et 13.76 ± 1.5 mg/g de MF chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl.

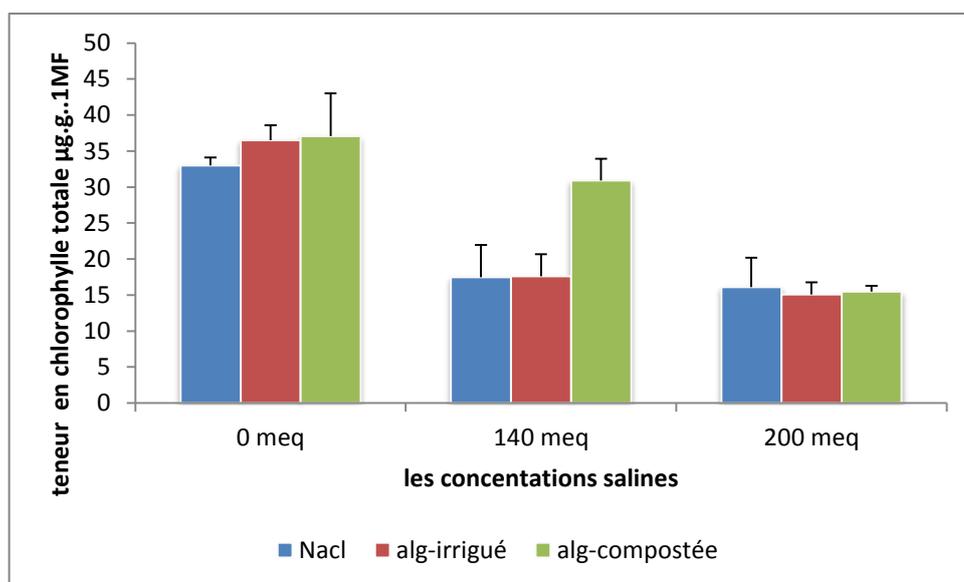


Figure 12 : teneur en chlorophylle totale en mg/g de MF dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melongena* L soumise sous traitement algue-salinité.

5 - La teneur en glycine bétaine

Les résultats de l'analyse de la variance démontrent que la teneur en glycine bétaine est fortement influencée par les différents traitements salins appliqués ($P < 0.001$). A l'addition de l'algue compostée à la salinité, les variations de cette caractéristique ne semble pas significative ($P > 0.05$).

Cependant cette teneur n'est pas influencée lorsque ces concentrations saline de NaCl sont associées à l'algue irriguée ($P > 0.05$).

Les résultats obtenus dans la figure 13, indique qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en glycine bétaine augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité, en inscrivant des valeurs qui oscillent entre $0.07 \pm 0.014 \text{ nm}$ et $0.48 \pm 0.056 \text{ nm}$ chez les plantes traitées respectivement à 140 et 200 mM de NaCl ($r = 0.780^{**}$).

A l'application de la salinité en présence de l'algue compostée, la teneur en glycine bétaine augmente dans les feuilles de l'aubergine par rapport au témoin ($0.234 \pm 0.10 \text{ nm}$) pour enregistrer une valeur de $0.056 \pm 0.01 \text{ } \mu\text{g/g}$ de MF chez les plantes stressées à 200 mM de NaCl. L'augmentation de la teneur glycine bétaine pour le lot salinité/algue irriguée, n'est pas significative.

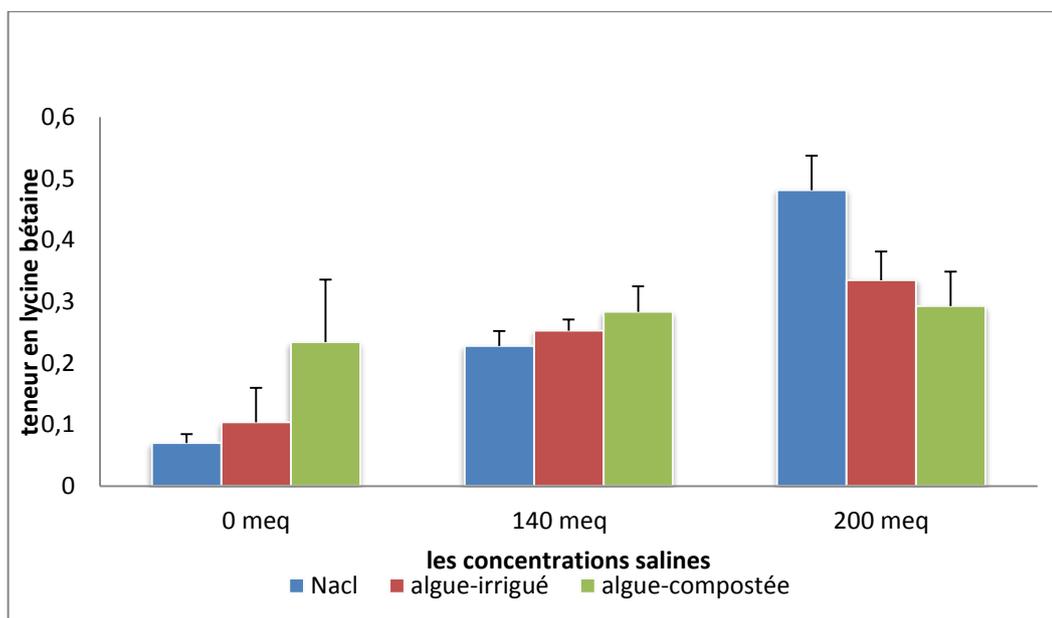


Figure 13 : Teneur en glycine bétaine en nm (DO) dans les feuilles de la variété galine de l'aubergine *Solanum melangena* L soumise sous traitement algue-salinité.

CHAPITRE IV
DISCUSSION ET CONCLUSION
GENERALES

Le stress abiotique constitue un facteur limitant responsable d'une perte de rendement estimée à plus de 50% pour les cultures les plus répondues. Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (Wang et al., 2001).

BLUM (1989), indique que l'évaluation de la teneur en eau des tissus constitue un paramètre de référence de la prédiction du déficit hydrique qui s'exprime par des pertes de turgescence des tissus végétaux. Cette stratégie regroupe l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de maintenir un potentiel hydrique élevé, évitant la déshydratation des tissus et le maintien de son métabolisme cellulaire. Cette situation peut s'opérer grâce à deux voies principales; la première consiste en une meilleure efficacité d'absorption de l'eau, à travers une modification de la dynamique de croissance (MUKHERJEE et al., 1991).

Le compost d'algues a été appliqué comme fertilisants organiques du sols dans de nombreuses régions côtières du monde (Castlehouse et al., 2003, Coccozza et al., 2011 et Haslam et Hopkins, 1996).

Les micro-algues apparaissent également comme de bons fertilisants des sols pauvres puisqu'elles apportent notamment du potassium, de l'azote, éléments essentiels à la croissance végétale (Aziz et al., 2011).

A cette effet cette étude est menée pour évaluer la réponse physiologique et biochimique d'une seule variété de l'aubergine (*Solanum melongena*) à l'action combinée de la salinité par l'application de chlorure de sodium (NaCl), et d'une algue *bleue-verte* ou cyanobactérie (*Arthrospiraplatensis*) connue sous le nom spiruline. Le déroulement de cette expérimentation est effectué dans le but de voir ou de ramasser les informations sur les répercussions de ces différents stress salin appliqués en association avec cette micro-algue, tout en essayant de répondre à la problématique en disant, est ce que l'apport externe de l'algue sous forme de compost ou un extrait algal destiné à l'irrigation, peut atténuer l'effet néfaste de la salinité et à quelle concentration saline ?

La teneur relative en eau des feuilles de l'aubergine diminue légèrement en fonction de l'augmentation du stress.

Cependant, au niveau du lot algue compostée, la teneur relative en eau dans les feuilles de l'aubergine au lieu de chuter, elle augmente de façon significative lorsque les concentrations salines combinées deviennent importante ($r= 0.633^{**}$).

MONNEVEUX en 1992 considère que l'état de turgescence cellulaire constitue un indice très efficace dans la quantification de l'intensité du déficit hydrique sur le végétale d'un côté et le criblage des génotypes les plus adaptés au manque d'eau.

La transpiration évaluée à travers la perte d'eau par la feuille excisée constitue toujours un indice d'estimation plus disponible d'adaptation et de productivité en zone d'alimentation hydrique limitante (CLARK *et al.*, 1989).

KHALDOUN, 1990 ; ALI DIB, 1992 ; MONNEVEUX *et al.*, 1993; REKIKI, 1997 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.

Le compost d'algue est connu à sa capacité d'améliorer les propriétés physiques du sol grâce à sa teneur en alginate élevé (Blunden, 1991; Verkleij, 1992; Eyraş *et al.*, 2008). Il est également connu que le compost d'algue a le pouvoir de stimuler la croissance des plantes en raison de ses fortes teneurs en régulateurs de croissance, tel que les auxines et les cytokinines (Stirk *et al.*, 2004).

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).

La teneur en proline dans les feuilles de l'aubergine, est considérablement affectée par les différentes concentrations de NaCl ($P < 0.001$).

Qu'au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en proline augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité ($r= 0.855^{**}$)

Ces résultats se confirment par plusieurs chercheurs sur différents types de plantes, tel que le blé dur et tendre (EL JAAFARI, 1993; NOURI, 2002), le thé (CHAKRABORTY *et al.*, 2002) et la fève (BOUSABA, 2001). Expliquant ainsi que l'une des causes d'accumulation serait une protéolyse membranaire.

L'accumulation de proline constitue ainsi un véritable mécanisme de tolérance à la sécheresse (SLAMA *et BENSALÉM*, 2004). Certains auteurs (BELLINGER *et BENSALÉ*, 2004),

1991) ont proposé l'accumulation de la proline comme technique de sélection des cultivars d'orge résistante à la sécheresse.

Cependant l'augmentation de la teneur en proline pour le lot salinité/algue irriguée ou compostée, n'est pas significative

CLAUSSEN (2005), en travaillant sur la tomate en condition de stress salin et hydrique suggère que l'accumulation de proline serait due soit à une induction ou activation de l'enzyme impliquée dans la biosynthèse de la proline, ou à un abaissement de son oxydation en glutamate et une amélioration du turnover (renouvellement) des protéines.

Les processus de concentration des sucres solubles et/ou de proline dans les tissus foliaires des plantes stressées sont considérés par plusieurs auteurs comme 62 des bons osmorégulateurs (KAMELI et LOSEL, 1993 ,1995 ; SANCHEZ, 1998) qui peuvent jouer un rôle plus important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse.

Au niveau des feuilles des plantes qui reçoivent la solution saline seule, la teneur en sucres solubles augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité ($r = 0.822^{**}$).

La teneur en chlorophylle a et b et totale diminue significativement lorsque le stress salin s'accroît ($r = 0.780^{**}$).

La teneur en glycine betaine augmente de façon hautement significative en fonction de l'acuité de la salinité ($r = 0.780^{**}$).

Cependant il n'y a aucune corrélation avec les autres traitements salins en présence de l'algue. Concernant la glycine betaine et les pigments chlorophylliens.

D'après l'ensemble des résultats, il semble que la présence de l'algue semble exercer un effet atténuant de la salinité.

L'algue compostée a permis d'autant plus aux plantes de l'aubergine manifester une certaine tolérance aux stress salin.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **ALI DIB T., MONNEVEUX P., et ARAUS JL.,**1992 - Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. Edit. Agron. Vol.12, pp 381- 393.
2. **ANDEERSEN R.A.,** 1992. Diversity of eukaryotic algae. Biodiversity and Conservation, 1(4), 267–292. Assunção P., Jaén-Molina R., Caujapé-Castells J., Jara A., Carmona L., Freijanes K., Mendoza H., 2011. Phylogenetic position of *Dunaliella acidophila* (Chlorophyceae) based on ITS and rbcL sequences. Journal of Applied Phycology, 24(4), 635–639.
3. **ARBAOUI M., BENKHELIFA M., BELKHODJA M.,** 2000- Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne. Pp.267-70.
4. **ARZANI A.,** 2008- Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. Vitro Cell. Dev. Biol. Plant 44: 373-383.
5. **BELKHODJA M. et BIDAI Y.,** 2004- Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Revue Sécheresse, vol 4, (15).
6. **BELLINGER Y., BENSAOUD A., et LARHER P.,** 1989 - Physiological accumulation: a trait of use to breeding for stress tolerance.
7. **BERTHOMIEU P ; CONEJERO G ; NUBLAT A ; BRACKENBURY W. J. ; LABERT C.. SAVIO C. ; UOZUMI N. ; OIKI S. ; YAMADA K. ; CELLIER F. ; GOSTI F. ; SIMONNEAU T. ; ESSAH P. A. ; TESTER M. ; VERY A. A. ; SETENAC H an CASSE F.,** 2003-Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. Embo journal 22 :2004-2014.
8. **BLUM A.,** 1989 - Osmotic adjustment and growth of barley geotypes under drought stress. CropSci. vol. 29, pp 230-233.
9. **BOUSBA R.,** 2001 – Effets d'une contrainte abiotique (stress hydrique) sur la plante et les composants de la graine de *Vicia faba* L. Thèse de magister : Les bases biologiques de la production végétale ,43-44.
10. **BYBORDI A, TABATABAEI SJ, AHMADEV A** (2010) Effect of salinity on the growth and peroxidase and IAA oxidase activities in canola. JFoodAgric Environ 8(1):109–112
11. **CHAKRABORTY U., DUTTA S. - 2002** – Response of tea plants to water stress. Biologia Plantarum 45.557 - 562.

Références bibliographiques

12. **CLARKE J.M., ROMAGOSA I., JANA S., SRIVASTAVA J.P., Mc.CAIG T.N.,** 1989 - Relationship of excised-leaf loss rate and yield of durum wheat in diverse environments. Edit. Can. J. Plant. Sci. Vol. 69, pp 1075-1081.
13. **CLAUSSEN W.,** 2005 – Proline as a measure of stress in tomato plants .Plant Science 168.241-248.
14. **CROSER C,RENAULT S, FRANKLIN J, ZWIAZK J** 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of Piceamariana, Piceaglauca and Pinusbanksiana. EnvironPollut, 115 :9-16.
15. **EL JAAFARI S., ROGER P., PHILIPPE L., JEANSEMD E.,** 1993 - Résistance à la sécheresse et réponses à l'acide abscissique, analyse d'une approche synthétique. Edit. Cahier agriculture, pp 256-263.
16. **Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO),** Statistics Division, 2014.
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed 23 Feb 2017). Frary, A., Doganlar, S., Daunay, M.C., 2007. Chapter 9. Eggplant. In: Kole, C. (Ed.), Genome Mapping and Molecular Breeding. vol. 5. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, New York, Tokyo, pp. 287–313.
17. **FRECHILL S ; LASA B ; IBARRETXE L. and LAMSFUS C ,** 2001-Réponses de pois à l'effort salin et affecté par la source de nutrition d'azote (ammonium ou nitrate). Croissance de plantes Regul. (35) 171-179.
18. **GENOUX C, PUTZOLA F; MAURIN G;** 1991- Thème générale : la lagune méditerranéenne. T PE : les plantes halophytes.
19. **George, R.A.T.,** 2009. Chapter 12: Solanaceae. Vegetable Seed Production, third ed. CABI Publishing, London, UK, pp. 202–225.
20. **GREWAL, H. S.** (2010)- Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodicvertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agric. Water Manage. 97 (1): 148-156.
21. **HAMDY A., LEITH H., MEZHER Z.,** 1999-Halophyte performance under high Salinity levels: an overview saline irrigation. Halophyte production and utilization. Project N° IC 96, 20-58.
22. **HANSON, P.M., YANG, R.Y., Tsou, S.C.S., Ledesma, D., Engle, L., Lee, T.C.,** 2006. Diversity on eggplant (Solanum melongena) for superoxide scavenging activity, total phenolics, and ascorbic acid. Journal of Food Composition and Analysis 19, 594–600.
23. **HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL HADJ S.,** 2007- 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 du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11(3).235-244.
24. **HOUCHI R., COUDRET A.,** 1994-La sélection des triticales tolérants au sel. Cahier Agriculture 3: 227-230.
25. **KAMELI A., LOSEL D.,** 1993 - Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New phytol. Vol. 125, pp 609-614.

Références bibliographiques

26. **Kashyap, V., Vinod Kumar, S., Collonnier, C., Fusari, F., Haicour, R., Rotino, G.L., Sihachakr, D., Rajam, M.V.**, 2003. Biotechnology of eggplant. *Scientia Horticulturae* 97, 1–25. **KEIPER F.J; CHEN D. and DE FILLIPIS L**;1998 – Respiratory, photosynthetic and ultrastructural changes accompanying salt adaptation in culture of *Eucalyptus microcorys*. *J. Plant Physiol.* 152- :564-573.
27. **KELLER F .and LUDLOW M.M** ; 1993-Carbohydrate metabolism in drought –stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Jexp Bot* (44) 1351-1359.
28. **KHALDOUN A., CHERY J., MONNEVEUX P.**, 1990 - Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Edit. Agro*, Vol. 10, pp 369-379.
29. **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: p. 133-136.
30. **Macedo M.F., Miller A.Z., Dionísio A., Saiz-Jimenez C.**, 2009. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. *Microbiology (Reading, England)*, 155(Pt 11), 3476–90.
31. **Mariana Titica** « valorisation des micro-organismes photosynthétiques de la capture biologique de CO₂ à la production de vecteurs énergétiques » 23-26 avril 2012. P 5, p8.
32. **Matsubara K, Kaneyuki T, et al.** *Antiangiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. J Agric Food Chem* 2005 August 10;53(16):6272-5.
33. **MONNEVEUX P.**, 1992 - Amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. *Doc. Chaire de phytotechnie ENSA-INRA Montpellier*.
34. **MOUHOUCHE B et BOULASSAL M.** 1999– Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. *Recherche Agronomiques*, 4 :15-23.
35. **MUNNS R., JAMES R.A. AND LÄUCHLI A.**, 2006- Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57:1025–1043. **NIU X. ; BRESSAN R. A.; HASEGAWA P. M.; PARDO J. M.**, 1995 – Ion homeostasis in NaCl stress environment. *Plant Physiology*, 109, p. 735-742.
36. **Noreen Noda Y, Kneyuki T, et al.** *Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. Toxicology* 2000 August 7;148(2-3):119-23.
37. **PARIDA A.K., DAS A.B.**, 2005- Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349. **Patricia Erard**, Ctifl « livre l'aubergine » juin 2003 p 25 ; p32, p 38
38. **RAHMAN M.S ; MIYAKE H. and TAKEOKA Y** ; 2002- Effects of exogenous glycine betaine on growth and ultrastructure of salt stressed rice seedling (*Oryza sativa* L.). *Plant Prod .Sci.* 5 :33-44.
39. **RAHMOUNE C., MAALEM S., REDJEL F., HIOUN S. BENNACEUR M.** (2001)- Physiological and biochemical responses of two precocious varieties of wheat to phosphate rocks and TSP fertilisation in semi-arid land. *Proc XIVth. International Plant Nutrition Colloquium*, July 27- August 03-2001, Hannover, Germany.
40. **ROMERO-ARANDA R., SORIA T. and CUARTERO J.**, 2001- Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences*. 160, 265-272.
41. **SALAMA S ; TRIVEDI S ; BUSHERA M ; ARAFA A.A ; GARAB G. and ERDEI L** ;1994- Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast

Références bibliographiques

- structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *J. Plant Physiol.* 144 : 241-247.
42. **SCHULZE E.D., BECK E. and MULLER-HOHENSTEIN K.**, 2005- Plant ecology. Edition Springer Berlin- Heidelberg. P 692
 43. **Sharma Naveen Kumar, Rai A.K.**, 2011. Biodiversity and biogeography of microalgae : progress and pitfalls, 15, 1–15.
 44. **Sharma Naveen Kumar, Rai A.K., Singh S., Brown R.M.**, 2007. Airborn algae: their present status and relevance, *Journal of Phycology*, 43(4), 615–627.
 45. **SLAMA A., BEN SALEM M.**, 2004 - La proline est-elle un osmorégulateur chez le blé dur? Communication aux 15 journées biologiques ,18-21 mars 2004, forum des sciences biologiques, Association tunisienne des sciences biologiques.
 46. **Sudheesh S, Presannakumar G, et al.** Hypolipidemic effect of flavonoids from *Solanum melongena*. *Plant Foods Hum Nutr* 1997;51(4):321-30.
 47. **Sudheesh S, Sandhya C, et al.** Antioxidant activity of flavonoids from *Solanum melongena*. *PhytotherRes* 1999 August;13(5):393-6. **Huang HY, Chang CK, et al.** Antioxidant activities of various fruits and vegetables produced in Taiwan. *Int J Food Sci Nutr* 2004 August;55 (5):423-9.
 48. **SUN F., ZHANG W., HU H., LI B., WANG Y., ZHAO Y., LI X., LIU M. and LI X.**, 2007- Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 146: 178-188.
 49. **Williams G.M. et al.** *Toxicol. Sci.*, 52 (2S), 72-86 (1999)
 50. **YEO A.**, 1998- Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929.
 51. **Z, Ashraf M** (2009) Assessment of variation in antioxidative defense system in salt treated pea (*Pisum sativum*) cultivars and its putative use as salinity tolerance markers. *J Plant Physiol* 166:1764–1774
 52. **ZHU J.**, 2001- Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6: 66-71.