

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE BLIDA-1-  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOTECHENOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : Biotechnologie végétale

### *Thème*

***IMPACTE DE L'ACIDE SALICYLIQUE DANS UNE EAU  
SALIN ENRICHIE DE  $\text{CaCl}_2$  SUR LA CROISSANCE DE LA  
COURGETTE (*Cucurbita pepo*)***

*Présenté par :*

**M<sup>elle</sup> AKROUR Ikram**

**M<sup>elle</sup> KHEDIDJI El-Alia**

Soutenu publiquement le : 06 juillet 2020, devant le jury:

<b>M<sup>r</sup> Abbad .M</b>	<b>Président</b>	<b>BLIDA-1</b>
<b>M<sup>me</sup> Benzahra .S</b>	<b>Examinatrice</b>	<b>BLIDA-1</b>
<b>M<sup>r</sup> SNOUSSI. S.A.</b>	<b>Promoteur</b>	<b>BLIDA-1</b>

Année Universitaire : 2020/2021

# Remerciements

*Tout d'abord nous remercions Allah le tout puissant qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, qui nous a donné la force et la volonté de poursuivre nos études et d'effectuer ce travail*

*Nos remerciements à nos chers parents pour leur soutien moral et matériel durant nos études.*

*Notre gratitude et reconnaissance vont spécialement à notre promoteur*

*Pr SNOUSSI S-A, professeur au département de biotechnologie Faculté de science de la nature et de la vie à l'université de Blida-1 Pour son encadrement, son orientations et pour le temps qu'il nous a consacré. Nous le remercions beaucoup.*

*Notre profond remerciement à Mr **Abbad** professeur à l'université de Saad Dahleb Blida 1 pour avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions également nos chers Professeurs **Mme Benzahra** professeurs à la faculté des sciences de la nature et de la vie d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Notre gratitude va également à toute l'équipe de laboratoire biotechnologie des reproductions végétales pour l'aide qu'ils nous ont apportés .Un grand merci à **Mr ZOUAOUIA, Mr ABBADM**, pour votre gentillesse et votre l'aide incessante*

*Merci également à toutes les personnes si nombreuses qui nous ont aidés de près ou de loin pour achever ce travail.*

# Dédicaces

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail*

*Que je dédie à :*

*Mes très chers parents **Zohra** et **Abd Kader**, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège*

*A mes frères **Hakim, belkacem, Mohamed***

*et mes sœurs **wahiba, fatima, yasmina, Amel, yamina, Meriem, Asma***

*Pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien et surtout ma sœur **Meriem** pour leurs encouragements.*

*A toute la famille **khedidji**.*

*A mon très chère amie et ma sœur **Chaïma**, je souhaite à vous une vie plein de réussite et de santé.*

*A toutes mes amies pour leurs encouragements.*

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

***El-Alia***

# Dedîcace

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à Mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège.*

*A mes chères sœurs hana et samar pour tout le soutien et l'amour qu'elles m'ont apporté.*

*A mes cousines Roumaïssa , Zineb , Wissem et Nour el houda*

*A mes grandes mères et mon grand père*

*A toute la famille: AKROUR ET BOUTA*

*A toutes mes amies Rahma , Roumaïssa ,Feriel ,Chaima ,Asma , pour leur encouragements*

**IKRAM**

## Résumé

La salinité constitue un facteur important parmi les stress abiotiques majeurs limitant la croissance et la productivité des plantes cultivées qui sont des plantes sensibles au phénomène de la salinité. L'objectif de cette expérience, vise à mettre en évidence l'effet de l'interaction de l'acide salicylique à deux concentrations 0,5 et 1 mMole dans un milieu salin enrichi en  $\text{CaCl}_2$  au sur les plantes de courgette (*cucurbita pépo*).

Les résultats obtenus font ressortir que le milieu salin enrichi en  $\text{CaCl}_2$  se traduit par une diminution des paramètres morphologiques à savoir, la hauteur de la tige, la vitesse de croissance des plantes, ainsi que la perte de précocité aux stades de floraison et nouaison.

L'introduction de l'acide salicylique dans le milieu salin naturel notamment à la concentration de 0,5 Mmole, améliore significativement la vitesse de croissance des plantes, hauteur finale des plantes et aussi le nombre des fleurs mâles et femelles

**Mot clés :** *cucurbita pépo* , glycophyte , acide salicylique, salinité , hydroponie , stress salin

## ملخص

تعد الملوحة عاملاً هاماً من بين الإجهادات اللاأحيائية الرئيسية التي تحد من نمو وإنتاجية النباتات المزروعة والتي تعتبر نباتات حساسة لظاهرة

الملوحة. الهدف من هذه التجربة هو إظهار تأثير تفاعل حمض الساليسيليك بتركيزين 0.5 و 1 مول في وسط ملحي غني بكلوريد الكالسيوم على نباتات الكوسة

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن البيئة المالحة المخصبة بكلوريد الكالسيوم تؤدي إلى انخفاض في المعلمات المورفولوجية، وهي ارتفاع الساق، وسرعة نمو النباتات، وكذلك فقدان النضج المبكر في مراحل الإزهار ومجموعة الفاكهة

إدخال حمض الساليسيليك في البيئة المالحة الطبيعية، ولا سيما بتركيز 0.5 ملي مول، يحسن بشكل كبير سرعة نمو النبات، والارتفاع النهائي للنباتات وكذلك عدد أزهار الذكور والإناث

**الكلمات المفتاحية:** الكوسة، الملوحة، حمض الساليسيليك

## Summary

Salinity is an important factor among the major abiotic stresses limiting the growth and productivity of cultivated plants which are plants sensitive to the phenomenon of salinity. The objective of this experiment is to demonstrate the effect of the interaction of salicylic acid at two concentrations 0.5 and 1 mMole in a saline medium enriched with  $\text{CaCl}_2$  on zucchini plants (*Cucurbita pépo*)

The results obtained show that the saline medium enriched in  $\text{CaCl}_2$  results in a decrease in morphological parameters, namely, the height of the stem, the speed of growth of the plants, as well as the loss of precocity at the stages of flowering and fruit set.

The introduction of salicylic acid into the natural saline environment, in particular at the concentration of 0.5 mMole, significantly improves the speed of plant growth, final height of the plants and also the number of male and female flowers.

**Keywords:** Cucurbita pépo, glycophyte, salicylic acid, salinity, hydroponics, salt stress

# *Table de matière*

**Remerciements**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**INTRODUCTION..... 1**

## *Partie I : synthèse bibliographique*

### **Chapitre I : Culture hors sol**

1-Généralité de culture hors sol.....3  
2- La relation de la plante avec son milieu.....4

### **Chapitre II : Généralités sur la culture de courgette**

1- Origine et distribution de la courgette.....5  
2- Classification de la courgette .....5  
3- Morphologie de la courgette .....5  
4- Composition de courgette .....6  
5- cycle de la courgette.....6  
6- Importance de la courgette.....7  
7- Pathologie et ennemis de la courgette.....7  
    7-1 Pathologies.....7  
    7.2 Ennemis.....8

8- Techniques culturales de la courgette .....	8
8- 1 -Préparation de terrain.....	8
8-2 Semis.....	8
8-3 Entretien.....	9
8-4 Récolte.....	9
9. Conservation des courgettes.....	9

## **Chapitre III : La salinité**

### I-Salinité et sols salés

1-Définitions de la salinité.....	10
2- Principaux sels soluble.....	10
3-. Répartition des sols salés .....	11
3-1 Dans le monde.....	11
3-2 En Algérie.....	11
4-Mécanismes de la salinité.....	12
4-1 Salinisation primaire.....	12
4-2 Salinisation secondaire .....	13
3-4 Origine de la salinité.....	13
5- Cause de la salinité.....	14

### II- Salinité et la plante

1- Stress chez les plantes.....	15
2- Type de stress.....	15
2-1 .Stress biotique.....	15
2-2 Stress abiotique.....	15
2.2.1 .Stress hydrique.....	15
2.2.2 .Stress Thermique .....	16
2.2.3. Stress Salin.....	16

3- Classification des plantes selon la salinité.....	16
3-1 Halophytes.....	16
3-2 Glycophytes.....	17
III. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes.....	17
1- Effets de la salinité sur la germination et la levée.....	17
2- Effet de la salinité sur la croissance.....	18
3- Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	18
4- Effet de la salinité sur la sécrétion de la chlorophylle.....	19
5- Effet de la salinité sur la biochimie de la plante.....	19
6- Effet de la salinité sur la nutrition minérale des végétaux.....	19
7- Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau.....	20
8- Effet de la salinité sur l'échange gazeux et la transpiration.....	20
IV- Mécanismes de tolérances à la salinité.....	20
1- Ajustement osmotique.....	21
2- Compartimentation vacuolaire.....	21
3- Exclusion.....	21
4- Inclusion.....	21
5- Re-circulation.....	22
V- Mécanisme d'adaptation au stress salin.....	22
1- Adaptation phénologique.....	22
2- Adaptation morphologique et anatomique.....	22
3- Adaptation physiologique.....	23
3-1 Accumulation de proline.....	23
3-2 Accumulation des sucres solubles.....	24
3-3 Régulation de la croissance.....	24

4. Adaptation biochimique .....	25
4.1. Accumulation d'antioxydants.....	25
4.2. Détoxification.....	26

## **Chapitre IV : L'acide salicylique**

1- Importance de l'acide salicylique .....	27
2- Biosynthèse de l'acide salicylique .....	27
3- Interaction d'acide salicylique avec autres hormones.....	28
4- Rôle de l'acide salicylique .....	28
4-1 Rôle de l'acide salicylique dans l'acclimatation des plantes vis-à-vis des stress environnementaux oxydatifs .....	29
5 - Effet de l'acide salicylique sur la physiologie des plantes.....	29
6- Acide salicylique et la salinité .....	30
7- Acide salicylique et stress abiotique .....	30
8- Mode d'action de l'acide salicylique .....	31

## ***Partie II : matériel et méthodes***

I- Objectif .....	32
II- Lieu de l'expérience .....	32
III- Matériel expérimental .....	33
IV- Le matériel végétal .....	33
V- Méthodologies de travail.....	33
1- Préparation des pots .....	33
2 - Préparation, lavage et désinfection du substrat .....	34
3- Pré-germination des graines.....	35
4- Dispositif expérimentale .....	36
5- Transplantation .....	37

VI- Composition et préparation des différents traitements.....	38
VI-1 calcul des solutions mères concentrées.....	38
1- préparation de la solution mère concentrée de CaCl <sub>2</sub> .....	38
2- Calcul des concentrations de l'acide salicylique à 0,5 mM et 1 mM.....	39
3- préparation de la solution mère concentrée de l'acide salicylique.....	39
4- Entretien de la culture .....	40
4-1 Irrigation .....	40
4-2 Palissage.....	41
5- Paramètres biométriques mesurés .....	41
5-1 Vitesse de croissance .....	41
5-2 Hauteur finale des plantes .....	41
5-3 Nombre des feuilles .....	41

### ***Partie III : résultat et discussion***

1- Analyse statistique.....	42
2- Paramètres de croissance.....	42
2-1 Vitesse de croissance des plantes [cm/jour].....	42
2-2 Hauteur finale des plantes [cm].....	43
3- Paramètre de rendements .....	44
3-1 Précocité.....	44
3-2 Nombre moyen de fleurs par plante .....	45
3-3 discussion générale... ..	47
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>48</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexe**

### **Résumé**

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure N°01</b> : Classification de Cucurbita pepo.....	05
<b>Figure N °02</b> : plante de cucurbita pepo.....	07
<b>Figure N°03</b> : Carte montre la répartition des sols salins du Nord de l'Algérie .....	12
<b>Figure N°04</b> : Structure moléculaire de l'acide salicylique et de ses analogues utilisés pour les études fonctionnelle .....	27
<b>Figure N°05</b> : Situation de site expérimental .....	32
<b>Figure N°06</b> : Graines de courgette <i>cucurbita pepo</i> (photo original) .....	33
<b>Figure N°07</b> : Aspect général des pots (photo original).....	33
<b>Figure N°08</b> : Lavage de gravier .....	34
<b>Figure N°09</b> : Remplissage des pots avec du gravier .....	34
<b>Figure N°10</b> : lavage abondant à l'eau de robinet.....	34
<b>Figure N°11</b> :Essai de germination des graines de courgette.(photo original).....	35
<b>Figure N°12</b> : Dispositif expérimental .....	36
<b>Figure N°13</b> :Dispositif expérimental (photo original).....	36
<b>Figure N°14</b> : Repiquage des graines germées dans des pots (photo originale) .....	37
<b>Figure N°15</b> : l'apparition des feuilles cotylédonaires (photo originale) .....	37
<b>Figure N°16</b> : Vitesse de croissance des plantes de la courgette [cm/jour].....	42
<b>Figure N°17</b> : Hauteur finale des plantes en [cm].....	43

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau N°01:</b> Composition de l'eau de Blida: en meq/l.....	38
<b>Tableau N°02 :</b> Reconstitution de l'eau d'Oued Chleff avec l'eau de Blida en meq/l.....	38
<b>Tableau N°03:</b> les différents traitements utilisés .....	40
<b>Tableau N°04 :</b> début et pleine de floraison et nouaison des plantes de courgettes en nombre de jour.....	45
<b>Tableau N°05 :</b> Nombre moyen de fleurs par plante.....	45
<b>Tableau N ° 6 :</b> Critères biométriques mesurés sur les plantes de courgette .....	47

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ASS** : Sulfosalicylique.

**AAS** : Acétyle acide salicylique.

**ABA** : Acide abscissique.

**GST** : glutathion S-transférase (GST).

**GPX** : glutathion peroxydase.

**CAT** : catalase.

**APX** : ascorbate peroxydase.

**POX** : peroxydase.

**SOD** : super oxyde dismutase .

**GSH** : complexe antioxydant acide ascorbique.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : peroxyde d'oxygène.

**CE** : Conductivité électrique.

**AS** : Acide salicylique.

**JA** : jasmonique.

**ET** : l'éthylène.

**PH** : potentiel d'hydrogène.

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de charbon.

**UV** : ultra-violet

**Meq**: milléquivalent.

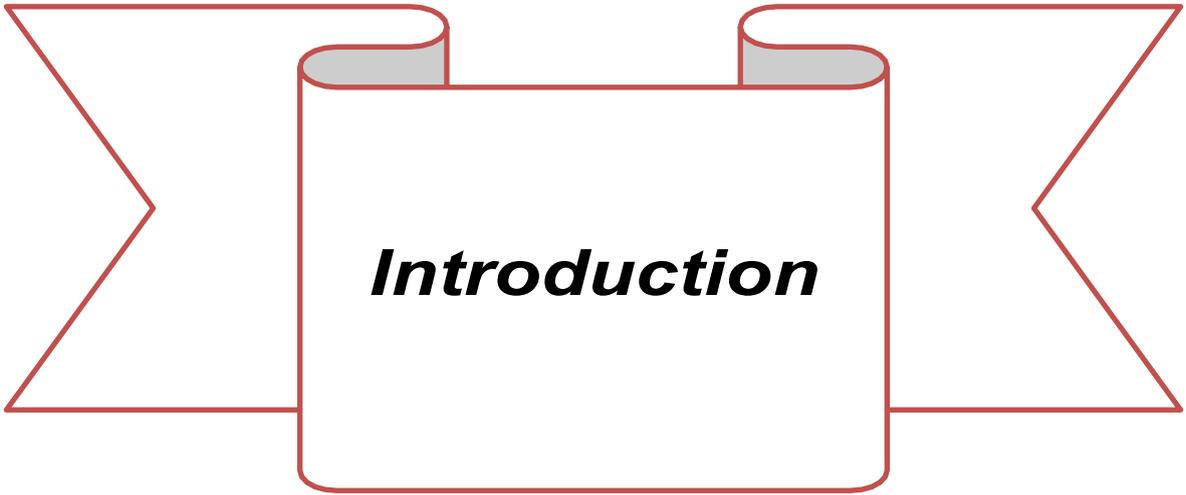
**ddl** : degré de liberté.

**cm/j** : centimètre par jours.

**ml/j** : millilitre par jour.

**(Ha)** : Hectare.

**(g/l)** : gramme par litre.



La croissance et le développement des plantes sont fortement influencée par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques, entre autre la salinité qui est l'un des facteurs abiotiques majeurs limitant la productivité des plantes et par conséquent la production agricole. Dans le monde, plus de 800 millions d'hectares de terres sont touchés par des niveaux de sel qui pourrait sensiblement réduire la productivité des cultures (**Munns et Testeur, 2008**). En Algérie, 3.2 millions d'hectares de terres agricoles sont menacés par la salinité (**Belkhodja et Bidai, 2004**). Cette salinisation est surtout rencontrée dans les zones arides et semi arides du pays.

La salinité du sol provoque le stress à la plante par deux façons : (1) rendant l'absorption d'eau par les racines plus difficiles, et (2) provoquant la toxicité de la plante via l'accumulation de concentrations élevées de sel dans la plante (**Munns et Testeur, 2008**). Plusieurs procédés biochimiques peuvent être affectés par la salinité, y compris la synthèse des protéines, la photosynthèse, et le métabolisme des lipides (**Parida et Das, 2005**). Cependant, la plupart des plantes possèdent plusieurs mécanismes pour diminuer les effets négatifs de la salinité y compris la réglementation et la compartimentation d'ions, la synthèse de solutés compatibles, l'induction des antioxydants, des enzymes, des hormones végétales, et des changements dans la voie de photosynthèse (**Cheeseman, 1988 ; Parida et Das, 2005**).

Afin de limiter les effets néfastes de la salinité, et de renforcer les mécanismes de tolérance au stress, l'acide salicylique connue depuis très longtemps a induit une résistance systémique et acquière aux plantes une protection contre le stress abiotique (**Ünlü et al, 2009 ; Vazirimehr et Rigi., 2014**). Son action a été largement mise en évidence chez de nombreuses espèces. Son application exogène sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs, et son rôle dans l'activation de la germination, la croissance sous stress salin a été signalée chez le blé (**Arfan et al, 2006**), l'orge (**El-Tayeb, 2005**) et le maïs (**Gunes et al, 2009**).

Cette molécule synthétisée par la plante, semble être impliquée dans la signalisation et l'établissement des mécanismes de résistance à plusieurs contraintes environnementales (**Korkmaz et al, 2007**).

La culture hors-sol est pratiquée en agriculture sur des millions d'hectares dans le monde. Un grand nombre des légumes frais comme le haricot, la tomate, le concombre, la laitue, qui sont cultivés en serre, est où les producteurs veulent sans cesse améliorer leur technique de production et ce dans le but de faire face à toutes les contraintes possibles **(MARD, 2013)**.

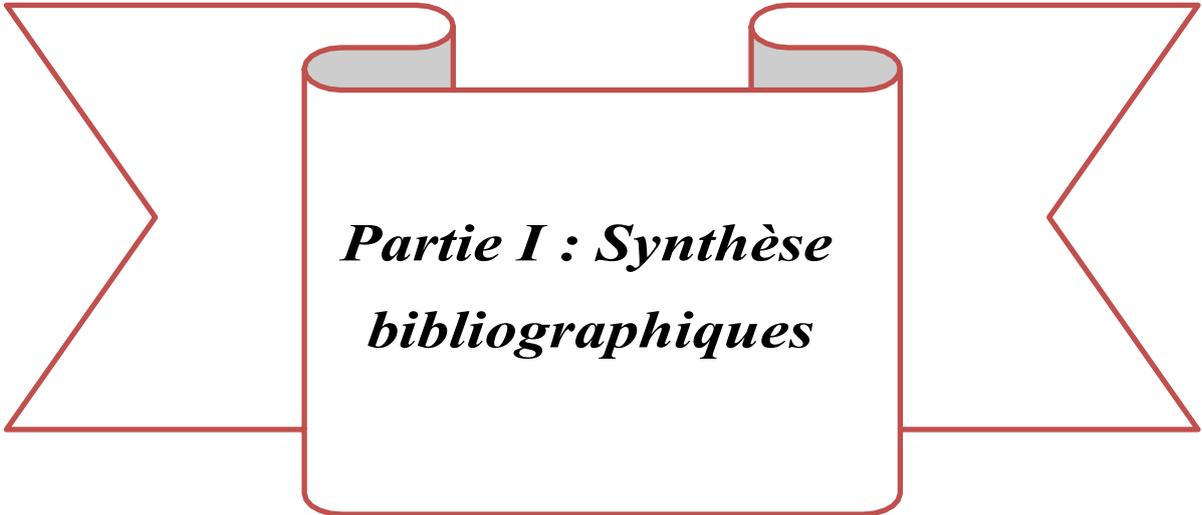
Dans le cadre de cette approche et afin de mieux comprendre l'effet combinée de la salinité et de l'acide salicylique sur les paramètres de croissance et physiologiques de la plante, nous nous sommes intéressées à une espèce glycophyte telle que la courgette **(Cucurbita pepo)**

la première partie du travail sera consacrée à une synthèse bibliographique se rapportant à la salinité, à la présentation de l'espèce végétale étudiée en l'occurrence la courgette, à la technique de culture adoptée ,et enfin à une connaissance de l'acide salicylique.

La deuxième partie est réservée à la présentation de la méthodologie de travail, le matériel végétal utilisé ainsi qu'aux techniques d'analyse.

Enfin, la troisième partie comporte les résultats obtenus et leurs interprétations.

Le mémoire est achevé par une conclusion générale suivie par des références bibliographiques



***Partie I : Synthèse  
bibliographiques***

## **1- Généralités sur la culture hors sol**

L'agriculture est une activité pratiquée par l'homme, depuis des milliers d'années, pour répondre à ses besoins alimentaires. Elle utilise le sol comme milieu ou substrat contenant les éléments nécessaires pour la croissance des plantes. Avec la maîtrise de cette activité grâce au progrès scientifique et technologique qu'a connu le secteur agricole, il est devenu possible de mener cette activité en utilisant autres substrats, voir sans substrat. Ainsi est née la culture hors sol. Ce type de culture regroupe plusieurs techniques innovantes qui se différencient par le mode d'apport des éléments nutritifs dont les plantes ont besoin pour leur croissance **(Mohammed, 2013)**.

Selon **(Polese, 2007)**. La culture hors sol comme des « cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol »

Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution qui apporte les sels minéraux et nutriments essentiels à la plante. Ce procédé a de nombreux avantages : moindre consommation d'eau, croissance contrôlée et rapide, moins d'attaque de nuisibles du sol, meilleure maîtrise de la précocité. La culture hydroponique permet également une automatisation de la culture : température, éclairage, contrôle du pH et de la concentration en éléments nutritifs du liquide « EC », ventilation. La culture hydroponique est très présente en horticulture et dans la culture forcée de certains légumes sous serre.

## **2- La relation de la plante avec son milieu**

Les conditions mentionnées précédemment (meilleur rendement, maturité plus rapide, résultats uniformes) sont des caractéristiques d'une bonne relation entre la plante et son milieu. Celle-ci n'a pas besoin de terre, comme telle, mais des réserves d'éléments nutritifs et de l'humidité contenus dans la terre ainsi que du support qu'elle lui offre. Tout milieu propice à la culture peut rencontrer ces exigences et offrir un support adéquat. Dans un milieu stérile dépourvu de ces réserves, On peut s'assurer que chaque plante reçoive la quantité exacte d'eau et d'éléments nutritifs nécessaires à sa croissance **(Belbachir.M;2017)**

La culture en terre est la méthode la plus conventionnelle des deux. C'est à vrai dire celle que la nature utilise. Dans les faits, cela veut dire que l'éleveur a moins de facteurs à contrôler car la terre fait la majorité du travail. Les nutriments qui sont présents naturellement aident à maintenir les niveaux de pH dans la plante. On peut aussi ajouter ces nutriments à la

terre soi-même, celle-ci agissant alors comme un tampon à pH pour la plante. En fonction de ce qu'on fait pousser, le goût de la plante peut être un facteur **(BOULECHFAR B.2018)**.

En contraste, les systèmes hydroponiques n'utilisent pas du tout de terre, mais bien de l'eau comme le nom l'indique. Les racines de la plante sont suspendues dans une solution liquide contenant un mélange équilibré des nutriments nécessaires à sa bonne pousse. On a donc un contrôle accru des nutriments, que la plante n'a pas à chercher car ils viennent directement à elle une forme hautement soluble. On appelle ce la technique du filtre nutritive **(BOULECHFAR. B;2018)**.

## Généralités sur la culture de courgette

### 1- Origine et distribution de la courgette

Le centre d'origine de la courgette serait du Mexique où elle a été domestiquée il y a des milliers d'années. Certains pensent que sa domestication s'est faite plusieurs fois au Mexique et aux Etats-Unis, parce que des données archéologiques et moléculaires suggèrent qu'il existe deux lignées de taxons domestiquées pour *C. pepo*. Elle a été introduite en Europe en même temps que d'autres espèces de *Cucurbita* au cours du 19<sup>ème</sup> siècle. Elle a plus d'importance dans les pays francophones qu'anglophones et on la cultive principalement près des villes, en particulier pour une clientèle européenne et libanaise (Messiaen et Fagbayide, 2004).

### 2- Classification de la courgette

La classification de *Cucurbita pepo* est représentée dans le tableau Tableau : Classification de *Cucurbita pepo* (Vanier, 2007)

Règne	plantae
Division	Manoliophyta
Subdivision	Spermatophytes
Classe	Magnoliopsida
Superordre	Rosanae
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	<i>Cucurbita</i>
Espèce	<u><i>Cucurbita pepo</i></u>

Figure N°01 : Classification de *Cucurbita pepo*

### 3- Morphologie de la courgette

La courgette est une plante herbacée annuelle, grimpante par des vrilles latérales à

Trois-quatre branches, fortement ramifiée ou à port buissonnant et dans ce cas souvent sans vrilles (FAO, 1988; Messiaen et Fagbayide, 2004 ; Anonyme, 2014). Comme les autres courges,

La courgette est une espèce monoïque (on trouve sur la même plante des fleurs mâles au bout de longues tiges verticales, et des fleurs femelles au bout de l'ovaire qui préfigure le futur fruit). Le fruit peut être de forme allongée, ou ronde, et de couleur jaune ou verte ou moins foncée (Mathieu et al, 2009).

#### **4- Composition de courgette**

L'une des raisons pour laquelle la consommation de la courgette a presque doublé en 10 ans est son intérêt nutritionnel et diététique, ce légume est caractérisé par :

-un apport énergétique faible lié à ; sa richesse en eau et sa teneur faible en éléments énergétiques (glucose et fructose sont les principaux glucides, disaccharides et polysaccharides sont présents en très petites quantités).

-une composition en fibres qui augmente au cours de la maturation : protopectines et pectines au stade jeune, cellulose et hémicellulose au stade plus avancé ;

-une bonne densité minérale : potassium, phosphore, calcium et magnésium, notamment ;

-un apport diversifié et modéré en vitamines. Une teneur appréciable en acide folique très supérieure à celle de nombreux légumes frais (ERARD, 2002)

#### **5- cycle de la courgette**

##### **5-1 Germination**

Les graines de courgette germent 5 à 7 jours après les semis ou plutôt si l'on fend soigneusement le tégument (Messiaen et Fagbayide, 2004).

##### **5-2 Floraison**

Elle débute 30 à 40 jours après la levée de la plantule .Elle est plus ou moins continue (Messiaen et Fagbayide, 2004)

### 5-3 Fructification

Les premiers fruits immatures peuvent être récoltés 50-60 jours après la germination. Les Fruits murs se récoltent au bout de 90-100 jours. Les fruits parthénocarpiques peuvent se former à des températures fraîches de 10°C la nuit et 20°C le jour (Messiaen et Fagbayide, 2004).



Figure N°02 : plante de *Cucurbita pepo* (photo originale)

## 6- Importance de la courgette

La courgette, du même genre que les courges et les potirons est la seule espèce dont le fruit est récolté et consommé avant maturité. Les courgettes se consomment généralement cuites, les fleurs mâles peuvent également être utilisées en cuisine, et les graines grillées (Mathieu et al, 2009). La courgette s'avère un légume de choix pour un régime hypocalorique et hyposodé (sans sel), intéressante pour les malades cardiovasculaires par sa richesse en potassium, et elle présente une excellente digestibilité (ERARD, 2002).

## 7- Principales Pathologies et ennemis de la courgette

### 7-1 Pathologies

Selon Messiaen et Fagbayide, (2004), les champignons qui s'attaquent à la courgette Sont:

- *E. yisiphe cichoracearum* et *Sphaerotheca fuliginea* sont responsables de la maladie foliaire.
- *Alternaria* ou *Ulocladium* spp., sont responsables des taches foliaires
- *Pseudoperonospora cubensis* provoque des tâches foliaires sur des pétioles sénescents.
- *Colletotrichum /aragenarium* s'attaque aux feuilles et aux fruits.

Les courges et la courgette sont également sensibles à différents Virus (CMV : virus de la mosaïque du concombre et ZYMV : virus de la mosaïque jaune de la courgette). Véhiculés par les pucerons, ces virus provoquent des déformations des feuilles et des fruits (**Mathieu et al, 2009**).

### **7-2 Ennemis**

Les maladies des racines les plus importantes sont provoquées par des nématodes à galles (**Anonyme, 2014**). Les principaux ravageurs animaux de la culture de courgette sont les oiseaux qui déracinent le jeune plant en le pinçant pendant les jours qui suivent les semis ou la plantation (**Mathieu et al, 2009**).

## **8- Techniques culturales de la courgette**

### **8-1 Préparation du terrain**

La courgette exige un labour profond de 20 à 25 cm. Le pulvérisage, le nettoyage, et le planage soignés sont faits afin de pouvoir semer sur le sol bien ameubli, ce qui permet une bonne germination et un bon enracinement (**Anonyme, 2014**).

### **8-2 Semis**

Un terrain frais pendant le semis est nécessaire car un manque d'eau provoquerait une levée irrégulière (**Abatzian et al, 2003**). La reproduction se fait par les graines. Les semences grosses, bien constituées et sèches sont sélectionnées pour un meilleur développement de la plante (**Anonyme, 2014**).

En semis direct, il faut 3.5 kg de semences/ha ou 200g / 1000 plants. En culture paillée (paillage plastique ou biodégradable), le semis direct est également possible. En règle générale, le semis est réalisé en mottes (mottes carrées de 5 cm, minimottes).

Pour une levée rapide, veiller à enfoncer la graine partie pointue vers le haut. La levée se fait en 4 à 6 jours en sol à 30. Il faut un minimum de 18 °C pour assurer la germination. Le repiquage est possible au stade cotylédon étalé. Le planting peut se faire jusqu'au stade 3 à 4 feuilles, en profondeur de la terre favorisant l'enracinement et protégeant les jeunes plants des ravageurs (les oiseaux notamment) (**Mathieu et al, 2009**).

### **8-3 Entretien**

Il est recommandé d'appliquer un Binage entre les planches paillées (2 à 3 interventions nécessaires jusqu'à couverture du sol suffisante) ou binage sur la culture (herse étrille sur jeune plant, bineuse guidée en cas de semis direct) (**Mathieu et al, 2009**).

### **8-4 La récolte**

La récolte commence deux mois après le semis et peut s'échelonner sur un mois, On peut récolter trois à quatre fois par semaine (**Anonyme, 2014**). Elle se fait lorsque les fruits atteignent la taille commerciale de 20 à 25 cm, avant que les graines ne se distinguent de la chair (**Messian et Fagbayide, 2004**). Les fruits murs récoltés 70 jours après la pollinisation, peuvent se conserver deux mois avant d'en extraire la graine qui sera séchée. Le séchage est une étape importante pour les semences (**Abatzian et al, 2003**).

### **9- Conservation des courgettes**

Les courgettes peuvent se conserver jusqu'à 8 à 10 jours dans un endroit sec et ventilé, mais perdent leur brillance et leur fermeté après 4-5 jours. Les conditions idéales de conservation au frigo sont entre 0 à 4 °C avec une hygrométrie de 85-90% (**Mathieu et al, 2009**).

## **I-Salinité et sols salés**

### **1- Définition**

La salinité peut être définie comme une accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines et naturelles (plantes, animaux, écosystèmes aquatiques, approvisionnement en eau, agriculture, ...). (**El Moukhtar ,2010**). Elle peut être définie, aussi, comme toutes teneurs excessives en ions, pouvant se présenter dans les sols ainsi que dans les eaux (**Merzoug et Fali, 2011**).

La salinité peut entraîner des nocifs conséquents en raison de la fixation des chlorures de sodium par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol (**Derradji et al, 2004**).

### **2-Principaux sels soluble**

Les principaux sels solubles qui participent dans la formation des sols salés sont :

**Les carbonates** : les plus rencontrés sont le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), bicarbonate de sodium ( $\text{Na HCO}_3$ ), carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) et le carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$ ).

**Les sulfates** : ce sont les sels de l'acide sulfurique et les plus fréquents sont: le sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ), sulfate de sodium ( $\text{NaSO}_4$ ) et le sulfate de calcium ( $\text{Ca SO}_4$ ).

**Les chlorures** : principalement : le chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), le chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) et chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) sont les plus solubles et à forte toxicité. La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures (**MAHROUZ, 2013**)

Le calcium fait partie des éléments minéraux essentiels à la croissance d'une plante. Avec l'azote et le potassium, il est un des éléments dont les teneurs sont les plus élevées dans les tissus végétaux. La teneur en calcium est assez variables de 0.2 à 1 % de la plante. Absorbé sous forme ( $\text{Ca}^{++}$ )

Le calcium (Ca) a beaucoup d'effets sur la croissance et le développement de la plante, lui étant attribué le rôle de messenger secondaire dans de nombreuses réponses de la plante.

Il est essentiel au maintien de l'intégrité structurelle des membranes et des parois cellulaires lors du processus de division cellulaire, durant l'absorption ionique, la germination du grain de pollen et pendant la croissance du tube pollinique. Sa présence dans la solution du sol est fondamentale pour le développement des racines (**BORIN et al, 2013**)

### **I-3 Répartition des sols salés.**

#### **Dans le monde**

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, la salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, que ce soit par la salinité (397 millions d'ha) ou par les conditions de sodisation associées aux teneurs en sodium (434 millions ha). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète, dont 3.8 %  $\zeta$  sont situés en Afrique. Ce phénomène devient de plus en plus inquiétant car la salinité réduit la superficie des terres cultivables et menace la sécurité alimentaire dans ces régions (**BENIDIRE et al., 2015**).

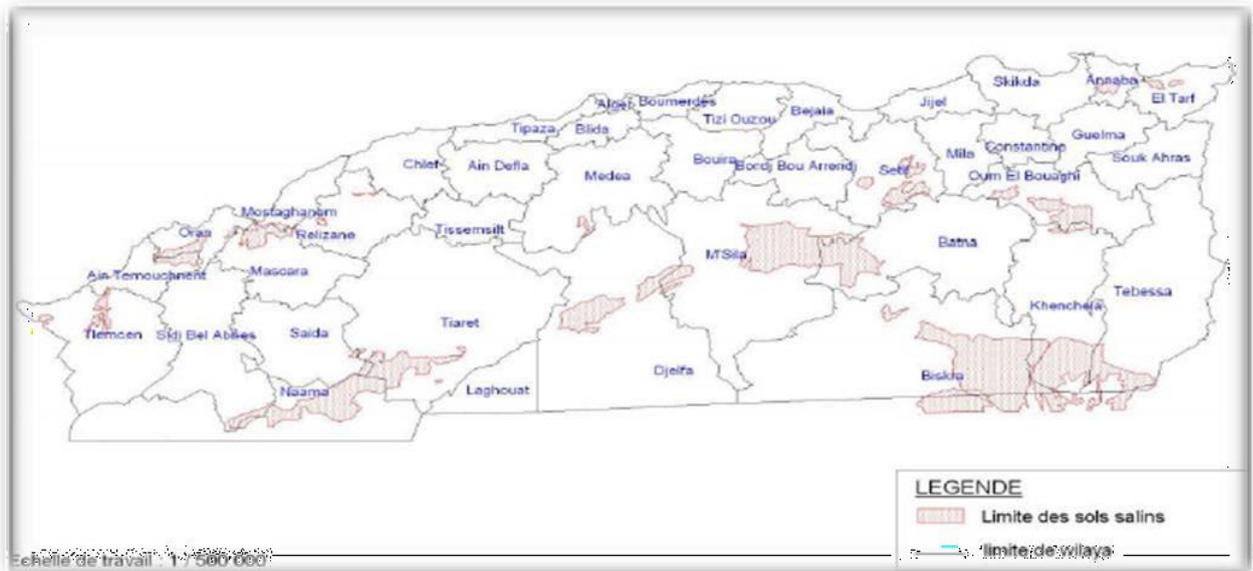
La salinisation des terres doit être considérée comme un risque majeur susceptible d'affecter environ 25% des superficies irriguées ou 10% de la production alimentaire mondiale. Au-delà du processus de dégradation des ressources en sol et en eau, il met plus généralement en péril la viabilité des exploitations agricoles et la durabilité des systèmes d'irrigation. Ce risque est particulièrement élevé dans certains pays arides pour lesquels l'irrigation représente la principale source de développement agricole et de satisfaction des besoins alimentaires (**MARLET et JOB, 2006**).

#### **En Algérie**

La majorité du territoire Algérien est représenté par des zones steppiques et sahariennes, ce sont respectivement des zones semi-arides (**MAHDID et KAMELI, 2004 in HADJADJ, 2009**). Leur superficie couvre près de 95% du territoire (**BENKHELIF et al, 1999 in HADJADJ, 2009**).

Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface cartographiée soit 3,2 millions d'hectares (**HAMDY, 1999 in HADJADJ, 2009**).

La carte des sols de l'Algérie révèle que dans les régions Est, particulièrement dans le constantinois, les sols salés sont bien représentés et montre aussi que les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (plus de 75% des sols sont faiblement à très faiblement sodiques) (**DJILI et DAOUD, 1999 in HADJADJ, 2009**).



**Figure N°03:** Carte montre la répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (in INSID, 2018)

#### 4-Mécanisme de la salinité

La salinisation est l'un des processus majeurs qui contribuent à la dégradation des terres agricoles (**Boualla et al, 2012**). C'est la quantité des sels solubles qui se trouve en excès dans le sol (**Chesworth, 2008**).

Les sels solubles englobent une large gamme d'anions et de cations présents dans le sol soit sous forme cristallisée, soit sous forme dissoute dans la solution du sol, soit sous forme adsorbée sur la surface des colloïdes (**Douaik, 2005**).

- **La Salinisation primaire (ou naturelle)**

La salinité primaire s'explique par l'accumulation de sels dans le sol ou d'eaux souterraines sur une longue période de temps en deux processus naturels :

- L'altération des matériaux de base contenant des sels solubles : Les processus d'altération des roches se décomposent et la libération des sels solubles de divers types, principalement des chlorures de sodium, de calcium et de magnésium, et dans une moindre mesure, les sulfates et les carbonates...

- Le dépôt de sels océaniques effectués dans le vent et la pluie : «les Sels cycliques" sont des sels de l'océan amenés par le vent et déposés par la pluie la quantité de sel stocké dans le sol varie en fonction du type de sol, étant faible pour les sols sableux et élevée pour les sols contiennent un pourcentage élevé de minéraux argileux. Il varie aussi inversement avec une pluviométrie annuelle moyenne (**Hamza, 2011**).

- **La salinité secondaire (ou d'origine humaine)**

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration).

Les causes les plus fréquentes sont :

- Le défrichement des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles.

-L'utilisation des eaux d'irrigation riches en sel.

-Un drainage insuffisant et un système d'irrigation déséquilibré.

L'excès d'eau soulève la nappe souterraine et mobilise des sels précédemment stockés dans le sous-sol et les amène jusqu'à la zone des racines. Les plantes utilisent l'eau et laissent le sel jusqu'à ce que l'eau du sol devienne trop salée pour l'absorption d'eau par les racines des autres. L'eau s'évapore en laissant des dépôts de sels à la surface et formant ainsi «brûlure du sel » dans des cas (**Hamza, 2011**).

## **5- Origines de la salinité**

Selon **Slama (2004)**, les origines de la salinité sont:

**Roche mère:** Les matériaux qui forment les assises géologiques du sol dont les marnes du Crétacé et l'Eocène, les argiles et sables plus ou moins gypseux du Mi pliocène,

et les formations gypseuses et salées du Trias, renferment des quantités plus ou moins importantes de sels solubles. L'eau en passant au contact de ces roches s'enrichit en sels, les transporte et les ré pond avec le temps.

**Nappe phréatique:** La nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de surface du sol par la remontée capillaire. Minéralisation de la matière organique: Comme tout amendement organique, le fumier, lors de son application, peut augmenter la salinité du sol. La qualité du fumier et son pouvoir salinisant variant avec l'espèce animale.

**Engrais minéraux:** Les engrais minéraux influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées c'est-à-dire ionisées.

**Produits de traitement:** Les produits de traitement de la terre et des plantes : herbicides, fongicides et insecticides agissent aussi sur la salinité du sol.

**Eau d'irrigation chargée:** La principale source de salinisation des sols. Plus de 30% des ressources en eau du pays ont une teneur en sels soluble supérieure à 3 gramme par litre.

## **6- Les causes de la salinité**

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles 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**).

Le phénomène d'invasion marine, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Par ailleurs, l'invasion des eaux douces par les eaux salées aura pour effet une dégradation des sols et une salinisation par suite des irrigations avec ces eaux.

## **II - Salinité et plante**

### **1- Stress chez les plantes**

On appelle stress toute pression exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Certains physiologistes qui étudient les stress estiment que ce concept est trop restrictif, parce qu'il suscite des questions sur les mécanismes adaptatifs qui permettent la croissance de plantes dans des environnements qui pourraient être considérés comme stressants. Par ailleurs, la réponse des plantes dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (**Hopkins, 2003**).

### **2 - Types de stress**

La plante et la plupart de ses cellules sont directement exposées aux changements des Conditions environnementales qui peuvent être de deux natures distinctes :

#### **2-1-Le stress biotique**

Imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores....), ils sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (**SHILPI et NARENDRA., 2005**).

#### **2-2-Le stress abiotique**

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau et la salinité (**Hopkins, 2003**).

##### **2-2-1-Le stress hydrique**

Il est provoqué par un déficit en eau constituant une menace permanente pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**Hopkins, 2003**).

**2-2-2-Le stress Thermique**

Les plantes possèdent une température idéale pour la croissance et de développement, qui se déroule entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température se dépasse les limites la croissance diminue et au-delà elle s'annule (**Hopkins, 2003**).

**2-2-3-Le stress salin**

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (**Hopkins, 2003**). La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées. Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais (**Jabnoue, 2008**).

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. Ce chiffre ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre à cause de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (**R'him et al., 2013**).

**3- Classification des plants selon la salinité****✓ Les Halophytes**

Les halophytes sont des plantes naturellement adaptées aux milieux salés. La concentration intracellulaire de ces plantes en sel peut atteindre 1M grâce à l'haloadaptation spécifique des enzymes de la paroi cellulaire et des tissus (**Flowers et Colmer, 2015**).

Les halophytes sont classées de différentes manières :

-Sur la base du contenu interne en sel deux catégories sont distinguées les plantes de type « inclusif » (Include) stockent le sel dans les vacuoles, le sel est ainsi isolé, par contre ceux de type « exclusif » (Exclude) empêchent le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne des cellules de la racine (**Ashraf et al., 2006**).

-Sur la base de leur réponse morphologique, les halophytes sont de deux types : excrétrices de l'excès de sel, visible sur la feuille sous forme de cristaux (**Flowers et Colmer, 2015**) ou succulentes capable de stocker de l'eau dans leurs feuilles épaisses (**Konnerup et al, 2015**)

#### ✓ Les glycophytes

Les glycophytes ne sont pas capables de survivre dans des conditions salines mais ils utilisent certaines stratégies des halophytes pour faire face au sel (**Yokoi et al. 2002 in Chamekh, 2010**).

Les glycophytes ont des comportements soit inclusifs ou exclusifs selon les génotypes (**Chinnusamy et al. 2004**).

### **4 - Effet de la salinité sur la plante**

La salinité affecte directement et indirectement l'environnement en induisant des changements dans la couverture végétale et les propriétés physico-chimiques des sols. En conséquence, la perte de la biodiversité, la diminution de la faune (**Barnum, 2005**) et la perturbation des écosystèmes entraînent une perte de résilience de l'écosystème (**Barrett-Lennard et al, 2005**) qui affectent les cycles locaux du climat, de l'eau et des minéraux.

Le stress salin a un triple effet sur la plante: il réduit leur potentiel hydrique, il cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique, il provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et à la limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Snoussi et Abbad, 2012**).

#### **4-1 Effet de la salinité sur la germination et la levée**

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sels (**Gutterman, 1993 in Karoune, 2016**).

On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard, 2001 in Karoune, 2016**).

Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal (**Debez et al, 2001**).

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

- **Les effets osmotiques** : se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination.

- **Les effets toxiques** : sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (**Rejili et al, 2006 in Karoune, 2016**).

#### **4-2 Effet de la salinité sur la croissance**

Plusieurs recherches ont apporté une réduction de croissance de la plantes en raison de la salinité, cependant, il existe des différences dans la tolérance au stress salin entre les espèces et les cultivars (**Omami, 2005 in Gaid, 2015**).

La croissance des plantes est contrôlée par la division et l'expansion cellulaire. Sous un stress salin la plante augmente sa pression osmotique du milieu cellulaire, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire (**R'himet al, 2013**). Ceci entraîne, par conséquent une baisse du nombre de division cellulaires (**Benmahioul, 2009 in Alioua et al, 2016**). et aussi une réduction de la vitesse de l'expansion foliaire (**Wang et Nil, 2000 in Alioua et al, 2016**).

#### **4-3 Effet de la salinité sur la photosynthèse**

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante. Cette réduction est due aux effets complexes d'interaction osmotiques, ioniques, et nutritionnelles, suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique.

Donc, la photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin (**Brahimi, 2017**)

La teneur en sel élevée, dans les tissus, influence directement les enzymes photosynthétiques et par conséquent, les réactions d'échange de lumière et de gaz, or, la réduction de la photosynthèse à long terme entraîne l'inhibition de la formation et de l'expansion de la feuille ainsi que l'abscission précoce de cette dernière (**Bouchoukh, 2010**).

L'effet de salinité sur la photosynthèse se manifeste essentiellement par la réduction de l'assimilation du CO<sub>2</sub>, la conductance stomatique, et le ralentissement de l'activité du transport des électrons du photosystème II. La réduction de la photosynthèse par la salinité est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (**Farissi et al, 2014**)

#### **4-4 Effet de la salinité sur la sécrétion de chlorophylle**

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent à tomber pendant une période prolongée de stress salin (**AGASTIAN et al, 2000**).

#### **4-5 Effet sur l'absorption de l'eau**

La présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes et ne peuvent développer (**TROMBLIN, 2000**).

En général. L'activité physiologique est maximale à la plaine turgescence des cellules. La concentration en sels dissous dans la solution du sol accroît, selon son degré, la pression osmotique dans l'environnement racinaire. Ceci se traduit pour la plante par une diminution de la disponibilité de l'eau, donc par une plus grande difficulté pour l'absorption (**SLAMA, 2004**).

#### **4-6 Effet de stress salin sur les échanges gazeux et la transpiration**

De nombreux facteurs endogènes et environnementaux influencent l'état d'ouverture des stomates. L'intégration de différents signaux par les cellules de garde permet de réguler le degré d'ouverture stomatique afin d'optimiser l'assimilation de CO<sub>2</sub> en fonction des conditions

environnementales et de l'état physiologique de la plante.

Dans le cas d'un stress hydrique, par exemple, ce système de régulation permet de limiter la perte d'eau qui pourrait être fatale à la plante en inhibant l'ouverture des stomates par la lumière au début de journée. Ceci diminue l'assimilation du CO<sub>2</sub>, et ralentit, donc, le métabolisme et le développement, mais permet à la plante de survivre. Le stress salin influence l'état de turgescence des cellules de garde essentiellement par l'intermédiaire d'une phytohormone : l'acide abscissique (**Belin, 2006**).

#### **4-7 Effet de la salinité sur la biochimie de la plante**

Dans les conditions salines, il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse. Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (**Alem et Amri., 2005**).

L'importance de la proline comme indicateur aux agressions semble jouer un rôle dans le maintien des pressions sol-vacuole, mais aussi dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques, ainsi qu'un régulateur de pH. (**Alem et Amri, 2005**).

#### **4-8 Effets sur la nutrition minérale des végétaux**

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (**HAOUALA et al, 2007**).

### **5- Mécanismes de tolérances à la salinité**

Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions de la plante, croissance, transpiration et la photosynthèse, malgré le déficit hydrique (**Jean-Pierre et al, 2006**).

La tolérance à la déshydratation implique des mécanismes intracellulaires qui visent à préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique diminue (**Laurent et Sané, 2007**).

➤ **Ajustement osmotique**

Selon **EL Midaoui et al, (2007)**, l'un des principaux caractères physiologique de tolérance aux contraintes du milieu et l'ajustement osmotique .celui-ci réaliser grâce à une accumulation de composé osmorégulateur qui peuvent être des ions telle que  $K^+$  ; $Na^+$  ; $Cl^-$  ou des composés organiques tels que les sucres solubles (fructose, glucose , tréhalose ,raffinose ,fructanes ) et certains amino -acides (prolin , glycine betaine ,beta-alanine betaine ,prolin betaine ) conduisant à une réduction de potentiel osmotique permettant ainsi le maintien de potentiel de turgescence . L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contraintes salines. Elle varie dans de large proportion suivant l'espèce, le stade de développements et le degré de la salinité .Les différences d'accumulation du soluté (acide aminé libre, proline sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plants soumis au stress salin sont très importantes.

Ce phénomène permet le maintien de nombreuses fonctions physiologique (photosynthèse, transpiration, croissance...) et peut intervenir à tout le stade de développement de végétal. Il permet une protection des membranes et des systèmes enzymatique surtout dans les organes jeunes, la proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions systole vacuole et de régulation de PH (**Hassani et al ; 2008**)

➤ **Exclusion**

Selon **Sentenac et Berthomieu (2003) in Lahouel (2014)**, la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus.

➤ **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. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires

Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule. Le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (**EL MADIDI, 2003**).

➤ **Re-circulation**

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'aux feuilles vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite recycler le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (**Berthomieu et al, 2003**).

## **6 - Mécanisme d'adaptation au stress salin**

A la différence des glycophytes qui ne supportent pas la présence de sels, les halophytes poussent mieux sur un sol salin. Elles déclenchent des mécanismes de tolérance qui contribuent à l'adaptation au stress osmotique et ionique provoqué par la salinité élevée. Ces mécanismes permettent d'ajuster la pression osmotique interne, grâce aux électrolytes et aux solutés organiques principalement des sucres solubles et des acides aminés, comme la proline et la glycine bêtaïne (**Djerroudi et al, 2010**).

### **6-1 Adaptation phénologique**

Le stress salin a un accent ionique aussi bien qu'osmotique sur les plantes, Il peut être distingué à plusieurs niveaux (**Tester et al, 2003**). La racine et l'augmentation de la pousse sont réduites abruptement chez les plantes sensibles au sel et cet effet ne paraît pas dépendre de la concentration des ions dans les tissus en croissance, mais c'est plutôt une réponse à l'osmolarité de la solution externe. Les contraintes dues à l'accumulation spécifique de Na<sup>+</sup> dans les tissus des feuilles se caractérisent par la nécrose des feuilles les plus anciennes, en commençant par le bout de celles-ci et en progressant vers marges puis continue vers la partie basale de la feuille (**Munns, 2002**).

### **6-2 Adaptation morphologique et anatomique**

La succulence, qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles sont l'une des modifications qui apparaît de façon plus importante chez les espèces les plus tolérantes.

On note de plus la réduction de la surface foliaire (**RAACHE et KARBOUSSA, 2004**), la présence d'une cuticule épaisse et l'apparition plus précoce de la lignification de quelques organes à la fin de leur cycle de vie (**RAACHE et KARBOUSSA, 2004**). Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin, on observe des modifications du cortex qui, chez les halophytes est constitué de deux à trois couches de cellules seulement, ainsi qu'une diminution du diamètre de la stèle au niveau des racines du blé et chez la tige de la tomate, où le cortex devient épais alors que le nombre de vaisseaux conducteurs diminue.

D'autres modifications s'observent sous l'effet de la salinité comme la raréfaction des stomates, la présence de tissus de soutien et l'abondance du parenchyme aquifère (**BENHAMIDA et DJEGHBALA, 2005**). Certaines plantes peuvent développer différentes stratégies qui leur permettent de réguler les concentrations internes en ions. Lors d'un stress salin, les halophytes sont capables de compartimenter les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  au niveau vacuolaire.

Certaines halophytes possèdent des structures spécialisées, appelées « glandes à sel », constituées d'une à plusieurs cellules, sont souvent protégées par une mince cuticule perforée de pores, situées au niveau des cellules épidermiques des feuilles et des tiges, ayant pour rôle d'excréter le sel, lorsque la charge minérale des tissus est excessive, c'est le cas du tamarix (**BABA SIDI-KACI, 2010**).

### **6-3 Adaptation physiologique**

- **Accumulation de la proline**

Proline est une molécule organique dominante qui agit comme un médiateur de l'ajustement osmotique sous

le stress de la salinité, un stabilisateur de structures subcellulaires, un puit d'énergie, et même une contrainte connexe de signal. Elle participe aussi dans l'osmorégulation de la cellule et de la protection des protéines au cours de la déshydratation, et il peut agir comme un régulateur enzymatique en conditions de stress (**SEBANE, 2014**).

Outre son rôle dans le métabolisme primaire en tant que constituant des protéines, la proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des

contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes.

La proline a été proposée comme stabilisateur de protéines et de complexes macromoléculaires, piègeur de radicaux libres et régulateur du potentiel redox cellulaire (**KILANI et al, 2012**). La concentration intracellulaire de la proline dépend d'une régulation fine entre sa biosynthèse et sa dégradation (**KILANI et al, 2012**).

- **Sucres solubles**

Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents aussi à la surface des plantes (**ARNAULT et al, 2011**).

L'accumulation des sucres solubles est très prononcée chez les plantes soumises à la contrainte saline, ces sucres ont pour rôle l'établissement de l'équilibre osmotique (**Balibrea et al, 2000 ; Munns, 2002 ; Lallouche et al, 2017**). Les sucres solubles auraient un rôle majeur dans l'ajustement osmotique, leur participation à l'abaissement du potentiel osmotique en condition de stress salin a été mise en évidence par plusieurs auteurs (**FERNANDES et al, 2004**). La synthèse des sucres est stimulée par le stress salin chez de nombreuses espèces soit par blocage de la glycolyse ou par hydrolyse de l'amidon (**RATHINASABAPATHI, 2000**). Le glucose est le sucre majoritairement accumulé dans les feuilles des plantes soumises au stress salin (**MUSTARD et RENAULT, 2004**). Le saccharose peut agir en tant que composé soluble compatible et son accumulation peut limiter les dommages au niveau des structures cellulaires (**NEUHAUS, 2007**).

Les sucres pourraient contribuer à plus de 50% à l'ajustement osmotique des glycophytes soumises aux conditions de salinité (**FARISSI et al, 2014**).

- **Régulation de la croissance**

D'après **Zhu (2001)**, la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour limiter les effets du stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Pour illustrer cette tendance, dans la nature, la croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce ou variété (Zhu, 2001). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de la croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation.

#### **6-4 Adaptation biochimique**

- **Accumulation d'antioxydants**

Les formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène ( $H_2O_2$ ), les radicaux superoxydes ( $O_2^-$ ) et hydroxyl (OH), sont produites au cours des processus cellulaires aérobie et de façon plus accrue suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (FOYER et NOCTOR, 2000; HERNANDEZ et al., 2001; APEL et HIRT, 2004; TAUSZ et al., 2004; LOGAN, 2005; BROSCHE et al., 2010). Ces composés, lorsqu'ils sont accumulés en faible quantité, peuvent servir de signal pour induire l'expression de gènes de réponse et de défense cellulaires (PARENT et al, 2008).

La production excessive de ces composés provoque des dégâts oxydatifs, et ils deviennent toxiques pour la cellule (MAHAJAN et al, 2008).

De ce fait, et afin d'éliminer ces formes actives d'oxygène, les plantes possèdent des antioxydants (de nature non enzymatique) de faible masse moléculaire, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et l'acide ascorbique (ASHRAF, 2008). Mais aussi, elles emploient une vaste panoplie d'enzymes, telles que la super oxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), l'ascorbate peroxydase (APX), la glutathion S-transférase (GST) et la glutathion peroxydase (GPX) (NOCTOR et FOYER, 1998; BLUMWALD et al, 2004; SAIRAM et TYAGI, 2004; MUNNS, 2005; TÜRKAN et DEMIRAL, 2009; KSOURI et al, 2010).

- **La détoxification**

L'augmentation du taux des radicaux oxygènes libres dans les cellules, consécutivement à un stress biotique ou abiotique, présente des effets néfastes sur les macromolécules (protéines et ADN) (Hernandez et al, 2001).

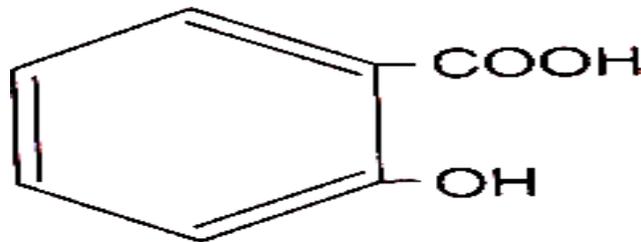
La détoxification de la cellule végétale est l'un des mécanismes de l'halotolérance à long terme. Elle consiste à éliminer les radicaux en question soit par synthèse de taux élevés d'enzymes antioxydatives : catalase, peroxydase et glutathion-réductase (**Hernandez et al, 2001**), soit par l'accumulation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

### 1-Importance de L'acide salicylique

L'acide salicylique (AS) est un composé phénolique impliqué dans la régulation de la croissance et le développement des plantes et leurs réponses à des facteurs de stress biotiques et abiotiques.

L'acide salicylique est impliqué dans la régulation des plantes et d'autres importante processus physiologique comme la photosynthèse, le métabolisme de l'azote, la proline métabolisme, les relations plantes-eau dans des conditions de stress et offre ainsi une protection dans les plantes contre stress biotiques (KHAN et al, 2013).

L'acide salicylique a été montré pour améliorer la tolérance des plantes aux principaux stress abiotiques tels que la salinité (KHAN et al, 2014, NAZAR et al, 2015).



**Figure :** Formule de l'acide salicylique



**Figure N°04:** Structure moléculaire de l'acide salicylique et de ses analoges utilisés pour les études fonctionnelles

### 2- Biosynthèse de l'acide salicylique

Deux voies de biosynthèse du l'acide salicylique semblent exister chez les plantes :

- L'acide salicylique, dont le rôle dans la signalisation cellulaire est important chez les végétaux. Il dérive de la phénylalanine via le cinnamoyl-CoA, le benzoyl-CoA et l'acide benzoïque. Il est ensuite glucosylé ou méthylé pour donner les formes combinées classiques de l'acide salicylique (**LEE, 1995 in SEBANE, 2014**).
- Une voie alternative de synthèse existe chez les bactéries et dans les chloroplastes de plantes. Cette voie implique les enzymes isochorismate synthase (EC 5.4.99.6) et isochorismate pyruvate lyase qui catalysent les deux étapes de synthèse à partir de l'acide chorismique (**Vasyukova et Ozeretskovskaya, 2007**)

### 3- Interaction acide salicylique-autres hormones

La voie de signalisation de l'acide salicylique est fortement interconnectée avec les signalisations des autres phytohormones, tel que l'acide jasmonique (JA), l'éthylène (ET) et l'acide abscissique (ABA) (**Derksen et al, 2013**). Par exemple, la signalisation de l'AJ et l'ET régule négativement la biosynthèse de l'AS au niveau de la transcription (**Zheng et al, 2012**).

### 4- Rôle et importance de l'acide salicylique

Dans les mécanismes de défense de la plante : parmi tous les composés phénoliques pouvant être impliqués dans la résistance des végétaux aux parasites, l'acide salicylique peut être présent sous plusieurs formes dans la plante : d'abord l'acide lui-même, plus ou moins dissocié selon le pH du milieu, ensuite sous forme d'un  $\beta$ -glucoside qui est probablement une forme de stockage, enfin le salicylate de méthyle qui pourrait être un signal volatil relâché dans l'air ambiant. Bien qu'il puisse intervenir directement, au même titre que les autres composés phénoliques, dans la résistance des plantes aux microorganismes, l'acide salicylique joue simultanément un rôle important comme messenger intracellulaire déclenchant l'induction de l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de se défendre vis -à vis, des champignons ou des bactéries (**KUNKEL et BROOKS, 2002**).

L'acide salicylique exercé un rôle dans des phénomènes physiologiques comme la photosynthèse, la floraison, la perméabilité de la membrane, la production de chaleur, la croissance et développement des plantes, et les interactions plantes – pathogènes (**Raskin, 1992 ; Hayat et al, 2007**).

- **Rôle de l'acide salicylique dans l'acclimatation des plantes vis-à-vis les stress environnementaux et oxydatifs**

Les conditions environnementales dans lesquelles les plantes se développent varient de façon constante durant la journée, les saisons ou selon le climat. Ces variations de l'environnement sont causées par divers facteurs abiotiques et biotiques tels que l'excès de lumière, la sécheresse, les températures extrêmes, les métaux lourds, les pathogènes et les herbivores, etc. Leurs effets négatifs chez les plantes résultent généralement d'un même désordre physiologique : le stress oxydatif. Ce dernier peut toucher la photosynthèse. Cependant, les plantes réagissent de façon appropriée selon la nature et l'intensité de ces stress en mettant en jeu des réponses spécifiques qui leur permettent de s'acclimater.

Dans la majorité des cas, l'acclimatation des plantes repose sur des molécules signales (phytohormones) telles que les acides abscissique, jasmonique et salicylique (AS). Il a été trouvé que l'acide salicylique est particulièrement intéressant en raison de ses applications potentielles. En effet, plusieurs études ont démontré que l'application exogène de l'acide salicylique atténue les effets inhibiteurs de différents stress environnementaux tels que les métaux lourds, la salinité, les UV s, la sécheresse, l'ozone, etc. (**revue par Hayat et al, 2010**). Une autre étude a révélé que l'addition d'AS a réduit l'excès de la toxicité causé par le manganèse et a stimulé la croissance chez des plantes de concombre (**Shi et Zhu, 2007**). L'application exogène de l'AS augmenté la concentration des composés phénoliques dans les plantes (**Bechtold et al, 2005**) et stimule le complexe antioxydant acide ascorbique GSH (**Chao et al, 2010**). Aussi, l'AS amélioré les activités des enzymes antioxydantes, la peroxydase (POX) et le superoxyde dismutase (SOD) (**revue Hayat et al, 2010**).

### **5- Effet de l'acide salicylique sur la physiologie des plantes**

L'acide salicylique (SA), est un régulateur de croissance endogène qui participe à la régulation des processus physiologiques des plantes ; telles que la germination des semences, la production de fruits (**SAYYARI et al., 2013**), la floraison, contrôle l'absorption d'ions par les racines, l'élongation cellulaire, la division cellulaire, la différenciation cellulaire, les activités enzymatiques, la synthèse des protéines et l'activité photosynthétique ainsi que l'augmentation de la capacité antioxydant des plantes (**VAZIRIMEHR et RGII, 2014**).

## **6 - Acide salicylique et la salinité**

L'acide salicylique est une phytohormone de nature phénolique associée au stress biotique mais ces dernières années il y a eu de plus en plus des rapports sur la participation de l'acide salicylique dans les réponses des plantes aux stress abiotiques, dont la salinité (**Hayat et al, 2010**).

Sous stress salin, le niveau de l'acide salicylique a été augmenté chez le riz (**Sawada et al, 2006**). De même, l'acide salicylique a augmenté dans les racines, mais il n'a pas changé dans les feuilles d'orge en réponse au déficit hydrique (**Bandurska et al, 2005**). Cependant, la salinité a diminué le niveau de l'acide salicylique chez *Iris hexagona* (**Wang et al, 2001**).

Il existe généralement une bonne corrélation entre la capacité de résistance du plant et sa teneur en acide salicylique (**GOZZA, 2003**)

## **7- Acide salicylique et stress abiotique**

L'acide salicylique a été trouvé jouer un rôle clé dans la régulation de la croissance des Plantes, développement, et dans les réponses au divers stress environnementaux (**Senaratana et al, 2000**).

Plusieurs travaux ont montré que l'acide salicylique élève la tolérance au froid chez le poivron (**Korkmaz, 2007**). La tolérance à la salinité chez *Arabidopsis thaliana* (**Borsani, 2005**), l'orge (**El-Tayeb, 2005**) et le blé (**Arfan, 2006**), l'Atriplex et le pois chiche (**Boukraa et al, 2007**), et la tolérance à la sécheresse chez la tomate et la fève (**Senaratna et al, 2000**) et le melon (**Korkmaz et al, 2007**).

En l'additionnant aux milieux d'irrigation ou par pulvérisation foliaire, il joue chez certaines plantes, et sous différentes conditions climatiques, un rôle de molécule signal pour induire la résistance ou la tolérance chez ces plantes aux différents stress abiotique (**Korkmaz et al, 2007**).

Il a été prouvé dans plusieurs recherches que l'acide salicylique ou bien certains de ces dérivés tels que l'acide sulfosalicylique (ASS) ou l'acétyle acide salicylique (AAS) participent à la régulation de plusieurs voies métaboliques et physiologiques, sous conditions abiotiques (**Shakirova et al, 2003**).

**8 - Mode d'action de l'aide salicylique**

Les mécanismes moléculaires par lesquels l'acide salicylique agit sur l'induction des gènes de résistance ont pu être en partie appréhendés grâce à l'utilisation d'analogues fonctionnels, en particulier l'acide 2,6- dichloroisonicotinique qui mine son action comme messenger intracellulaire. L'acide salicylique apparaît donc comme un signal qui est à l'origine d'une cascade de transduction intracellulaire aboutissant à l'expression de nombreux gènes (**KLESSIG et al, 2000**).



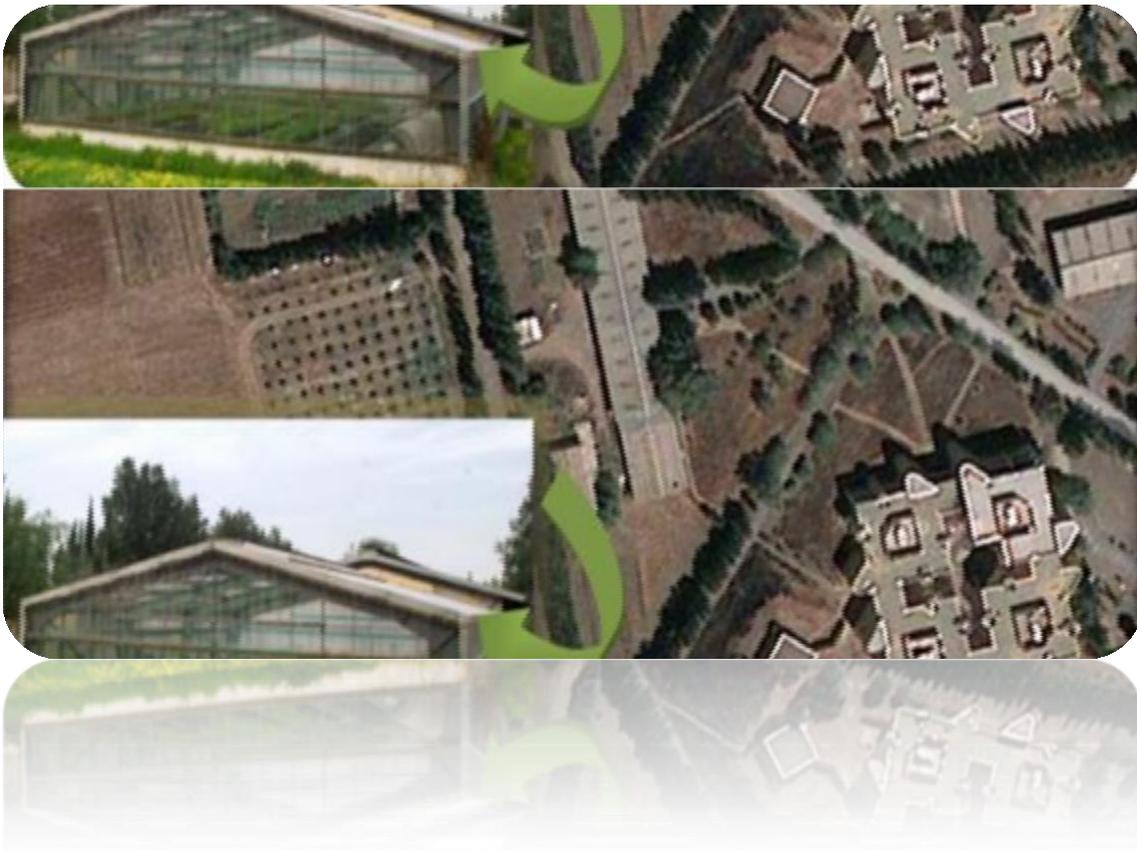
***Partie II : Matériel  
et méthodes***

## 1-Objectif

L'objectif de notre travail est de déterminer l'action de l'acide salicylique sur la croissance et le développement de Courgette (*Cucurbita pépo*) dans un milieu salé afin d'identifier certains mécanismes liés à l'adaptation aux contraintes salines notamment au niveau l'eau saline de Oued Chleff.

## 2- Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été menée au niveau de la station expérimentale du département Biotechnologies de l'Université de Blida 1, dans une serre en Polycarbonate de 382,5 m<sup>2</sup> de surface dont l'orientation est nord-sud. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre et dont le chauffage en hiver est assuré grâce à des radiateurs à eau chaude installés à l'intérieur de la serre.



**Figure N°05 : Situation de site expérimental**

#### 4- Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé étant la courgette (*Cucurbita Pepo*). Elle a été ramenée de DSA (DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES) d'Ain DEFLA. La variété de courgette testée est **HANANE**. ; C'est une espèce très cultivée et largement consommée en Algérie.

Le choix de cette espèce se justifie par son cycle de développement assez court et de sa croissance relativement rapide, permettant ainsi de déceler assez rapidement les phénomènes liés à la contrainte saline.



**Figure N°06** : Graines de courgette *cucurbita pepo* (photo original)

#### 5-Méthodologies de travail

##### 5-1 Préparation des pots

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, d'une hauteur de 14 cm et d'un diamètre de 13 cm, ayant une capacité de 2 kg. Ces pots présentent des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire



**Figure N°07** : Aspect général des pots (photo original)

## 5-2 Préparation, lavage et désinfection du substrat



Elimination des particules terreuses et les débris végétaux par un lavage abondant et répété du gravier à l'eau courante.

**Figure N°08 : Lavage de gravier**

Remplissage des pots avec le gravier, et pratique d'une désinfection du substrat avec une solution de javel diluée.



**Figure N°09 : Remplissage des pots avec du gravier.**



Rinçage abondant des pots à l'eau de robinet pour éliminer toute trace d'eau de javel fortement nocive pour les graines et des jeunes plantules.

**Figure N°10 : lavage abondant à l'eau de robinet**

### 5-3 Pré-germination des graines

La pré-germination a été réalisée au laboratoire le :20/01/2020 dans une étuve à une température de 30°C

Les graines sont mises dans des boîtes de pétri sur du papier absorbant imbibé de l'eau distillée à raison de 15 graines pour chaque boîte

Après 8 jours de germination la faculté germinative s'est évaluée à 77,77%



**Figure N°11** : Essai de germination des graines de courgette.(photo original)

### 5-4 Dispositif expérimentale

Le dispositif expérimental adopté comprend **4** traitements et chaque traitement est constitué de **7** plantes (pots), constituant les répétitions, faisant total de **28 pots**. L'affectation des traitements s'est faite d'une manière **aléatoire** selon la table des permutations de 1 à 10.

Après 12 jours du semis nous avons appliqué les différents traitements sur les jeunes plantes de courgette. Selon le dispositif expérimental adopté.

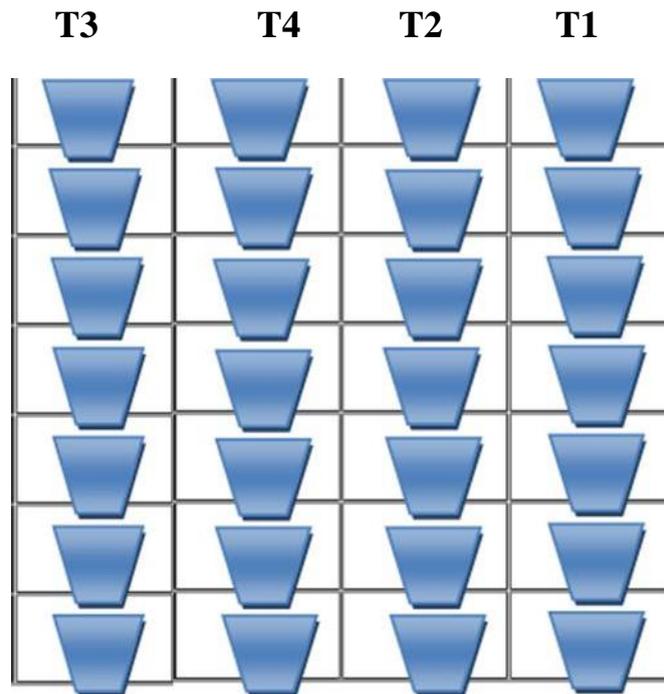


Figure N°12 : Dispositif expérimental



: les observations

T1/T2/T3/T4 : les traitements étudiés.



Figure N°13 : Dispositif expérimental (photo original)

### 5-5 Transplantation

Après 8 jours de germination (28/01/2020), Les graines germées sont subi un repiquage à raison d'une graine par pot selon le dispositif expérimental mis en place à l'intérieur de la serre.



**Figure N°14 :** Repiquage des graines germées dans des pots (photo originale)

Les graines ont été arrosées par l'eau du robinet du Blida deux fois par jour jusqu'à l'apparition des feuilles cotylédonaires et ce pour la durée comprise entre le 28/01/2020 et le 10/02/2020 ; soit 13 jours après repiquage.



**Figure N°15:** l'apparition des feuilles cotylédonaires (photo originale)

**6- Composition et préparation des différents traitements :**

Durant notre expérimentation nous avons utilisé quatre traitements composées comme suite :

**T1** : solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>)

**T2** : solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>) + 0,5 mM d'acide salicylique

**T3** : solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>) + 1 mM d'acide salicylique

**T4** : témoin, constitué par l'eau de Blida uniquement

**Tableau N°01** : Composition de l'eau de Blida: en meq/l

<b>Eau de Blida</b>	NO <sup>3-</sup> 0.35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 0	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0.80	Cl <sup>-</sup> 0.6	Total
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3					1.30
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	0.60	

**Tableau N°01** : reconstitution de l'eau d'oued Chleff

Eau de blida	NO <sup>3-</sup> 0.35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 0	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0.80	Cl <sup>-</sup> 0.60	Total oued Chleff
K <sup>+</sup> 0					0.35
Na <sup>+</sup> 1.3					9.90
Ca <sup>++</sup> 2.8				6.45	9.25
Mg <sup>2++</sup> 1.8					9.20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					6.51
Totale	0.35	0	0.80	7.05	

## 6-1 Calculs des solutions mères concentrées

### 1- préparation de la solution mère concentrée de CaCl<sub>2</sub>

Cas de CaCl<sub>2</sub> : 6,45 meq /l contenus dans l'eau de Oued Chleff f × masse molaire de 1 équivalent de CaCl<sub>2</sub> (73,5) = 474, 07 mg/l

### 2-Calcul des concentrations de l'acide salicylique à 0,5 mM et 1 mM :

#### 2-1 Cas de la concentration de 0,5 mM :

La molarité de l'acide salicylique = 138,12 g/mol soit 138,12/1000 = 0,13812 mg/mol ou 0,13812mg/l

0,07 mg/l

Soit 0,13812 × 0,5 =

#### 2-2 Cas de la concentration de 1 mM :

La molarité de l'acide salicylique = 138,12 g/mol soit 138,12/1000 = 0,13812 mg/mol ou 0,13812mg/l

0.138 mg/l

Soit 0, 13812 × 1 =

### 2- préparation de la solution mère concentrée de l'acide salicylique

- Molarité de l'acide salicylique : C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(OH) COOH =138,12g/mol

- Molarité de l'acide salicylique : 138,12/1000 = 0,13812mg/mol

- Concentration X [200] me donne : 0, 13812 X 200 = 27, 624 mg/l

-Concentration 1 (0,5 mmol d'acide salicylique) → 0,13812×0,5= 0,06906 mg/l

-, Concentration 2 (1mmol d'acide salicylique) → 0,13812×1 = 0.13812 mg/l

↓

#### 2-1 Pour la concentration 1 : à savoir 0,5 mM d'acide salicylique

Dans 1000 ml d'eau → 27,624 mg d'acide salicylique

X ml [100] ← Je cherche à quoi correspondent 0,06906 mg d'acide salicylique dans la solution d'acide salicylique concentrée 200 fois

$$X = 2,5 \text{ ml/l d'eau de l'Oued Chleff}$$

## 2-2 Pour la concentration 2 : à savoir 1 Mm d'acide salicylique

Dans 1000 ml d'eau → 27,624 mg d'acide salicylique

X ml [100] ← Je cherche à quoi correspondent 0,13812 mg d'acide salicylique dans la solution d'acide salicylique concentrée 200 fois

$$X = 5 \text{ ml/l d'eau de l'Oued Chleff}$$

Un conteneur de 40 litres a été réservé à chaque traitement, et ce afin d'éviter la synthèse répétée des milieux nutritifs.

**Tableau N°03** : les différents traitements utilisés

Traitement	Volume préparé en litres H <sub>2</sub> O Blida	Volume de CaCl <sub>2</sub> Versé	Volume d'acide salicylique administré
T1	40l	400ml	-
T2	40l	400ml	100ml
T3	40l	400ml	200ml
T4	40l	-	-

## 3- Entretien de la culture

### 4-1 Irrigation

Durant notre expérimentation, nous avons arrosé les plantes de courgette avec un système d'irrigation relatif à la percolation à circuit ouvert permettant l'évacuation de la solution d'irrigation excédentaire.

La dose des arrosages est de **200** ml/jour, et ce à raison de deux fois par jour.

### 4-2 Palissage

En cours de l'expérimentation, nous avons remarqué que les plants de courgette avaient tendance à se recourber, ce qui nous a permis de confectionner des tuteurs à base de ficelles, permettant de maintenir les plantes dressées durant toute l'expérimentation.

#### **4 -Paramètres biométriques mesurés**

##### **5-1 Vitesse de croissance [cm/j]**

Durant la croissance des plantes de courgette, nous avons évalué la vitesse de la croissance, par la mesure périodique des hauteurs des plantes en centimètre du collet jusqu'à l'apex.

##### **5-2 Hauteur finale des plantes [cm]**

La hauteur de la tige a été déterminée avant l'application des différents traitements salin .Exprimé en centimètres (Cm) ces mesures sont effectuées par règle graduée.

##### **5-3 Nombre des feuilles**

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe .Le principe consiste à faire un comptage des feuilles pour chaque plante et pour chacun des traitements.



***Partie III : Résultats  
et discussion***

## 1- Analyse statistique

L'analyse statistique réalisée est celle de la variance et la comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ . Nous avons procédé à l'analyse de la variance de 28 échantillons et ce au niveau des quatre traitements à l'aide du logiciel ANOVA.

## 2- Paramètres de croissance

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à l'adjonction de l'acide salicylique à deux concentrations 0,5 et 1 mMole au  $\text{CaCl}_2$  d'une eau saline d'Oued Chleff sur la croissance et le développement de la courgette (*cucurbita pépo*) variété HANANE.

### 2-1 Vitesse de croissance des plantes [cm/jour]

La Figure N°01 montre l'évolution de la vitesse de croissance des plantes de la courgette des quatre traitements testés. Les mesures ont été faites tous les 10 jours.

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence significative ( $P \leq 0.05$ ) (annexe01, tableau 01) du facteur traitement sur la vitesse de croissance des plantes de courgette

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir deux groupes homogènes a et b (annexe01 tableau 03).

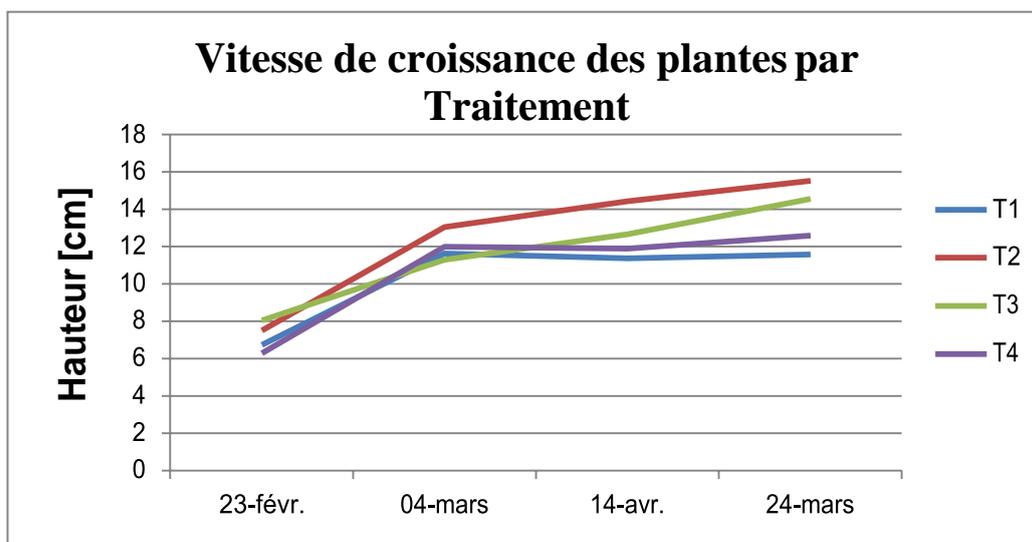


Figure N°16 : Vitesse de croissance des plantes de la courgette [cm/jour].

Les résultats de la figure n°16 montrent que les plantes arrosées par la solution saline enrichie en  $\text{CaCl}_2$  T1 sont celles qui présentent la vitesse de croissance la plus faible avec 7.26cm/10Jours, ceci en raison du déséquilibre ionique du milieu alimentaire, En revanche, les plantes traitées avec la solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq /l de  $\text{CaCl}_2$ ) + 0,5 mM d'acide salicylique à savoir le traitement T2 manifestent le paramètre mesuré le plus important qui est de 14.21cm après 10 jours d'irrigation. Ceci montre bien que la concentration de 0,5 mMole d'acide salicylique est favorable à la régularisation de l'absorption hydrominérale en milieu salin

Pour les plantes cultivées au niveau des traitements combinés salinité –acide salicylique à savoir le T2 et le T3, on remarque que l'effet néfaste de la salinité est atténué par rapport aux plantes s'alimentant par le traitement salin naturel à savoir le T1.

## 2-2 Hauteur finale des plantes [cm]

La hauteur finale des plantes a été mesurée en fin de cycle végétatif sur la totalité des plantes par traitement

L'analyse de variance (annexe 02 tableau 06) montre l'existence d'une différence significative ( $P \geq 0.05$ ) au seuil 5 % du facteur traitement sur la hauteur finale des plantes.

Le test de Newman et Keuls montre l'existence de deux classes homogènes a et b (tableau02 Annexe 05).

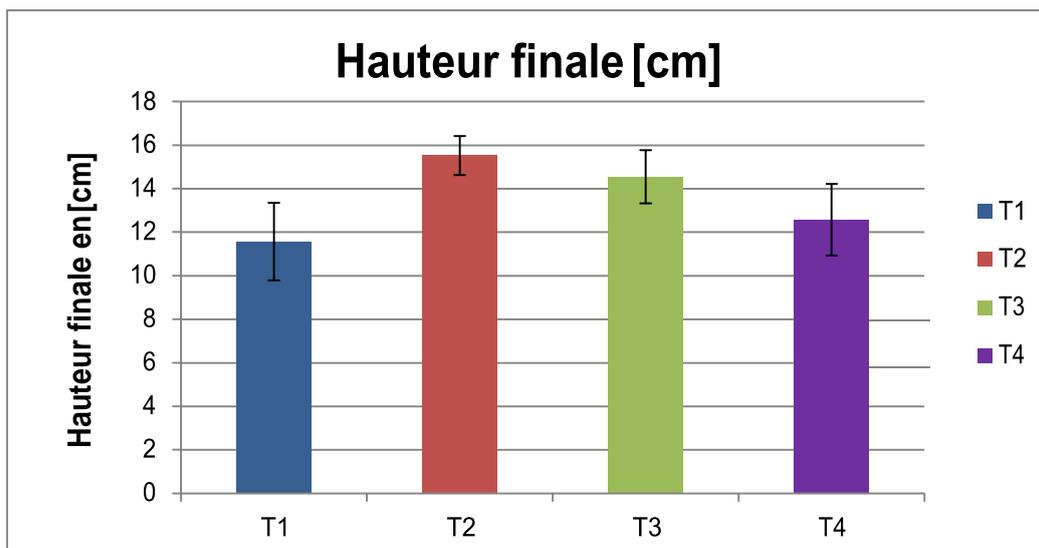


Figure N°17: Hauteur finale des plantes en [cm].

**Tableau n° 03 :** test significatif de Newman et keuls de la hauteur de la tige.

T1	T2	T3	T4
11.57	15.52	14.55	12.57
±	±	±	±
1,78	0.9	1.23	1.64
(b)	(a)	(a)	(a)

Il ressort des résultats de la figure n°17 que la longueur moyenne de la tige la plus faible (11.5 cm) est mesurée au niveau des tiges des plantes irriguées par la solution saline naturelle de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq /l de CaCl<sub>2</sub>) à savoir le traitement T1 . A l'inverse, la hauteur la plus élevée (15.5cm) est obtenue au niveau des plantes issues de la solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq /l de CaCl<sub>2</sub>) avec addition de 0,5 mM d'acide salicylique à savoir le traitement T2.

Ce paramètre semble être très sensible par la présence du sel dans le milieu alimentaire pour la courgette. De ce fait, donc on peut déduire que la salinité exerce des effets nuisibles sur les paramètres morphologiques tels que la hauteur de la plante par inhibition de l'élongation de la tige.

L'introduction aux eaux salines de l'Acide salicylique notamment au niveau des traitements T2 et T3 induit une augmentation de la longueur de tige de manière significative par rapport aux plantes traitées par la solution saline naturelle de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>) et les plantes du témoin T4.

### **3- Paramètre de rendements**

#### **3-1 Précocité**

Dans notre expérience nous avons repiqué les plantes de courgette le 28 janvier 2020. Après 13 jours de repiquage, nous avons appliqué les différents traitements.

**Tableau N°04** : début et pleine de floraison et nouaison des plantes de courgettes en nombre de jour

<b>Traitements</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Début floraison</b>	35	37	37	37
<b>Pleine floraison</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>43</b>
<b>Début nouaison</b>	41	41	43	41
<b>Pleine nouaison</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>46</b>

Selon le tableau n°03 ne remarquons que les plantes alimentées par le traitement T3 à savoir la solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>) + 1mM d'acide salicylique présentent une pleine floraison la plus précoce, 42 jours après repiquage. D'autre part nous avons également remarqué que les plantes alimentées au T2 à savoir la solution saline d'Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq/l de CaCl<sub>2</sub>) + 0,5 mM d'acide salicylique, présente une pleine nouaison la plus précoce, 44 jours après repiquage, comparativement aux autres traitements.

### **3-2 Nombre moyen de fleurs par plante**

Le nombre moyen des fleurs femelles par plant est un indicateur de rendement. Autrement dit, un nombre élevé de fleurs femelles par plante peut donner un rendement en fruits important.

Le nombre moyen de fleurs par plante et par traitement est représenté dans le tableau N°05 :

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
3,85	4,28	4,14	5,28

**Tableau N°05** : Nombre moyen de fleurs par plante

Selon les résultats du tableau N°04 on peut déduire que l'addition de l'acide salicylique aux eaux salines naturelles améliore remarquablement le nombre de fleurs femelles et donc normalement le nombre de fruits de courgette. Ce qui est bien observé au niveau des plantes

alimentées par les traitements T2 et T3 et ce par rapport aux plantes alimentées par l'eau saline de Oued Chleff naturelle dépourvue d'acide salicylique à savoir le traitement T1.

## Discussion générale

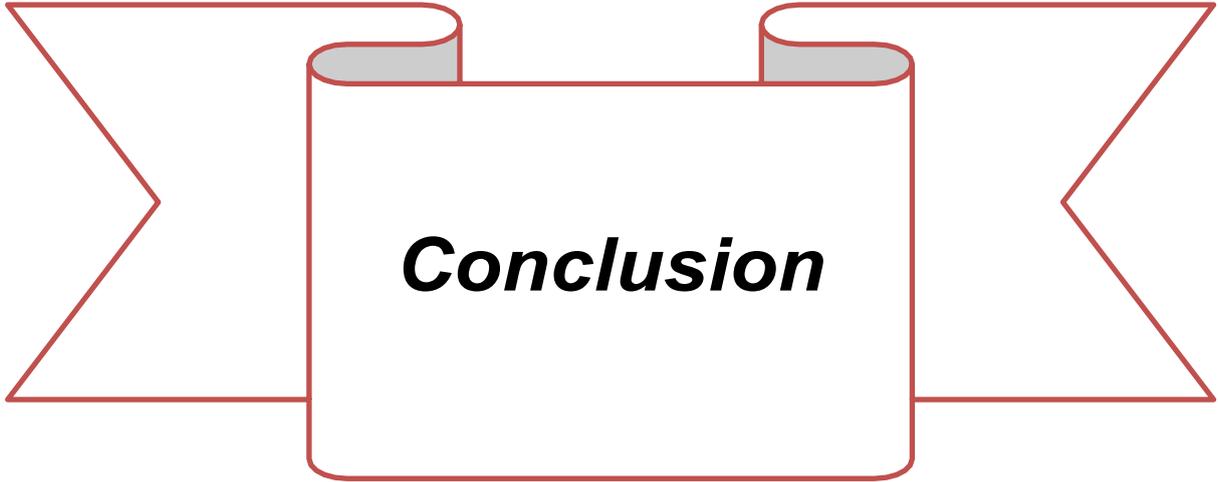
Au terme de notre travail portant sur le comportement de la courgette vis-à-vis d'une eau saline naturelle de Oued Chleff additionnée à deux concentrations d'acide salicylique, comparativement à une irrigation témoin, non saline, nous pouvons conclure que les traitements les plus performants à retenir seront classés en premier rang selon les critères biométriques mesurés en cours de l'expérience.

**Tableau N °06 :** Critères biométriques mesurés sur les plantes de courgette en cours de l'expérimentation.

Traitements	T1	T2	T3	T4
Hauteur finale de la tige	4	1	2	3
Pleine floraison	2	4	1	2
Pleine nouaison	2	1	4	2
Nombre des fleurs	4	3	2	2
Classement final En nombre de fois 1 <sup>er</sup>		<b>2</b>	<b>1</b>	
Classement final En nombre de fois 2 <sup>ème</sup>	<b>2</b>			<b>3</b>

Selon les résultats présentés dans le tableau N°11, nous remarquons que les traitements (T2) et (T3) correspondant aux plantes alimentées l'eau de Chleff enrichie en CaCl<sub>2</sub> + 0,5 mM et 1Mm d'Acide salicylique respectivement, manifestent les meilleures performances biométriques par rapport au traitement témoin T4, et le traitement T1 à savoir eau de Chleff enrichie de CaCl<sub>2</sub>.

L'action de l'acide salicylique sur l'effet de la salinité enrichie de CaCl<sub>2</sub> s'est traduite par une amélioration significative de la hauteur finale des plantes de courgette et sur la précocité de la pleine floraison et de la pleine nouaison se traduisant ainsi sur un nombre de fleurs élevé et donc sur une production en fruits améliorée.



***Conclusion***

### **Conclusion**

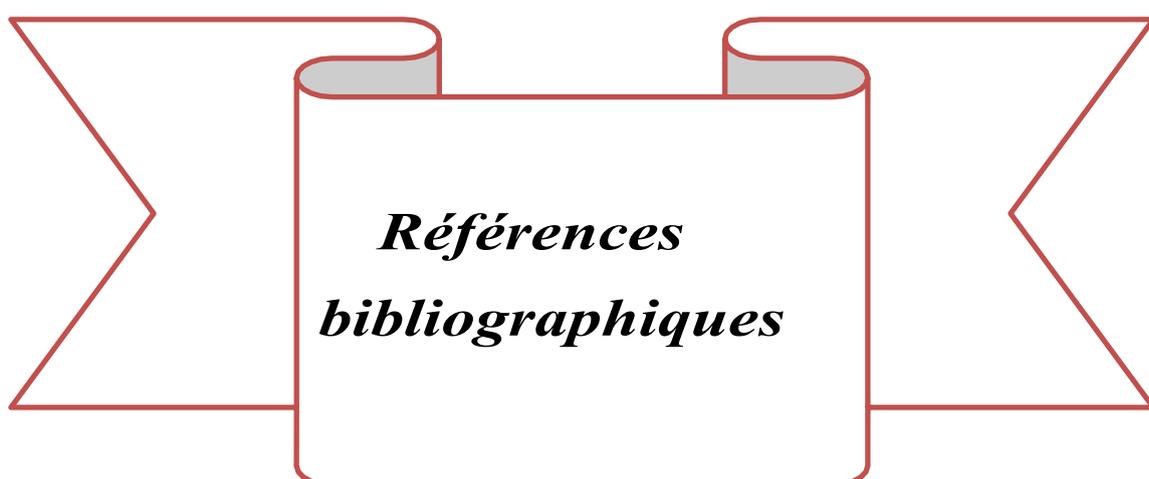
Au terme de notre expérimentation, nous avons abouti à la réponse des plantes de courgette soumises à une contrainte saline avec adjonction de deux concentrations d'acide salicylique de 0,5 et 1 mMole cultivées en hors sol.

En effet les plantes de courgette irriguées par la solution saline de Oued Chleff reconstituée avec l'eau de Blida, contenant 6,45 meq /l de CaCl<sub>2</sub>) + 0,5 mM d'acide salicylique à savoir le traitement T2 présentent des paramètres de croissance et de rendement les plus élevés comparativement aux autres traitements testés.

D'une façon générale, les plantes cultivées au niveau des traitements renfermant de l'acide salicylique notamment le T2 et le T3, il a été remarqué un effet atténué de l'action néfaste de la salinité comparativement aux plantes irriguées par le traitement T1 eau saline naturel où la présence du CaCl<sub>2</sub> et du déséquilibre ionique du milieu alimentaire affectent négativement la croissance et le développement des plantes d'où incidence direct sur les paramètres biométriques mesurés .

Il ressort que le stress salin exerce un effet négatif pour la majorité des paramètres étudiés. Néanmoins on remarque que l'introduction de l'acide salicylique dans le milieu alimentaire notamment à 0,5 mMole exerce remarquablement une action favorable au niveau des différents stades physiologiques de la plante de courgette, se traduisant ainsi par des performances au niveau des paramètres biométriques mesurés.

Il serait intéressant de confirmer cet essai, tout en révisant les concentrations de l'acide salicylique à 0,25, 0,5, 0,75, et 1 Mmole et même le choix d'une autre espèce maraichère et d'autres variétés.



***Références  
bibliographiques***

- **Abatzian V., Lizot J.F., Collin F. et Brun L., 2003-** Produire des semences de Courgette dans itinéraire AgrobioJogique. IT AB 149, rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12 et FNAMS 74, rue J. J. Rousseau 75001 Paris, pp 1-4.
- **Agastian , 2000-** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry génotypes. *Photosynthetica* 38, 287–290p.
- **Alem, C ; Amri, A. (2005)-** Importance de la stabilité des membranes cellulaires tolérance à la salinité chez l'orge. *Maroc.* 4: 20-32.
- **Alioua H. et Bouzenad I., 2016-** Influence du stress salin sur la germination, la croissance et le rendement de quelques populations locales du niébé (*Vigna unguiculata* subsp. *Unguiculata* (L) Walp.) Mémoire de master en agronomie ENSA El Harrach : 111p.
- **Anonyme. 2014-** Courge et courgette, consulté en décembre 2014
- **Arfan, M., HR Athar et M. Ashraf. 2007-** Est-ce que l'application exogène d'acide salicylique parle milieu d'enracinement module la croissance et la capacité photosynthétique de deux manières différentes Des cultivars de blé de printemps sous stress salin? *J. Plant Physiol.*, 6 (4): 685-694.
- **Ashraf M., Foolad M. R. (2007)-** Role of glycine betaine and protein in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany.* 59. P 206- 216.
- **BABA SIDI-KACI S., 2010-** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique, p 14- 15.
- **Bandurska, H., and Stroński, A., 2005-** The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiol. Plant.* 27, 379-386.
- **Bechtold U, Karpinski S, Mullineaux P (200)-**The influence of the light environment and photosynthesis on oxidative signalling responses in plant-bi trophic pathogen interactions. *Plant Cell Environ* 28: 1046-1055

- **Belbachir M, 2017.-** Production de fourrage par techniques hydroponiques. Cas de l'orge à Sidi mdjahed, commune de beni bousaid. Univ Tlemcen.
- **Belin C., 2006-** Structure et fonction de la protéine kinase OST1 dans la cellule de garde d'arabidopsisthaliana, Thèse doctorat en biologie et écologie végétale, Université Paris-Sud U.F.R Scientifique d'Orsay, 8-9p.
- **BENHAMID A., DJEGHBAL A, 2005-**Contribution à la caractérisation biométrique et anatomique de la végétation halophile dans les dépressions salées de la cuvette d'Ouargla (cas du chott Ain El-Beida et de la sebkha de Bamendil). Mémoire Ingénieur en Ecologie végétale et Environnementale, Université Kasdi Merbah, Ouargla, p71.
- **BENIDIRE L., DAOUI K., FATEMI Z A., ACHOUAK W., BOUARAB L., OUFDOU K., 2015-** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. J. Mater. Environ. Sci. 6 (3). PP 840-851.
- **Borsani O, Zhu J, Verslues PE, Sunkar R, Zhu JK.2005.** Endogenous siRNAs derived from a pair of natural cisantisense transcripts regulate salt tolerance in *Arabidopsis*. Cell 123:1279–1291
- **Boualla N., Benziane A., Derrich Z., 2012-** Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran). Journal of Applied Biosciences, vol. 53, p. 3787-3796.
- **Bouchoukh I., 2010-** Comportement éco physiologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. These magistère en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine, 7-10-30p
- **BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement écophysioologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6-35.
- **BOULECHERFARE B; 2018.** - la culture hydroponique de l'orge; diplôme de master ; univ des frères Mentouri Costantine ; 14.15p.
- **Brahimi Rezkia., 2017-**effet de la salinite sur la germination *duniebevignaungiculatasubspungiculata* (L.) Walp.p6.-25
- **BROSCHÉ M., OVERMYERK., WRZACZEK M., KANGASJÄRVI J., et KANGASJÄRVI S., 2010-** Stress signaling III: Reactive oxygens Species (ROS).Chap. 5. Dans *Abiotic stress*

adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. P. 91 –102.

- **Chao YY, Chen CY Huang WD, Kao C H (2010)-** Salicylic acid-mediated hydrogen peroxide accumulation and protection against Cd toxicity in rice leaves *Plant Soil* 329, 327-337.
- **Chesworth W., 2008-** Encyclopedia of Soil Science, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, p. 902. Cheval C., Aldon D., Galaud J. P., Ranty B. , 2013- Calcium/calmodulinmediated regulation of plant immunity. *Biochim. Biophys. Acta*, vol. 1833, p. 1766–1771. doi: 10.1016/j.bbamcr.2013.01.031.
- **Chinnusamy V., Schumaker K. and Zhu J. K ., 2004-** Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J of Experimental Botany*. 55: 225-236.
- **Derksen, H., Rampitsch, C., & Daayf, F., 2013-** Signaling cross-talk in plant disease resistance. *Plant Sci*. 207, 79-87.
- **Derradji F.,Kherici N.,Romeo M et Caruba R. (2004) -** Aptitude des eaux de la vallée de la seybouse à l'irrigation (Nord -Est algérien).*Sécheresse* n°4 ,Vol. 15, décembre 2004. 8P.
- **Djerroudi Z., Moulay B., Bissati S.,Hadjaj S., 2010-** Effet du stress salin sur l'accumulation de proline chez deux espèces d'*Atriplexhalimus* L et *Atriplexcanescens* , *Eurojournales*, vol 41,n° 2,249-260p.
- **Douaik A., 2005-** Evaluation of the space-time variability of soil salinity by statistical, geostatistical, and bayesian maximum entropy methods. These de Doctorat (Ph.D.), Université de Ghent, p 211.
- **El Moukhtar M. S., 2010-** Etude des réponses physiologique et métabolique de dix variétés de riz (*Oryzasativa* L) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin. Thèse d'études approfondies (DEA) en chimie et biochimie des produites naturelles, université Cheikh AntaDiop de Dakar, Senegal, 6p.
- **El-Tayeb, M.A., A.E. EL-Enany, N.L. Ahmed, 2006-** Salicylic acid- induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annus* L.).*Plant Growth Regul.*, 50: 191-199

- **ERARD P. (2002)**- La courgette C.t.i.f.l. (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Edition Buguet comptour, Macon-Ctifl- Paris. p 145
- **FAO. 1988**- Culture protégée en climat méditerranéen. Foods and Agriculture Org., 317p.
- **Farissi M., Aziz F., Bouizgaren A., Ghoulam C., 2014**- La symbiose légumineuse- rhizobia sous conditions de salinité : aspect agro-physiologique et biochimiques de la tolérance, Innovativ espace of scientific research journal, vol 11N°,96-104p.
- **Farissi M., Aziz F., Bouizgaren A., Ghoulam C., 2014**- La symbiose légumineuse- rhizobia sous conditions de salinité : aspect agro-physiologique et biochimiques de la tolérance, Innovativ espace of scientific research journal, vol 11N°,96-104p.
- **FERNANDES F.M., ARRABAÇA M.C., CARVALHO L.M.M., 2004**- Sucrose metabolism in *Lupinus albus* L. under salt stress. *Biol. Plant*, 48(2):317-319.
- **Flowers, T. J. et T. D. Colmer. 2015**- Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Ann. Bot.*, 115: 327- 331.
- **Flowers, T. J. et T. D. Colmer. 2015**- Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Ann. Bot.*, 115: 327- 331.
- **Gaid S., 2015**- La tolérance a la salinité du pois-chiche (*Cicer aritinum* L.) Thèse de Magister faculté des sciences Ahmed ben Bella Oran, 46p.
- **Gama P. B. S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R. (2007)**- Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6 (2), pp. 079-088
- **GOZZA F.; 2003**-systemic acquired resistance in crop protection: from nature to a chemical approach, *J .Agric. food Chem.*51, and pp.4487-4506
- **Gunes A., Inal A., Alpaslan M., Eraslan F., Bagci E G and Cicek N., 2007**- Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J Plant Physiol*, 164(6):728-36.
- **HADJADJ S., 2009**-Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur des marqueurs biochimiques (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, p. 5-6.
- **Hamza N., 2011**- Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de kalàcat Landelous en tunisie : cas

d'une parcelle de courge, Faculté des lettres, des arts et des humanités Manouba-  
Master de recherche environnement, aménagement et risque.74-80 PP.

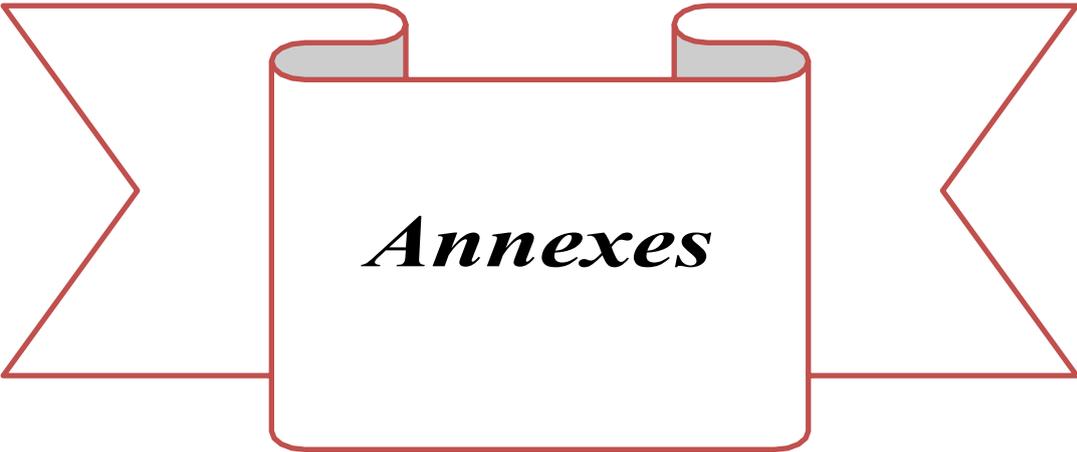
- **HAOUALA F., FARDJANI H., BEN ELHADJ S., 2007-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, et Ca<sup>++</sup>) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et de chiendent. *Biotechnology , agronomy. Société et environnement.* Vol 11. N°3. PP 235-244.
- **Hayat Q, Hayat S, Irfan M, Ahmad A (2010)-** Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. *Environmental and Experimental Botany* 68 (2010) 14-25.
- **Hayat S., Ali B., Aiman Hasan S. and Ahmad A. (2007)-** Brassinosteroid enhanced the level of antioxidants under cadmium stress in *Brassica juncea*. *Environ. Exp. Bot.*, 60, 33-41.
- **Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A., 2010-** Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. Exp. Bot.* 68, 14-25. *Experimental Botany* 63 (2008) 317-326.
- **Hernandez, J. A., M. A. Ferrer, A. Jimenez, A. R. Bacelo et F. Sevilla. 2001-** Antioxidant systems and O<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol.*, 127: 817- 831.
- **HOPKINS, W.G. (2003)-** *Physiologie Végétale.* 2e ed. De boeck. Paris, France. 514. Jabnoune, M. (2008). *Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz.* Thèse doctorat. Université de Montpellier II, France. 127. Jagnow.
- **JABNOUNE M., 2008-** *Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz.* Thèse Doct. CNRS/INRA/Sup. Agro. Univ. / Montp II.289P.
- **JABNOUNE M., 2008-** *Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz.* Thèse Doct. CNRS/INRA/Sup. Agro. Univ. / Montp II.289P.
- **Jean-Pierre A, Philippe D, Bernard I, Gilles L, Bernard S, François T et Alban T .,(2006)** - *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau.* Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA.France. 72 p.

- **Karoune S. 2016-** Etude Ecophysiologique et Phytochimique de deux espèces d'Acacia : *Acacia albida* et *Acacia raddiana*. Thèse de doctorat, Université deux Frères Mentouri Constantine, 187 p.
- **Karoune S. 2016-** Etude Ecophysiologique et Phytochimique de deux espèces d'Acacia : *Acacia albida* et *Acacia raddiana*. Thèse de doctorat, Université Deux Frères Mentouri Constantine, 187 p.
- **Khadri M., Pliego L. Soussi M., Lluch C., Ocana A. (2001)** - Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Agronomy* . 21, 635-643.
- **KHAN M.I.R., KHAN N.A., 2013-**Slicylic acid and jasmonates: approaches in abiotic stress tolerance. *Journal of plant Biochemistry and physiology* 1, 4.
- **KILANI B.R., CHEDLY A., ARNOULD S., 2012-** La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*. Volume 206, Numéro 4.
- **KLESSIG D.F., DURNER J., NOAD R., NAVARRE D.A., WENDEHENNE D., KUMAR D., ZHOU J.M., SHAH J., ZHANG S., KACHROO P., TRIFA Y, PONTIER D., LAM E., SILVA H., 2000-** Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 2000, pp. 8849- 8855.
- **Konnerup, D., L. Moir-Barnetson, O. Pedersen, E. J. Veneklaas, et T. D. Colmer. 2015-** Contrasting submergence tolerance in two species of stem-succulent halophytes is not determined by differences in stem internal oxygen dynamics. *Ann. Bot.*, 115: 409- 418.
- **Kunkel B.N., Brooks D.M. 2002-** Cross talk between signaling pathways in pathogen defense, *Curr. Opin. Plant Biol.* 5, 2002, pp.325-331.
- **KUNKEL B.N., BROOKS D.M., 2002-**Cross talk between signaling pathways in pathogen defense, *Curr. Opin. Plant Biol.* 5, 2002, pp.325-331.
- **Lahouel H., 2014-** Contribution a l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Diplôme en master en agronomie. Spécialité amélioration végétale, 26p.
- **Lahouel H., 2014-** Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Diplôme en master en agronomie. Spécialité amélioration végétale, 26p.

- **Laurent H et Sané P, (2007)** -Transfert d'eau et d'énergie. In : Bioclimatologie. Concept et application. Ed. Quae. Paris. 246p.
- **MAHROUZ FATIMA, 2013**-Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Atriplex canescens, P. 5.
- **MARLET S et JOB J. O., 2006**- Processus et gestion de la salinité des sols. Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. 28P.
- **Mathieu C., Gérald C. et Ronan R, 2009**- Production biologique de courgettes en Bretagne: Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio pp 1-5.
- **Messiaen C.-M. et Fagbayide J. A~ 2004**-Cucurbita pepo L. [Internet] Fiche de PROT A4U. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.
- **Mohammed Essadaoui. 2013.**- Bulletin de l'IMIST d'information technologique. Industrie agroalimentaire.N° 25, 34p.
- **Munns R., 2002.** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. (16), 15-24p.
- **MUSTARD J., RENAULT S., 2004**- Effects of NaCl on water relations and cell wall elasticity and composition of red-osier dogwood (cornus stolonifera) seedlings. Physiol. Plant. 121:265-271.
- **PARENTC., CAPELLIN., and DATJ., 2008**- Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. C. R. Biol, 331 (4) : 255–261.
- **Polese .J.M., 2007.** -La culture des tomates, Artémis, coll. « Les clefs des jardinages ». Paris. P95
- **R'him T., Tlili I., Hnan I., Ilahy R., Benali A et Jebari H., 2013**- Effet de stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de 3 variétés de piment (Capsicum annum L.). J. Appl. Biosci. 66 : 5060–5069.
- **R'him, T; Tlili, I; Hnan, I; Ilahy, R; Benali, A; Jebari, H. (2013)**- Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (Capsicum annum L.). J. Appl. Biosci. 66: 5060-5069.

- **Raachel., Karbouss A-Haloua R., 2004-** Caractérisation morphologique et anatomique de quelques espèces halophiles dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Ingénieur, Université de Ouargla, 67p.
- **RATHINASABAPATHI B., 2000-** Metabolic engineering for stress tolerance installing osmoprotectant synthesis pathways. *Ann. Bot.* 86: 709-716.
- **ROMERO, ARANDA R., SORIA T. et CUARTERO J., 2001-** Tomato plant-water uptake and plant- water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences.*160,265-272.
- **S. El Madidi, B. El Baroudi, F. Bani Aameur, 2003-**Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*,vol 23,No 2.P : 2.
- **Sawada, H., Shim, I. S., & Usui, K., 2006-** Induction of benzoic acid 2-hydroxylase and salicylic acid biosynthesis-modulation by salt stress in rice seedlings. *Plant Sci.* 171, 263-270.
- **SAYYARI M., GHAVAMI M., GHANBARI F., KORDI S., 2013-** Assessment of salicylic acid impacts on growth rate and some physiological parameters of lettuce plants under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences Vol., 5 (17), 1951-1957, 2013*
- **SEBANE R.F., 2014-**Action combinée de la salinité et de l'acide salicylique sur les réponses biochimiques de deux espèces : *Atriplex halimus L.* et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. p 17.
- **SEBANE R.F., 2014-**Action combinée de la salinité et de l'acide salicylique sur les réponses biochimiques de deux espèces : *Atriplex halimus L.* et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. p 17.
- **Senaratna T, Touchell D, Bunn T, Dixon K . 2000-** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul* 30:157-161
- **Shakirova F.M.; Sakhabutdinova A.R.; Bezrukova M.V.; Fatkhutdinova R.A.; Fatkhutdinova D.R. 2003-** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant scien* (164) n° 3, p. 317-322

- **Shi Q, Zhu Z (2007)** - Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and experimental botany* 63 (1-3): 317-326
- **SHILPI M. et NARENDRA., 2005** - Cold, Salinity and Drought Stresses An Overview,” *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Vol. 444, No. 2, , pp. 139-158.
- **SLAMA F., 2004-** La salinité et la production végétales. Centre de publication Universitaire. Tunis. 163P.
- **Snoussi S A et Abbad M., 2012-** Impact de la salinité sur quelques paramètres organoleptiques des fruits de tomate cultivée en zone aride, *Revue agrobiologia*; 2: 09-16.
- **Tester M., Davenport R., 2003-** Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants, *Oxford journals, science &mathématique, Annals of botany*, vol 91(5), 503-527p.
- **TROMBLIN G., 2000-** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis* : Plante pionnière des Sebkhha de l’ouest Algérien. *Sciences et changement planétaires. Sécheresse*. Vol 11, N°2. P P109-116.
- **Vanier P. (2007)-** La citrouille au fil du temps, usages culinaires, conservation, jardinage, biologique. *Ecologie et environnement*.
- **Vasyukova, N.I., Ozeretskoykaya, O.L. 2007-** Induced Plant Resistance and Salicylic Acid: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 43: 367–373.
- **VAZIRIMEHRM.R., RIGI K., 2014-**Effect of salicylic acid in agriculture. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. P 291-296
- **Wang, Y., Mopper, S., & Hasenstein, K. H., 2001-** Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. *J. Chem. Ecol.* 27, 327-342.
- **Zheng, X. Y., Spivey, N. W., Zeng, W., Liu, P. P., Fu, Z. Q., Klessig, D. F., ... &**
- **Zhu J.K., 2001-** Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci.* pp66-71.
- **Zhu, J. K. 2002-** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 53: 247- 273.
- <<http://www.prota4u.org/search.asp>>. Consulté le 9 décembre 2014
- [http://www.agriculture.gov.mg/wp-content/uploads/2014/pdf/Courges\\_courgettes.pdf](http://www.agriculture.gov.mg/wp-content/uploads/2014/pdf/Courges_courgettes.pdf) et ARDCI., 2014. Assemblée des Régions et Districts de Côte d'Ivoire, consulté le 25/11/2014. <http://www.mtnmandelatributte.com/>



## Annexes n° 01 : les paramètres de croissance

### 1-Vitesse de croissance des plantes :

**Tableau n° 01 : tableau de l'ANOVA de la vitesse de la croissance des plantes**

Source des variations	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité	F critique	CV
Entre Groupes	83,344	3	27,781	19,885	0,0004	4,066	5%
A l'intérieur des groupes	11,176	8	1,397				
Total	94,520	11					

**Tableau n° 02 : test de Newman et keuls de la vitesse de la croissance des plantes**

Traitement	Moyenne $\pm$ écarte type	Groupes homogènes
T1	7,26 $\pm$ 0.78	B
T2	12,1 $\pm$ 0.76	A
T3	12,9 $\pm$ 1.33	A
T4	14,2 $\pm$ 1.80	A

## 2- Hauteur de la tige des plantes :

**Tableau n° 04 : tableau de l'ANOVA de la hauteur de la tige des plantes**

Source des variations	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité	F critique	CV
Entre Groupes	39,006	3	13,002	4,339	0,0273	3,490	5%
A l'intérieur des groupes	35,952	12	2,996				
Total	74,959	15					

**Tableau n° 05 : Test de Newman et keuls de la hauteur de la tige des plantes**

Traitement	Moyenne ± écart type	Groupes homogènes
T1	11.57 ± 1.78	B
T2	15.52 ± 0.9	A
T3	14.22 ± 1.23	A
T4	12.57 ± 1.64	B

Annexe : 03

Figure 01 : Vitesse de croissance des plantes [cm/jour].

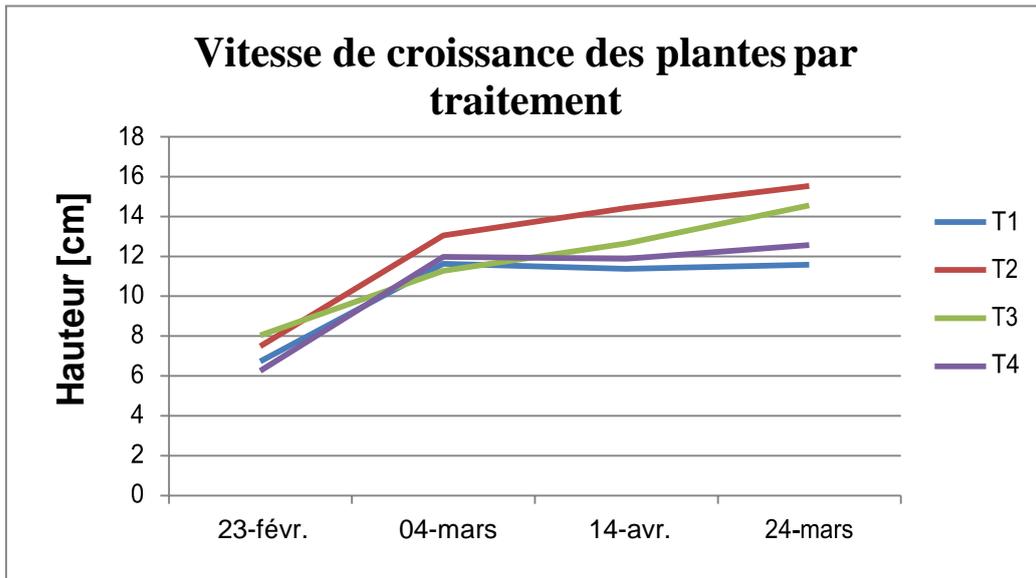


Figure 02 : Hauteur finale des plantes [cm].

