

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N°Ref :.....



**Centre Universitaire Abdelhafid boussouf-Mila**

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de  
Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Biotechnologie Végétale  
Thème :

**Effet de la salinité sur les comportements  
biochimiques et anatomiques chez le  
poivron doux (*Capsicum annuum* L.)**

**Préparé par:**

Omara Amina

Boulasbaa Amira

**Devant le jury composé de :**

Président : Mr Abdelouhab Yahia

Examinatrice : M<sup>me</sup> Zaidi Sara

Promotrice : M<sup>elle</sup> Bouassaba Karima

Grade : Prof

Grade : MAA

Grade : MAA

**Année Universitaire: 2018/2019**

# *REMERCIEMENT*

*EN TOUT PREMIER LIEU, NOUS REMERCIONS ALLAH, TOUT  
PUISSANT, QUI NOUS A ÉCLAIRÉS LE BON CHEMIN ET QUI NOUS A  
AIDÉS À RÉALISER CE TRAVAIL DANS LES MEILLEURES  
CONDITIONS.*

*NOUS DÉSIRONS EXPRIMER NOTRE PROFONDE ET VIVE  
RECONNAISSANCE À NOTRE ENCADREUR, MELLE **BOUASSABA  
KARIMA,***

*QUI A MIS TOUTE SA COMPÉTENCE À NOTRE DISPOSITION, POUR  
CES DIRECTIVES ET CONSEILS JUDICIEUX ET POUR SON SUIVI  
RÉGULIER À L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL.*

*NOUS REMERCIONS LES MEMBRES DU JURY : MR **ABDELOUAHAB  
YAHIA** ET MME **ZAIDI SARA** D'AVOIR ACCEPTÉ DE JUGER NOTRE  
TRAVAIL.*

*NOUS VOUDRONS AUSSI EXPRIMER TOUTE NOTRE GRATITUDE ET  
NOS REMERCIEMENTS À TOUS LES ENSEIGNANTS POUR LEURS  
ORIENTATIONS ET CONSEILS.*

*NOUS REMERCIONS ÉGALEMENT TOUS LES MEMBRES DE  
LABORATOIRE QUI NOUS ONT AIDÉS À RÉALISER CE TRAVAIL.*

*NOS DERNIERS REMERCIEMENTS VONT À TOUS CEUX QUI ONT  
CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN POUR L'ABOUTISSEMENT DE CE  
TRAVAIL.*

*AMINA ET AMIRA*

## *Dédicace*

*Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui ma guidé sur le droit chemin tout au long du travail et qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*A ma très chère mère : [Hadria](#)*

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protéger et te donner la santé, le bonheur et longue vie.*

*A mon très cher père : [Elmekki](#)*

*Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour leur amour, leurs encouragements. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma profonde affection et tendresse. Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur et te protège de tout mal.*

*A mes frères : [Mohamed et Ahmed et Salim](#).*

*Et mes belles soeurs : [Ratiba et Karima](#).*

*A toute ma famille pour leur soutien morale et physique qui m'ont permis de devenir la personne que je suis.*

*A tout mes amis*

*Enfin à ma compagne [Amira](#) pour sa patience, son amour, son soutien et surtout sa confiance inébranlable en moi. Ainsi que tous ceux qui m'ont aidé dans ma tâche.*

*AMINA*

*Dédicace A*

*Avant tout je remercie mon DIEU le tout puissant qui m'a donné la  
ténacité pour achever ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A ma chère mère, qui m'a encouragée et soutenue et m'a donnée le  
sens de la responsabilité « Samia »*

*A L'esprit de mon pur père « Nour Elldine »*

*A mes sœurs « wissem- sabiha- rawiya- assma- nada »*

*A ma tante « Hayat et Zahra »*

*A mon partenaire d'affaire: « Amina Oumara »*

*A tous mes enseignants*

*Toutes les personnes de promotion de Biotechnologie végétale*

**AMIRA**



# *Sommaire*

# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

المخلص

Introduction.....01

## Première partie: Etude bibliographique

### *Chapitre I : Le poivron*

1. Historique et origine de poivron.....	03
1.1. Historique.....	03
1.2. Origine de poivron.....	03
2. Définition du poivron.....	04
3. Description de la plante.....	06
3.1. Classification botanique.....	06
3.2. Description morphologique.....	06
4. Utilisation de poivron doux.....	08
1. Utilisation dans la médecine naturelle.....	08
2. Utilisation en cuisine.....	08
5. Importance économique de la culture du poivron .....	09
5.1. Dans le monde.....	09
5.2. Dans le bassin méditerranéen.....	10
6. Facteurs abiotiques limitant la production du poivron.....	11
6.1. Choix du sol.....	12
6.2- Qualité des milieux.....	12
6.3- Le besoin en eau .....	12
6.4. Température .....	12
6.5. La lumière.....	13

6.6. L'humidité.....	13
6.7. Le Ph.....	13
7. La culture de poivron .....	13
7.1. Semis et plantation .....	23
7.2. Fertilisation et irrigation .....	14
7.2.1. Rôle des principaux éléments minéraux.....	14
8- La situation phytosanitaire du poivron.....	16
8.1. Les maladies.....	16
8.1.1- Les principales maladies fongiques.....	16
8.1.2- Les principales maladies bactériennes.....	20
8.1.3- Les maladies virales.....	22
8.2- Les ravageurs du poivron.....	23
9. Récolte et conservation.....	26

## ***Chapitre II : La salinité***

1. la salinité.....	28
1.1. Définition de la salinité.....	28
1.2. Principaux sels solubles .....	28
1.3. Répartition des sols salés.....	28
1.3.1. Dans le monde.....	28
1.3.2. En Algérie.....	29
1.4. Les différents types de la salinité .....	31
a-Salinisation primaire.....	31
b-salinisation secondaire.....	32
1.5. Importance de la salinité.....	32
1.6. Les effets de l'excès de sels sur les sols.....	32
1.7. Les méthodes de reconnaître les sols salins.....	33
1.8. La salinité et la plante.....	33
2. Notion de stress.....	33
2.1. La définition.....	33
2.2. Les catégories de stress.....	34
2.2.1 Le stress biotique.....	34
2.2.2 Le stress abiotique.....	34
2.3. La définition de stress salin.....	36

2.4. Les effets des salinisations sur les plantes.....	36
4.1 Les effets sur la morphologie de plante.....	36
4.2 Les effets sur la physiologie des plantes.....	37
4.3 Effets sur la photosynthèse.....	39
4.4 Les effets de salinité sur la biochimie de plante .....	39
4.5 Les effets de salinité sur la nutrition minérale.....	40
4.6 Effet de stress salin sur la teneur en eau.....	40
4.7 Effet de stress salin sur l'anatomie des feuilles.....	41
4.8. Effet de la salinité sur le métabolisme de l'azote.....	41
2.5. Mécanismes de résistance des plantes à la salinité .....	42
5.1. Exclusion.....	42
5.2 Inclusion.....	43
5.3 La réexcrétion.....	43
2.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin.....	43
6.1. Adaptation morphologique.....	44
6.2. Mécanismes anatomiques d'adaptation.....	44
6.3. Mécanisme biochimique d'adaptation.....	45

## **Deuxième partie: Etude expérimentale**

### *Chapitre I : Matériel et méthodes*

1. L'objectif.....	49
2. Le matériel.....	49
3. Le sol de culture.....	49
4. Les solutions salines.....	49
5. Protocole expérimental.....	49
5.1. La germination des graines .....	49
5.2. Repiquage des grains germés.....	50
6. Dispositif expérimentale.....	50
7. Les paramètres morphologiques étudiés.....	51
7.1. Comptage du nombre des feuilles.....	51
7.2. Mesure de la longueur de tige et la longueur de la racine (LT, LR).....	51
8. Les paramètres biochimiques .....	51

8.1. Dosage des sucres solubles .....	52
8.2. Dosage de chlorophylle chl (a,b,T)et Caroténoïdes.....	52
8.3. Dosage de la proline .....	53
9. Etude anatomique .....	54
10. Analyse statistique.....	55

### ***Chapitre II: Résultat et discussion***

1. Résultats .....	56
1.1. Effet de la salinité sur les paramètres morphologiques.....	56
1.1.1 Nombre des feuilles (NF) .....	56
1.1.2 Longueur des tiges (LT) .....	57
1.1.3 Longueur des racines (LR) .....	58
1.2. Les paramètres biochimiques .....	59
1.2.1. La teneur en sucres solubles .....	59
1.2.2. Effet de salinité sur la teneur en chlorophylles et Caroténoïdes .....	61
1.2.2.1. Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle(a) .....	61
1.2.2.2. Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle (b) .....	62
1.2.2.3. La teneur en chlorophylle totale (T) .....	63
1.2.3. La teneur en Caroténoïdes .....	64
1.2.4. La teneur en proline .....	65
1.3. Corrélation entre les paramètres morphologiques des deux variétés testés dans les conditions salines.....	66
1.4 Effet de la salinité sur l'anatomie de la tige de ( <i>Capsicum annum</i> L.) .....	68
2. Discussion .....	72

### **Conclusion**

### **Références Bibliographiques**

### **Annexes**

## *Liste des abréviations*

**ACP** : Analyse en composant principales

**°C** : Degrée Celsius.

**Ca<sup>2+</sup>**: Calcium.

**CAM**: Crassulacean Acid Metabolism.

**Car** : Caroténoïdes.

**Ca SO<sub>4</sub>**: Sulfate de calcium.

**Chl a** : Chlorophylle a.

**Chl b** : Chlorophylle b.

**Chl T** : Chlorophylle total.

**Cl<sup>-</sup>** : Chlorure.

**cm** : Centimètre.

**DO** : Densité optique.

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**Fe: Fer**

**G**: gramm.

**Clu**: glucose.

**H<sup>+</sup>** : hydrogène.

**Ha**: Hectare.

**K<sup>+</sup>**: Potassium.

**L** : Lineé

**LR** : Longueur de racine.

**LT** : Longueur de tige.

**m**: Mètre.

**Mar** : *Marconi*.

**MF** : Matière fraîche

**Mg** : Magnesium.

**MgCl<sub>2</sub>** : Chlorure de magnésium

**MgSO<sub>4</sub>** : sulfate de magnésium.

**M ha** : milliard d'hectare

**mm**: Milli mètre.

**mM/L** : milli mol par litre.

**mn**: minute.

**N** : Azote.

**Na** : Sodium.

**NaCl** : Chlorure de sodium.

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**: Carbonate de sodium.

**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**: Sulfate de sodium

**NF** : Nombre des feuilles

**nm** : Nano mètre

**NO<sub>3</sub>** : Nitrat.

**P** : Phosphore.

**PA** : Partie Aérienne.

**PR** : Partie Racinaire.

**Pro** : Proline.

**R** : Répétition.

**Sup** : *Super Marconi*.

**SP** : *Super Marconi*.

**T** : Température.

**µg** : Micro-gramme

**Var** : Variété.

**%** : Pourcentage.

## *Liste des figures*

<b>Figure n°1</b> : Poivrons doux allongés .....	05
<b>Figure n°2</b> : Poivrons doux allongés.....	05
<b>Figure n°3</b> : Poivrons doux plats (poivrons tomates).....	05
<b>Figure n°4</b> : Production des principaux pays producteurs de poivron dans le bassin méditerranéen (en tonne) .....	11
<b>Figure n°5</b> : Symptômes du mildiou sur fruit du poivron.....	17
<b>Figure n°6</b> : Symptômes de l'oïdium sur les feuilles du poivron.....	18
<b>Figure n°7</b> : Symptôme de l'anthracnose sur fruit du poivron.....	18
<b>Figure n°8</b> : La pourriture grise sur fruit du poivron.....	19
<b>Figure n°9</b> : Symptômes du fusarium sur les feuilles.....	20
<b>Figure n°10</b> : Symptômes de flétrissement bactérien sur plante du poivron.....	21
<b>Figure n°11</b> : Symptômes du chancre bactérien sur plante du poivron.....	22
<b>Figure n°12</b> : Les symptômes des virus sur plantes du poivron.....	23
<b>Figure n°13</b> : Acarien sur feuille du poivron.....	24
<b>Figure n°14</b> : Symptômes des nématodes sur les racines d'une plante de poivron...	25
<b>Figure n°15</b> : Thrips sur feuille de poivron.....	26
<b>Figure n°16</b> : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes de type includer ou excluder.....	43
<b>Figure n°17</b> : Les deux voies métaboliques de la proline chez les plantes supérieures	46
<b>Figure n°18</b> : Formule chimique de proline.....	46
<b>Figure n°19</b> : Principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez les plantes.....	47
<b>Figure n°20</b> : L'extraction et dosage du sucre soluble.....	51
<b>Figure n°21</b> : L'extraction et dosage de la chlorophylle et caroténoïdes.....	52
<b>Figure n°22</b> : L'extraction et dosage du proline.....	53
<b>Figure n°23</b> : Microscope motic.....	54
<b>Figure n°24</b> : Effet de la salinité sur le nombre des feuilles dans la phase végétative.	56
<b>Figure n°25</b> : Effet de la salinité sur la longueur des tiges dans la phase végétative...	57
<b>Figure n°26</b> : Effet de la salinité sur la longueur des racines dans la phase végétative	59

<b>Figure n°27 :</b> Effet de la salinité sur la teneur en sucre soluble chez les deux variétés du poivron doux.....	60
<b>Figure n°28 :</b> Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle (a) chez les deux variétés de poivron doux.....	61
<b>Figure n°29 :</b> Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle (b) chez les deux variétés de poivron doux.....	62
<b>Figure n°30 :</b> Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle total chez les deux variétés de poivron doux.....	63
<b>Figure n°31 :</b> Effet de la salinité sur la teneur en Caroténoïdes chez les deux variétés de poivron doux.....	64
<b>Figure n°32:</b> Effet de la salinité sur la teneur en proline chez les deux variétés de poivron doux.....	67
<b>Figure n°33.</b> Coupes transversales au niveau de la tige poivron doux ( <i>Capsicum annuum</i> . L) <b>de la variété Marconi</b> au NaCl - 1: Épiderme, 2: Collenchyme angulaire, 3: Parenchyme, 4: Fibres, 5: Phloèmesecondaire, 6: Cambium, 7: Phloème, 8: Xylème, 9: Moelle, 10: faisceaux cribro-vasculaires.....	69
<b>Figure n°34.</b> Coupes transversales au niveau de la tige poivron doux ( <i>Capsicum annuum</i> . L) <b>de la variété Super Marconi</b> au NaCl - 1: Épiderme, 2: Collenchyme angulaire, 3: Parenchyme, 4: Fibres, 5: Phloèmesecondaire, 6: Cambium, 7: Phloème, 8: Xylème, 9: Moelle, 10: faisceaux cribro-vasculaires.....	70

## *Liste des tableaux*

<b>Tableaux N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Principaux pays producteurs des cultures maraîchers dans le monde (en tonnes)	10
<b>II</b>	le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U	30
<b>III</b>	Le dispositif expérimental des deux variétés <i>Super Marconi</i> et <i>Marconi</i>	50
<b>IV</b>	Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur le nombre des feuilles chez les deux variétés de poivron doux	56
<b>V</b>	Analyse de la variance de la longueur de tige chez les deux variétés <i>Marconi</i> et <i>Super marconi</i>	57
<b>VI</b>	Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la longueur des racines chez les deux variétés de poivron doux	58
<b>VII</b>	Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles chez les deux variétés de poivron doux	59
<b>VIII</b>	Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la teneur en chlorophylle(a) chez les deux variétés de poivron doux	61
<b>IX</b>	Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la teneur en chlorophylle(b) chez les deux variétés de poivron doux	62
<b>X</b>	Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la teneur en chlorophylle total(T) chez les deux variétés de poivron doux	63
<b>XI</b>	Analyse de la variance de la teneur de Caroténoïdes chez les deux variétés de poivron doux	64
<b>XII</b>	Analyse de la variance de la teneur en proline chez les deux variétés de poivron doux	65
<b>XIII</b>	Matrice de corrélation entre les paramètres morphologique et biochimiques chez deux variétés de poivron doux	66

## Résumé :

Pour approcher l'effet du stress salin sur quelques paramètres morphologiques (nombre des feuilles, longueur de tige et longueur des racines), biochimiques (chlorophylle, proline, sucres solubles) et l'anatomique chez deux variétés de poivron doux (*Capsicum annuum*L.), variétés *Marconi* et *Super Marconi* stressées par une solution saline à différentes concentrations (25mM /L, 50mM/L, 150mM/L) de NaCl, en comparaison avec le témoin.

Les résultats montrant que le stress salin conduit une diminution du paramètres morphologiques (longueur des tiges (LT), longueur des racines (LR) et le nombre des feuilles (NF), et biochimiques (la teneur en chlorophylle (a, b, T), les Caroténoïdes (car), la salinité entraîné une augmentation l'accumulation de la proline et sucres solubles).

Les résultats montrant que pour les coupes anatomiques des tiges, l'action des sels combinés (50-150mMol/L) engendre une diminution de la taille des cellules parenchymateuses, ainsi que celle du diamètre des vaisseaux de xylème.

On conclue que la variété *Super marconi* (Sp) est plus tolérante à la salinité en comparaison avec la variété *Marconi* (M) et qu'elle a de l'importance dans l'agriculture, la nourriture et l'économie.

**Mots clés:** Salinité, stress, *Capsicum annuum* L., *Super marconi*, *Marconi*, Resistance, Proline, Anatomie.

## الملخص

من اجل معرفة تأثير الاجهاد الملحي على الخصائص المورفولوجية و و البيوكيميائية ، بالإضافة إلى البنية التشريحية لنبات الفلفل الحلو (*Capsicum annuum L.*) بنوعيه *Super Marconi* و *Marconi* الذي يخضع لتجربة الاجهاد الملحي بمختلف التراكيز (25 ملي مول/ل, 50 ملي مول/ل, 150ملي مول/ل) و ذلك بالمقارنة مع التجربة الشاهدة التي لا تخضع للاجهاد الملحي ، تكررت كل معاملة ثلاثة مرات (3) و بالتالي فان هذا العمل أنجز على 24 وحدة تجريبية .

بينت نتائج الدراسة أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض كل من المؤشرات المورفولوجية (طول الساق، طول الجذور، عدد الأوراق )، البيوكيميائية: محتوى الكلوروفيل( أ و ب و الكلوروفيل الكلي) ،بالإضافة إلى انخفاض محتوى الكاروتينويدات)، بينما سجلنا زيادة في تراكم البرولين و السكريات الذائبة في الأوراق .

أظهرت نتائج الدراسة التشريحية للساق نقص في حجم خلايا البشرة ،الخلايا البرانشيمية ، و انخفاض في قطر الأوعية الناقلة بزيادة التراكيز الملحية.

اعتمادا على نتائج المؤشرات استنتجنا أن الصنف *Super Marconi* سلك سلوك الصنف المقاوم مقارنة مع الصنف *Marconi* الذي سلك سلوك الصنف الحساس.

الكلمات المفتاحية : الملوحة، الاجهاد ، الفلفل الحلو (*Capsicum annuum L.*) ، *Marconi* ، *Super marconi* ، المقاومة، البرولين ، التشريح.

**Abstract:**

To approach the effect of salt stress on some on morphological, physiological and chemical properties, In addition to the anatomical structure of the sweet pepper (*Capsicum annuum L.*) variety: Super Marconi(Sp) and Marconi (M) stressed by saline at different concentrations (25mM/L, 50mM/L,150Mm/L) In comparison to the witness experience which are not stressed by saline, Each treatment was repeated three times and this work was performed on 24 experimental units for the growth phase.

The results obtained show that the salt stress results in a decrease in the morphological (stem length (LT), root length (LR) and the number of leaves (NF)), Chemical parameters (chlorophyll a, b and total chlorophyll content),as well as reduced of carotenoids ,while we recorded increased accumulation of proline and dissolved sugars in leaves.

The results obtained anatomical of stems, show that the action of combined salts (50-150Mmol/L) causes a decrease in the size of the parenchymal cells, as well as the diameter of xylem vessels. It is concluded that the variety *Super Marconi* (Sp) is more tolerant to salinity compared to the variety *Marconi* (M).

**Mots clés:** Salinity, stress, *Capsicum annuum L.*, *Super marconi*, *Marconi*, Resistance, Proline, anatomical structure.

# *Introduction*

La salinité constitue un problème majeur à l'équilibre écologique et au développement de l'agriculture dans le monde entier, particulièrement le bassin méditerranéen et l'Afrique du Nord, ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important limitant la croissance et la productivité de plantes cultivées, dégradant et polluant les sols dans les zones arides et semi-arides (**Reguieg et al., 2012**). Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (**Ben Naceur et al., 2001**).

Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols, varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'ha de terres agricoles touchées par la salinité, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha, soit 23% des terres cultivées dans le monde (**Cheverry., 1995**). Selon **Szabolcs, 1994**, un milliard d'ha est menacé, dont 3,2 millions d'ha en algérien (**Belkhodja et Bidai, 2004**). Le poivron doux (*Capsicum annuum*L.) est considéré parmi les espèces légumières sensibles ou modérément sensibles à la salinité (**Navarro et al., 2010**). De nombreux auteurs (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000; Zribi, 2009**) ont remarqué que les doses de NaCl supérieures à 150mM réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brûlures et de toxicité.

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques. La réponse au sel des espèces végétales, dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel et du stade de développement de la plante (**Ben Naceur et al., 2001**).

En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques (**Kylin et Quatrano, 1975; Parida et Das., 2005**) et biochimiques (**Brugnoli et Lauteri., 1991**) impliquant une activité enzymatique (**Stephanopoulos, 1999 ; Chaffei et al., 2004**). Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs (**Rathinasabapathi et al., 2000**) ou de régulateurs osmotiques (**Mccue et Hanson., 1990 ; Sannada et al., 1995; Huang et al., 2000, El-Shintinawy et Hassanein, 2001**).

Des modifications morphologiques et anatomiques au niveau de la plante sont capables de minimiser les effets indésirables du stress salin (**Poljakoff, 1988**).

L'objectif de notre présente étude consiste à l'évaluer de l'effet de stress salin en utilisant différentes concentration de NaCl (25mM /l, 50Mm/l, 150Mm/l) sur la croissance et le développement de paramètres morphologique, biochimiques et anatomique sur les deux variétés de poivron doux (*Capsicum annuum. L*) *marconi* et *super marconi*.

Nous avons divisé notre travail en deux grandes parties :

- ❖ La première partie, est consacrée à une étude bibliographique ou un bref rappel comporte deux chapitres, dans le premier chapitre nous avons rassemblé l'essentiel des recherches effectuées sur le poivron doux (*Capsicum annuum. L*) de deux variété *Marconi et super Marconi*. Le deuxième chapitre donne un aperçu général sur la salinité et son effet sur les paramètres morphologie, biochimie et anatomie de poivron doux, ainsi que la réponse et l'adaptation de ces variétés au stress salin.
- ❖ La seconde partie est une partie pratique qui est divisées deux chapitre : le premier est réservé au matériels et méthodes pour expliquer les conditions expérimentales dans lesquelles est réalisée notre essai ainsi que les différentes méthodes d'analyses utilisés. En fin un dernier chapitre qui représente les différents résultats obtenus et leur discussion allant à une conclusion générale.

# *Chapitre I*

## *Le poivron*



## 1. Historique et origine de poivron

### 1.1 Historique

Le piment fait partie de la famille des solanacées, comme la tomate, l'aubergine, l'alkékenge, la pomme de terre, le tamarillo et le tabac. Le mot vient probablement du mot Capsa, un terme latin désignant une boîte à livres ayant la forme du fruit (**Francine, 2010**).

La culture du piment est très ancienne; on pense qu'il est originaire du Brésil. Au Mexique, à Tehuacan, on le cultivait déjà 7500 ans avant J.C. Ce fut l'une des premières plantes cultivée en Amérique du Sud, il y a 7000 ans. On utilisait les piments pour leurs propriétés médicinales, comme condiment ou comme légume. Les piments ne furent introduits en Europe qu'à la fin du XVe siècle, à la suite des voyages de Christophe Colomb. Découvert par les Espagnols à Saint-Domingue, le piment deviendra rapidement «l'épice du pauvre». En effet, au 17ème et 18ème siècle, les épices importées coûtaient très cher et constituaient un signe extérieur de richesse. Le piment remplaça donc le « poivre d'Inde », très dispendieux. (**Francine, 2010**). À l'origine, la culture du piment n'était faite qu'à des fins décoratives ; par la suite, on l'utilisa en médecine et on l'apprécia ensuite pour sa valeur culinaire. S'adaptant très facilement, il s'est propagé rapidement, surtout grâce à Magellan qui l'introduisit en Afrique et en Asie. On le cultive maintenant sur tous les continents. Le piment est vivace dans les régions tropicales et annuelles dans les régions tempérées. C'est au Mexique et aux Antilles que l'on retrouve la plus grande variété (**Francine, 2010**).

## 2. Origine de poivron

Le poivron est originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique centrale et du Sud. Les plantes de ce genre ont une très longue histoire. Des fouilles archéologiques réalisées au Mexique donnent à penser que le poivron y était déjà cultivé sous sa forme sauvage aux alentours de 6500 avant Jésus Christ. On est à juste titre étonné que les premières sélections et cultures précoces du *Capsicum* aient déjà effectuées il y a 3500 ans avant notre ère par les populations autochtones dans les pays d'origine (**EGK 2016**).

Cette espèce a conquis toutes les zones chaudes du globe. Elle est cultivée en Europe, principalement dans les pays méditerranéens, comme une plante annuelle **(Foury, 2003)**.

- **En Europe**

Le poivron fut introduit en Europe à la fin du quinzième siècle et au début du seizième par les Conquistadors .Il a été cultivé comme une plante médicinale et décorative en Espagne et en Portugal, puis il a pénétré en Angleterre en 1548, dans le sud de l'Italie à peu près à la même époque, en Hongrie 20 ans plus tard **(Challali , 2015)**.

- **En Algérie**

La culture du poivron a été introduite au dix-huitième siècle, durant la colonisation française en Algérie **(Challali, 2015)**.

### **3. Définition du poivron**

Le poivron (*Capsicum annuum* L.) est une plante annuelle de la famille des solanacées, il est originaire d'Amérique du sud et centrale **(El-Oumairini, 2000)**. Il a un peu plus d'un siècle, abordé et conquis tous les continents dans leur partie tropicale ou tempérés chaudes **(Pochard et al., 1992)**. Il cultive depuis des siècles de nombreuses variétés.

Il est cultivé comme plante potagère pour ses fruits consommés crus ou cuits (vert, jaune, rouge) ; La plante a un port dressé, presque arbustif, très ramifié. Les tiges de la base ont tendance à se lignifier.

La plante atteint de 40 à 50 cm de haut en général. Les feuilles, alternes, lancéolées, se terminant en pointe, sont d'un vert brillant. Les fleurs, nombreuses et petites, sont blanches, à pétales soudés et pointus, au nombre de 6 à 8. Le fruit est une baie d'un type particulier, la pulpe, relativement mince et formant une espèce de capsule entourant un placenta plus ou moins volumineux portant de nombreuses graines **(Anonyme, 2015)**.

Extérieurement la peau est lisse et brillante, de couleur vert brillant avant maturité, elle prend à maturité une couleur vive, en général rouge, mais aussi jaune, orangé, violet, marron, noir..., les graines sont petites, plates, réniformes, de couleur crème.

Les poivrons se distinguent des piments par des fruits plus gros et plus charnus, et surtout dépourvus de substance piquante (purseglover, 1996).



**Figure 1** : Poivrons doux allongés (FAO, 2009).



**Figure 2** : Poivrons doux carrés (FAO, 2009).



**Figure 3** : Poivrons doux plats (poivrons tomates) (FAO, 2009).

## 4. Description de la plante

### 4.1. Classification botanique

Le piment (*Capsicum annum* L.), est une plante dicotylédone qui appartient à la famille des solanacées, sa classification selon (**Cronquist, 1981**) est la suivante :

**Division:** Spermatophyta

**Sb division:** Angiospermae

**Class:** Dicotyladonea

**Sb class:** Asteridae

**Ordre:** Solanales

**Famille:** Solanaceae

**Genre:** Capsicum

**Espèce:** *Capsicum annum* L.

**Var :** *Marconi et Super marconi*

### 4.2. Description morphologique

Le piment est une gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Ils poussent sur des plants qui peuvent atteindre environ 1.5 mètres de hauteur. Il existe près de 10 espèces de piments qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (**Bernier et al ., 2004**).

### 4.3. Classification

Les poivrons doux font l'objet d'une classification en trois catégories définies ci-après:

#### 1. Catégorie «Extra»

Les poivrons doux classés dans cette catégorie doivent être de qualité supérieure. Ils doivent présenter les caractéristiques de la variété et/ou du type commercial. Ils ne doivent pas présenter de défauts, l'exception de très légères altérations superficielles, à condition que celles-ci ne portent pas atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité, à sa conservation et à sa présentation dans l'emballage.

## 2. Catégorie I

Les poivrons doux classés dans cette catégorie doivent être de bonne qualité. Ils doivent présenter les caractéristiques de la variété et/ou du type commercial. Ils peuvent toutefois présenter les légers défauts suivants, à condition que ceux-ci ne portent pas atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité, à sa conservation et à sa présentation dans l'emballage :

- Un léger défaut de forme.
- Une couleur légèrement argentée ou dommage provoqué par des thrips sur un tiers au maximum de la surface totale.
- De légers défauts de l'épiderme, tels que.
- Piquetage, éraflures, brûlures de soleil ou marques d'écrasement, dont la surface totale ne peut dépasser 2 cm pour les défauts de forme allongée et 1 cm<sup>2</sup> pour les autres défauts.

-Ou-

- Craquelures sèches et superficielles couvrant au total un huitième au maximum de la surface totale.
- Un pédoncule légèrement endommagé.

## 3. Catégorie II

Cette catégorie comprend les poivrons doux qui ne peuvent être classés dans les catégories supérieures mais correspondent aux caractéristiques minimales ci-dessus définies. Ils peuvent présenter les défauts suivants, à condition de garder leurs caractéristiques essentielles de qualité, de conservation et de présentation:

- Des défauts de forme.
- Une couleur légèrement argentée ou dommage provoqué par des thrips sur les deux tiers au maximum de la surface totale.
- Des défauts de l'épiderme, tels que :
- Piquetage, éraflures, brûlures de soleil, meurtrissures et blessures cicatrisées, dont la surface totale ne peut dépasser 4 cm de long pour les défauts de forme allongée et 2,5 cm<sup>2</sup> pour les autres défauts.

- ou-

- Des craquelures sèches et superficielles couvrant au total un quart au maximum de la surface totale.
- Une altération de l'extrémité pistillaire sur 1 cm<sup>2</sup> au maximum.
- Un dessèchement sur un tiers au maximum de la surface.
- Le pédoncule et le calice endommagés, à condition que la chair autour demeure intacte (NORME, 2017).

#### **4. Utilisation de poivron doux**

##### **1. Utilisation dans la médecine naturelle**

Les différentes variétés de *Capsicum* sont utilisées depuis des millénaires pour guérir les petites et grandes douleurs ou du moins les soulager.

Le poivron a une action stimulante et digestive; la médecine naturelle moderne y a également recours à cause de ses propriétés irritantes. Selon les ouvrages spécialisés, il est fortifiant, antiseptique, stimule la circulation sanguine, les organes digestifs ainsi que la transpiration.

Le *Capsicum* est également utilisé en usage externe en cas de lumbago, névralgies et pleurésie. La liste de ses applications dans la médecine naturelle pourrait être complétée à volonté.

Dans les Tropiques, les piments forts sont également employés pour la désintoxication de l'estomac et de l'intestin ainsi que pour la conservation des aliments. Un contact avec les yeux ou des plaies ouvertes doit être évité. Nous attirons votre attention sur le fait qu'il est recommandé de consulter un naturopathe ou un droguiste pour une utilisation médicale du *Capsicum*. (EGK, 2016).

##### **2. Utilisation en cuisine**

Les utilisations du poivron et du piment dans l'art culinaire moderne sont extrêmement variées. Les variétés fortes et douces sont utilisées de nos jours crues, cuites en tant que légume ou comme épice: légume apéro avec de délicieuses sauces, salade de poivron avec différents dressings, yaourt, ratatouille ou gratin goûteux avec des pommes de terre. Goulache hongroise, émincé de bœuf aux lanières de poivron,

suprêmes de volaille farcis à la mousse de poivron comme on voit, le poivron est un vrai multitalent en cuisine.

Outre son arôme, le poivron apporte des notes de couleur dans les plats cuisinés modernes.

Paprika doux ou paprika piquant – ses applications vraiment multiples vont de A à (presque) Z. Alors, pourquoi ne pas essayer de faire une glace au poivron si vous êtes un champion de la cuisine ?

La valeur nutritive de *Capsicum* est élevée et il constitue une excellente source en vitamines C, A, B, E, acide folique, thiamine ainsi qu'en minéraux tels que le molybdène, le manganèse et le potassium.

Les piments contiennent sept fois plus de vitamine C que l'organe. Les  $\beta$ -caroténoïdes, et les vitamines C et A contenus dans les piments sont de puissants antioxydants qui détruisent les radicaux libres.

## **5. Importance économique de la culture du poivron**

Le poivron originaire de l'Amérique du Sud, il est cultivé dans tous les pays du monde, en plein champs ou sous serre selon le climat du lieu de culture.

### **5.1. Dans le monde**

Le poivron reste l'une des spéculations les plus cultivées à travers les différents continents. Une évolution progressive dans le temps de la superficie mondiale réservée à la culture du poivron en plein champ et sous abris (Tableau I). Cette évolution est très marquée durant la dernière décennie.

De plus, la production mondiale du poivron a connu une évolution progressive au cours du temps, qui enregistre une quantité de l'ordre de 360081 millions de tonnes en 2000 pour atteindre une valeur de 496134 millions de tonnes en 2013, ce qui représente une augmentation annuelle d'environ 16 %. Cette progression est en rapport direct avec les superficies cultivées, car, en 2013 les superficies réservées à cette culture ces dernières ont dépassé les 538330 millions d'hectares en 2013.

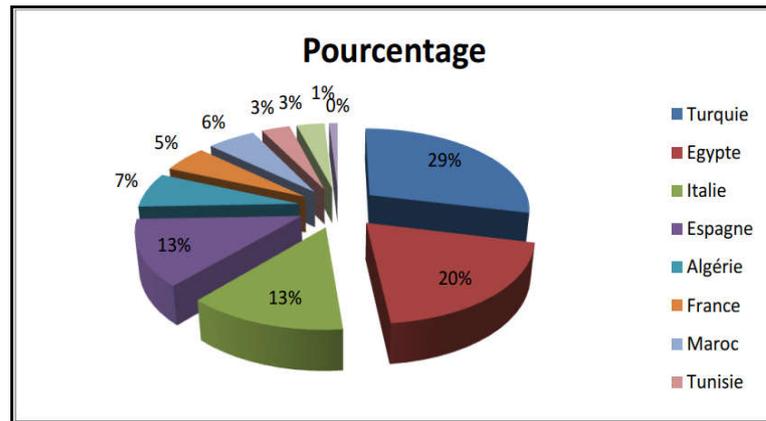
Entre 2001 et 2010, la production du poivron a évolué avec l'évolution des superficies agricoles utiles (**Bendaha., Debiane 2017**).

**Tableau I : Principaux pays producteurs des cultures maraîchers dans le monde (en tonnes) (FAO, 2015)**

<b>Pays</b>	<b>Production (tonnes)</b>	<b>Pays</b>	<b>Production (tonnes)</b>
Chine	583321399	Espagne	12701300
Inde	121015200	Nigéria	11923961
USA	34279961	Brésil	11458208
Turquie	28280809	Japon	11314562
Iran	23651582	Indonésie	10243856
Egypte	19590963	Ukraine	9872600
Russie	15485353	Algérie	6788809
Viet Nam	14975501	Philippines	6367844
Mexique	13238236	France	5235330
Italie	13049171	Pakistan	5059691

## **5.2- Dans le bassin méditerranéen**

Selon la FAO en 2015, la production du poivron dans le bassin méditerranéen dépasse les 100 millions de tonnes avec la Turquie, l' Egypte, l' Italie et l' Espagne représentent 71% de cette production.



**Figure 4 :** Production des principaux pays producteurs de poivron dans le bassin méditerranéen (en tonne) (FAO, 2015).

L'Algérie avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 6788809 tonnes, soit 0,1 % de la production mondiale totale et 0,9% de la production dans le bassin méditerranéen.

La famille des poivrons est très vaste, comprenant les gros poivrons doux et sucrés jusqu'aux petits piments très brûlants. Les variétés préférées en Algérie sont les poivrons doux, qui sont :

- ✓ Type allongé : Andalus, marconi, Belconi.
- ✓ Type côtelé: Yolo Wonder, Capistrano, Hybell Capain, King Arther, murango.
- ✓ Type filet: Hy Fry, Biscayne, Gypsy, Sweet Wax, Red Cherry.

Et les zones de productions sont les suivantes : Région des Hautes Terres Centrales.

## 6. Facteurs abiotiques limitant la production du poivron

L'une des principales difficultés que les producteurs de poivrons sous serre devront résoudre est liée à l'obtention d'un équilibre optimal entre la croissance végétative, la mise à fruits et la charge fruitière dans des conditions d'éclairage faible et variable. Les coûts croissants de l'énergie et la réglementation environnementale nuisent à la production de poivrons sous serre en Algérie. Les producteurs ont en outre plus de difficultés à demeurer concurrentiels (Howard *et al.*, 1994).

### 6.1. Choix du sol

La plante requiert enfin des sols souples, profond, bien drainé, chaud et bien pourvu en humus et en éléments nutritives aisément assimilables (**Laumonnier, 1979**). Mais s'adapte assez bien à une large gamme estime que la plante du poivron peut avoir une bonne croissance dans les plaines sableuses.

Le poivron fatigue rapidement le sol, il est très exigeant en rotation de culture ; le cycle de plantation est d'environ trois mois pour le poivron, alors qu'il peut durer jusqu'à six mois pour le piment (**Hall et Skaggs, 2008**).

### 6.2. Qualité de milieux

Dans tous les systèmes de culture hydroponique, on surveille rigoureusement la concentration des nutriments et leur qualité. Dans les systèmes de culture sur film nutritif, il faut rigoureusement contrôler le débit de la solution nutritive. On modifie la conductivité électrique de la solution en fonction de l'éclairage, de la température, de l'humidité relative et de la vitesse de croissance des plants. Trop forte, la conductivité entraîne le raccourcissement des entre-nœuds, la fragilisation des tiges et la réduction de la taille des feuilles (**Howard et al., 1994**).

### 6.3. Le besoin en eau

Le poivron est une plante exigeante en humidité du sol : il lui faut 80-85 % d'humidité afin d'obtenir de bons rendements, lorsque l'humidité relative de l'air est basse (inférieure à 60%) et la température est élevée, les fruits ne grandissent pas.

### 6.4. La température

Le poivron est l'une des plantes maraichères le plus exigeantes en température, mais moins exigeant en ensoleillement que la tomate (**Skiredj et al., 2005**). La plante est exigeante en chaleur, son optimum de croissance se situe à 24°C, la croissance de la plante se ralentit à des températures inférieures à 13°C. La culture est très sensible aux températures basses, les températures supérieures à 35°C affectent sur le développement de la plante. Par ailleurs, la température journalière moyenne de 24°C permet d'assurer un développement convenable, pendant la nuit, la température de la serre est rigoureusement contrôlée selon le stade de développement et l'espèce cultivée. En général, elle devrait s'établir entre 21 et 26°C (**Skiredj et al., 2005**).

## 6.5. La lumière

Le poivron requiert une bonne luminosité, car, les *Capsicum* sont des plantes des jours courts facultatifs, la floraison se réalise mieux et en abondance en jours courts pourvue que la température et les facteurs climatiques soient adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12- 15 heures (Valder, 1994).

L'intensité lumineuse a une influence plus marquée sur la croissance des tiges que la qualité de la lumière ou la photopériodique. À des niveaux bas, il y a une élongation des tiges au détriment de la vigueur, c'est ce que l'on observe souvent sous abris plastique, à cause de la perte de transparence des films de couverture due à leur vieillissement ou simplement au manque de nettoyage (Bulbifera, 1980).

## 6.6. L'humidité

L'humidité présente une importance capitale pour la culture sous serre. Elle doit se situer entre 60 et 80 % pendant les premières journées de la germination. Une faible humidité risque de causer un stress et rend les plants plus susceptibles aux infections et aux maladies. Selon la nature de l'agent pathogène, le taux d'humidité et la période pendant laquelle la surface de la plante est mouillée peuvent favoriser les maladies (Howard *et al.*, 1994).

## 6.7. Le Ph

Le poivron redoute l'acidité du sol, l'optimum se situe aux alentours d'un pH entre 6,5 et 7 (Wong et Lin, 2000).

## 7. La culture de poivron

### 7.1. Semis et plantation

En conditions tropicales, le choix variétal se restreint encore à quelques variétés présentant une forte rusticité, toutefois il convient de rechercher des variétés résistantes et susceptibles de forte productivité.

Les conditions de culture restent les mêmes (Desai, 1997) quelle qu'en soit la finalité de la production ; fruits frais pour le marché ou production grainière. Les

semences provenant de fruits à maturité complète seront semées en pépinière composée de terre légère et fraîche (**Kroll, 1994**), les poivrons se prêtant mal au semis direct car moins compétitifs vis à vis des mauvaises herbes. De plus, l'importante pression parasitaire dont ils sont susceptibles fait que le choix du terrain participe déjà à la lutte phytosanitaire préventive intégrée contre les nuisibles telluriques.

Le repiquage en place définitive sera effectué entre 25 et 40 jours après semis, en doubles lignes (voire triples) espacées de 1 m avec des écartements variant entre 0,4 et 0,8 m en tous sens, selon le type variétal utilisé. (**Laumonnier, 1979**) préconise une plantation pas très profonde, le collet légèrement au-dessus du sol, car la plante est très sensible à un certain nombre de maladies du collet.

## **7.2 Fertilisation et irrigation**

### **7.2.1. Rôle des principaux éléments minéraux**

#### **7.2.1. 1. L'azote**

L'azote (N) est un élément fondamental pour le développement du végétal ; principal constituant de la chlorophylle et des protéines, il stimule la croissance des plantes. Toutefois, l'excès doit être évité notamment en phase de floraison et de fructification. Sa carence a pour conséquences des branches courtes, rabougries et peu nombreuses avec des petites feuilles déformées (**Mitra, 1990**). La couleur de ces dernières évolue progressivement du vert clair à un vert plus ou moins jaunâtre et elles se détachent prématurément. De plus les fruits sont petits, maigres et chlorosés (**Foury et Pitrat, 2015**).

#### **7.2.1. 2. Le phosphore**

Le phosphore (P) favorise le développement du système racinaire et régularise la mise à fleur et le développement et la maturation des fruits, ce qui permet un développement harmonieux de la plante.

Il doit être optimisé en phase de développement (floraison- fructification). En cas de carence de cet élément, les feuilles sont petites, resserrées et incurvées de l'intérieur (**Mitra, 1990**). Les vieilles feuilles jaunissent avec des bords roses. Les fruits sont menus et déformés.

Une nutrition correcte de cet élément influence positivement la résistance de la plante à certaines maladies (**Foury et Pitrat, 2015**).

### **7.2.1. 3. Le potassium**

Le potassium (K) joue un rôle de régulateur des fonctions vitales de la plante : assimilation de la chlorophylle, résistance aux maladies, au froid et à la sécheresse, régulation de la transpiration (**Foury et Pitrat, 2015**). C'est aussi un élément de croissance et de fructification dont la disponibilité peut-être influencée par de fortes teneurs en sodium du sol (cas des sols salés). Sa carence perturbe la croissance de la plante. Le nombre de feuilles est très réduit, leur taille est petite et leur couleur jaunâtre. (**Mitra, 1990**), rapporte que des petites lésions nécrotiques peuvent se développer le long des nervures avant d'entraîner une défoliation.

Si les carences en azote, en potassium ou en phosphore peuvent être graves pour les plantes, les conséquences des carences en éléments nutritifs secondaires tels que le magnésium et le soufre) et oligoéléments comme le bore et fer sont plus modérés, mais ces éléments contribuent toutefois au bon développement de la plante.

### **7.2.1. 4. Carences en fer**

Le fer (Fe) joue un rôle important dans la formation de la chlorophylle et la respiration de la plante .il influe également sur la qualité des fruits (**Foury et Pitrat, 2015**).

### **7.2.1. 5. Carences en magnésium**

Le magnésium (Mg) entre dans la composition de la chlorophylle et intervient dans l'assimilation de l'azote et de phosphore. Il participe activement au murissement des fruits et à la qualité des légumes (**Foury et Pitrat, 2015**).

### **7.2.1. 6. Carences en soufre**

Le soufre (S) sert à la fabrication des protéines et de la chlorophylle, et favorise la fixation de l'azote chez les légumineuses (**Foury et Pitrat, 2015**).

### 7.2.1.7. Carences en bore

Le bore(B) participe au bon état général de la plante (transport en synthèse des sucres et des substances de croissance, respiration, fécondation) (**Foury et Pitrat, 2015**).

## 8. La situation phytosanitaire du poivron

Le poivron est d'autant plus sensible à des grandes variétés des maladies que sa culture a lieu à une saison humide ou les dégâts sont les plus importants .il est de plus passible de nombreuses attaques d'insectes et de parasites, et d'accidents physiologiques (**Acta, 1999**).

### 8.1. Les maladies

La culture du poivron Subit des attaques d'un grand nombre de maladies fongiques, bactériennes et virales, ce qui engendre des pertes considérables par fois influence sur tous le rendement.

#### 8.1.1. Les principales maladies fongiques

##### 8.1.1.1. Le mildiou

L'agent causal du mildiou de poivron est *phytophthora capsici* L. Il se manifeste sous formes d'une pourriture des racines et du collet ce qui entraine très rapidement le flétrissement et la mort des plantes quel que soit leur âge. Des attaques sur fruits proches du sol peuvent parfois être observées (**Palloix, 1995**).

Les conditions favorables au développement de la maladie son surtout une humidité du sol élevée, et des températures élevée et des fortes variations climatiques (**Bayries et Marchou, 1976**).



**Figure 5.** Symptômes du mildiou sur fruit du poivron (**Blancard, 1988**).

#### **8.1.1.2. L'oïdium**

L'agent causal de cette maladie est *Leveillula taurica* à une évolution très rapide marquée par un feutrage blanc à la face inférieure des feuilles avec une nécrose en points de tapisserie (**Messiaen et al., 1991**).

Le pathogène apparaît chez le poivron sous les climats chauds à la fois sec et humides, mais rarement sous les climats froids, la chute des feuilles est plus importantes en conditions de faible humidités, le pathogène n'a pas de hôtes spécifiques, une défoliation sévère conduite à une réduction de la taille et du nombre des fruits (**Black et al., 1993**). *L. taurica* est hébergé par de nombreuses plantes cultivées (tomate, aubergine, artichaut...) et des adventices. la dissémination de la maladies est assurés par le vent sur de long distances par fois ; l'oïdium n'a pas forcément besoin de la présence d'un film d'eau sur les feuilles pour se développer, mais la présence de l'eau libre peut néanmoins favoriser la germination des spores dans une humidité relative de 50-70 % et une température comprise entre 20°C et 30°C. Dans les serres les zones a risques son situées aux entrées ou dans les parties de l'abri ou interviennent des courant d'air (**Ctfl, 2002**).



**Figure6.** Symptômes de l'oïdium sur les feuilles du poivron (Messiaem *et al*, 1991).

#### **8.1.1.3. L'antracnose**

Causé par *Colletotrichum capsici* sur les fruits, il est caractérisée par des larges nécroses sèches, déprimées, grise à brun claire, présente souvent les fructifications du parasite disposé de façon concentriques à partir du centre des taches confluentes. En fin d'attaque, dessèchement et chutes des fruits. Le pathogène se rencontre également sur les feuilles et les rameaux .la même maladie s'observe sur le piment (Kohler et Pellegrine, 1992) .



**Figure7.** Symptôme de l'antracnose sur fruit du poivron (Messiaem *et al*, 1991).

#### **4.1.1.4. La pourriture grise**

*Botrytis cinerea* est un champignon constitué de filaments qui produisent des spores, il est caractérisé par une sporulation abondante qui assure sa dissémination. Les

fruits atteints se recouvrent d'une moisissure grise caractéristique une pourriture molle, grise beige, se développée souvent à partir des pétales fanés (Ctfl, 2002).

*Botrytis cinerea* est considéré comme un saprophyte qui envahit les tissus sains par l'intermédiaire de cellules altérées. Les conditions favorables à la maladie sont des températures moyennes de 16°C à 23°C, et une hygrométrie supérieure à 90%, mais aussi de l'eau libre pour la germination des spores. Le champignon se conserve sous forme des sclérotés, mycélium ou conidies, et disséminé par le courant d'air dans les abris (CTFL, 2002).



**Figure8.** La pourriture grise sur fruit du poivron (CTFL, 2002).

#### 8.1.1.5. La fusariose

L'agent causal de la fusariose est *Fusarium oxysporum*, il se traduit par un flétrissement accompagnée d'un jaunissement souvent unilatéral des feuilles prouvent généraliser suivi du dessèchement complet de la plante et de la mort de celle-ci (Bailey et al, 2006)



**Figure 9.** Symptômes du fusarium sur les feuilles (**Blancard, 1988**).

#### **8.1.1.6. La cercosporiose**

Causé par *Cercospora capsici*, les symptômes sont des taches arrondies, ocellées, blanc crème, bordées de brun-rouge. En fin d'attaque, la feuille est souvent percée lorsque le parenchyme nécrosé du centre des taches se dessèchent et tombent. La fructification du parasite à la face inférieure de la tache, la même maladie s'observe sur le piment (**Kohler et Pellegrine, 1992**).

#### **8.1.1.7. L'alternariose**

C'est une maladie qui se manifeste par les petites taches noir de 2 mm de diamètre environ, entouré parfois d'un halo jaune provoque le dessèchement des feuilles. Elle provoque sur les fruits des taches noir bien délimitées, déprimé de 1 ou 2 cm, débutant souvent à l'aisselle du calice (**Blancard, 1988**).

### **8.1.2. Les principales maladies bactériennes**

#### **8.1.2.1. Le flétrissement bactérien**

C'est une maladie importante causée par *Ralstonia solanacearum*, elle cause un flétrissement irréversible d'abord unilatérale puis généralisés, et le brunissement des vaisseaux et des tissus contigus, chancre ouverts sur les pétioles (**Naika et al, 2005**).



**Figure 10.** Symptômes de flétrissement bactérien sur plante du poivron  
(Benabdelkader et Guechi, 2003).

En Algérie, le flétrissement bactérien constitue un sérieux problème pour la culture au moment où il provoque le dépérissement de la plante. Pour lutter contre cette maladie il convient d'utiliser des variétés tolérantes et de pratiquer l'assolement des cultures. Aussi, on évitera de planter dans les terrains d'un drainage faible (Benabdelkader et Guechi, 2003)

#### **8.1.2.2. La moucheture bactérienne**

Elle est causée par *Xanthomonas axonopodis* pv. *Vesicatoria*. Ses symptômes consistent en l'apparition de petites formations vésiculeuses sur les feuilles et les fruits, que d'autres pathogènes peuvent utiliser pour infecter les fruits. Les saisons très pluvieuses favorisent l'infestation qui réduit considérablement la fructification et la qualité des fruits.

#### **8.1.2.3. Le chancre bactérien**

L'agent responsable est le *Corynebacterium michiganense*. Les symptômes sont de type vasculaire, il cause un flétrissement sans jaunissement préalable de portion inter-nervaire de folioles, moitié de feuilles ou de feuilles entières, suivi d'un dessèchement rapide. La nécrose du pétiole et du secteur de tige au-dessous n'observe pas de façon régulière (Messiean et lafon, 1991).



**Figure 11.** Symptômes du chancre bactérien sur plante du poivron (**Messiean et Lafon, 1991**).

#### **8.1.2.4. La galle bactérienne**

Provoquée par *Xanthomonas viscatória*. On voit apparaître sur feuilles, pétioles, tiges, pédoncules de fruits et sépales des pustules noires de 2 à 3 mm de diamètre, plus anguleuses entourée ou non suivant les cas d'un halo jaune. Sa multiplication peut aboutir à un jaunissement généralisé puis à un dessèchement des feuilles. Les symptômes sur fruits sont des plages noires craquelées, comparable à celle de la tavelure de pomme, pouvant atteindre 1cm de diamètre, avec un halo graisseux (**Messiean et Lafon, 1991**).

#### **8.1.3. Les maladies virales**

Selon (**Simon, 1994**), 40% des maladies virales sont transmises par les insectes, dans le groupe le plus redoutable est celui des pucerons.

D'après (**Poulos, 1987**), une trentaine de virus différents sont supposés attaquer les *Capsicum* et les maladies qui s'en suivent sont en générale sous les tropiques, les plus importantes en termes de gravité des dégâts. Elles surviennent souvent en complexe dans une même culture et dans une même plante.

##### **8.1.3.1. La mosaïque de la pomme de terre (PVY)**

Le virus PVY (*Potato Virus Y*) provoque une mosaïque verte et brillante, accompagnée parfois d'une nécrose des veine, la lutte contre PVY est basée

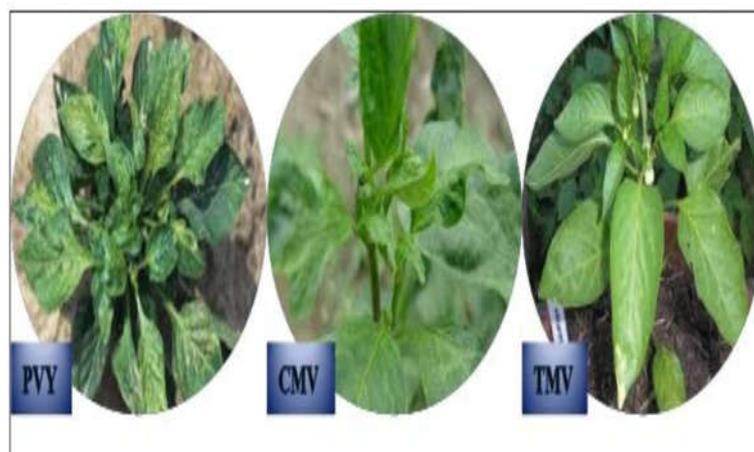
essentiellement sur l'utilisation des variétés tolérantes et sur un contrôle efficace des vecteurs de cette maladie (**Dimsey et al., 2008**).

### 8.1.3.2. La mosaïque du concombre (CMV)

Le poivron est beaucoup plus sensible au virus I du concombre CMV (*Cucumber Mosaic Virus*). L'infection se traduit par des anneaux et des lignes sinueuses nécrotiques sur les feuilles déjà adultes au moment de l'infection, puis par une mosaïque chlorotique sur le feuillage ultérieure. Les fruits déjà formés au moment de la contamination montrent des dessins en creux en forme d'anneaux et de lignes sinueuses qui les déprécient et les rendent sensible à la coupe de soleil (**Messiean et Lafon, 1991**). Une lutte attentive sera nécessaire contre les pucerons vecteurs de cette maladie, ceci dès le stade de la production des plantes (**Laumonnier, 1979**).

### 8.1.3.3. La mosaïque du tabac

Les symptômes de ce virus TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) (varient selon les cultivars mais ils comprennent une mosaïque, un blocage de végétation, une chlorose systémique, et parfois une nécrose systémique associée à une chute de feuilles. Les agents causals de la mosaïque sont connus dans le monde entier. Ils se distinguent par les réactions sérologiques sur certains cultivars. Des graines infectées et des débris de culture servent souvent de source d'infection primaire (**Black et al, 1993**).



**Figure 12.** Les symptômes des virus sur plantes du poivron (**Ristori, 1988**).

## 8.2. Les ravageurs du poivron

La culture du poivron est soumise à des attaques régulières des ravageurs (acariens et nématodes) et d'insectes (thrips, aleurodes et pucerons...).

### 8.2.1. Les acariens

Les acariens font partie des Arachnides comme les araignées. Ces arthropodes n'ont jamais d'ailes contrairement aux insectes, leur corps est plus ou moins divisé en 2 parties (le céphalothorax et l'abdomen).

Ils sont caractérisés par la possession de 4 paires de pattes. On distingue trois grands groupes d'acariens ravageurs : les tétranyques, les tarsonèmes et les phytoptes. Ces derniers provoquent un jaunissement et le dessèchement des feuilles. Les principales espèces d'acariens dont *Tetranychus urticae* et *Tetranychus cinnabarinus* montrent de petites lésions mouchetées, jaunes ou blanches (Naika et al, 2005).



**Figure 13.** Acarien sur feuille du poivron (Chabrière et Caudal, 2007)

### 8.2.2. Les nématodes

Les nématodes sont des vers ronds microscopiques qui vivent dans le sol. Ils se nourrissent et se multiplient sur les racines des plantes (Bélaïr, 2003).

Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important. Ils provoquent des galles (des tumeurs cancéreuses) sur les racines des plantes. Les symptômes apparents de l'infestation par les nématodes sont la chlorose, le retard de

croissance, le flétrissement, la sénescence précoce et la chute de rendements (Csizinszky *et al.*, 2005).



**Figure 14.** Symptômes des nématodes sur les racines d'une plante de poivron (Chabrière et Caudal, 2007).

### 8.2.3- Les insectes

#### 8.2.3.1- Les thrips

Les thrips appartiennent à la classe des insectes et à la famille des thysanoptères, ils sont minuscules de 1 à 2,5 mm, au corps allongé de couleur jaune, brun ou noir. Les adultes se reconnaissent à leurs deux paires d'ailes étroites et garnies de longues franges, comme des plumes. Plus petits et plus discrets que les pucerons, ils peuvent comme eux se développer très rapidement et s'attaquer à de nombreuses cultures (Chabrière et Caudal, 2007).

Parmi les principales espèces rencontrées sur poivron nous pouvons citer l'espèce *Frakliniella occidentalis*. Les symptômes se résume par des feuilles de couleur argentée ou nacré, la décoloration commence par les nervures principales puis s'étend à tout le limbe. Il peut causer la cicatrisation et la déformation des fruits ; ainsi que la transmission du virus TSWV (*Tomato Spotted Wilt Virus*) (Naika *et al.*, 2005).



**Figure 15.** Thrips sur feuille de poivron (Chabrière et Caudal, 2007).

### 8.2.3.2- Les pucerons

*Myzus persicae* et *Aphis gossypii*, ces deux espèces sont de bons vecteurs de virus. Les très fortes attaques provoquent un arrêt de croissance avec déformation et recroquevillement des feuilles, la production de miellat permet le développement du champignon de la fumagine (Sekkat, 2007 ; Zalom *et al.*, 2007).

Parmi tous ces ravageurs, le puceron est considéré comme le plus à craindre dans la culture du poivron, ce ravageur fait l'objet de ce présent travail.

## 9. Récolte et conservation

Selon les variétés et le but de la production, la période de récolte peut varier. Les poivrons sont généralement récoltés verts, manuellement, avec leur pédoncule lorsque les fruits n'ont pas encore atteint la maturité complète car étant d'un meilleur rapport (Beniest, 1987) quoique nutritionnellement meilleurs à l'état mûr (jaunes ou rouges selon les variétés). Il est recommandé de prévoir la récolte entre 50 et 55 jours après la floraison pour les fruits verts (Laumonier, 1979) ou 60 à 80 jours repiquage (Beniest, 1987). Dans ce cas, les risques de pourriture, d'attaques d'insectes ou de coups de soleil sont limités.

La récolte peut durer trois (03) mois ou plus tant que les niveaux de maladies sont contrôlables ou alors que la production devient insignifiante.

Les rendements en fruits frais sont de l'ordre de 10 à 20 tonnes à l'hectare mais théoriquement des rendements de 40 tonnes sont possibles alors que les rendements en grains sont de l'ordre de 120 kg/ha.

# *Chapitre II*

## *La salinité*



## 1. Généralité sur la Salinité

### 1.1. Définition de la salinité

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**Baiz, 2000 ; Maatougui, 2001**). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (**Allakhverdiev *et al.*, 2000 ; Bouzid, 2010**).

La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (**Hasegawa *et al.*, 1986 ; Ndeye Thioro, 2000**).

### 1.2. Principaux sels solubles

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 ( $\text{Ca Cl}_2$ ) et chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) ce sont plus soluble et forte toxicité.

La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures (**Aubert, 1982**).

### 1.3. Répartition des sols salés

#### 1.3.1. Dans le monde

La dégradation des terres est la contrainte principale de la limitation des produits alimentaires dans le monde. Le facteur majeur qui contribue à cette dégradation est la salinisation des sols et des eaux dans les zones arides (**Beldjoudi, 1999 ; Hadjadj, 2009**). Une grande protection de la masse des terres dans le monde est saline. En effet, sur une superficie totale de 14 billions d'hectares de terre utilisable, 46,5% est considérée comme aride (**Beldjoudi, 1999 ; Hadjadj, 2009**). Les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares (**Zid and Grignon, 1991 ; Hadjadj, 2009**). Il

a été estimé que 20% des 275 millions d'hectares des terres irriguées (**Flowers et Flowers, 2005**) et 15% (227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectés par la salinité (**Munns, 2002 ; Hadjadj, 2009**). En Afrique du nord et au Moyen-Orient, elle couvre près de 15 millions d'hectares, dont 15% sont dépourvus de toute végétation (**Le Houerou, 1986 ; Hadjadj, 2009**). Dans les pays du Maghreb, du proche et Moyen-Orient, le taux des surfaces irriguées affectées par la salinisation atteint 30 à 40%. Ainsi, en Tunisie, les sols salés couvrent environ 10% de la superficie globale du pays, soit à peu près 25% de la surface totale des sols cultivables (**Ben Ahmed et al., 2008**). Ces sols sont répartis dans l'ensemble du pays, mais c'est surtout dans le centre et le sud que l'aridité du climat cause leur prolifération (**Askri et al., 2007**).

### 1.3.2. 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 ; Hadjadj, 2009**). Leur superficie couvre près de 95% du territoire (**Benkhelif et al., 1999 ; Hadjadj, 2009**).

Les sols salés sont très réponsus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface cartographiée soit 3,2 millions d'hectares (**Hamdy, 1999 ; 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 ; Hadjadj, 2009**).

**Tableau II:** le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U

Wilayas	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité	% de la S.A.U affecté par la salinité
Tamanrasset	2510	1445	57.57
Ouargla	17390	9850	56.64
Ghardaïa	7930	3284	41.41
Bechar	13250	2249	16.97
Illizi	570	60	10.53
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Ain temouchent	18350	15000	8.14
Tébessa	231750	13000	5.61
Adrar	14990	780	5.20
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchla	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Alger	7940	150	1.89
Mostaganem	131730	1977	1.50
Naama	4150	62	1.49
Laghouat	487740	800	1.48
Batna	85860	5100	1.05
Oran	188620	850	0.99
Cheliff	183860	1490	0.79
Guelma	22150	1283	0.70
Mila	72090	100	0.45
Boumersès	306480	192	0.27
Saida	615340	700	0.23

## 1.4. Les différents types de la salinité

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels *in situ*. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (**Maillard, 2001**).

### 1.4.1. Salinisation primaire

On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité des mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...) (**Lahlou et al., 2000**). 80% des terres salinisées ont une origine naturelle.

L'origine de cette salinisation est, soit géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux (**Baba Sidi-Kaci, 2010**).

La source principale de sels dans le sol est les minéraux naturels de la croûte terrestre (**Bryssine, 1961**). Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques. En région arides et semi-arides, ces sols se concentrant sur place, dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires.
- Soit de l'altération des roches volcaniques (**Servant, 1976**). Le matériau géologique, par le biais de l'altération peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, des produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes). En effet, durant le processus d'altération chimique, qui implique hydrolyse, hydratation, solution, oxydation et carbonatation, les sels sont libérés progressivement avant de subir une solubilisation.

Cependant les causes premières de salure sont fréquemment éloignées dans l'espace du territoire prospecté (**Gaucher et Burdin, 1974**). L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines (**Gaucher et Burdin, 1974**).

### 1.4.2. Salinisation secondaire

20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine « anthropique ». On parle alors de salinisation « secondaire », induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation. La salinisation secondaire est généralement à l'origine de la diminution de la productivité de la terre car la forte concentration de sel dans le sol s'oppose à la bonne production, par conséquent, les terres cultivées affectées par NaCl perdent progressivement leurs fertilités. A l'échelle globale, la salinité des sols n'est pas un problème spécifique d'une région ou d'un climat donné ; au contraire, si on observe la répartition des sols salins on constate que l'effet de la contrainte saline affecte toutes les régions du monde (**Hosni, 2008**).

### 1.5. Importance de la salinité

La salinité est un indicateur dynamique de la nature du régime de change. C'est un paramètre écologique important dans son propre droit, La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique (**Baba Sidi, 2010**).

La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSO<sub>4</sub>, de NaCl, de MgSO<sub>4</sub> et de NaCO<sub>3</sub> (**Asloum, 1990**).

### 1.6. Les effets de l'excès de sels sur les sols

La salinisation a pour principales conséquences une augmentation de la pression osmotique, une toxicité pour les végétaux due à l'accumulation de certains ions, dont Na<sup>+</sup>, et une dégradation du sol. Le défrichement (ou défrichage) provoque aussi la salinisation.

Contrairement à la végétation primitive, les cultures laissent le sol nu certaines périodes de l'année. Les pluies survenant à ces moments ne seront pas absorbées et provoqueront le même phénomène de diffusion du sel vers la surface. L'excès de sel dans un sol, modifie ses propriétés physico-chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (**Allaoui, 2006**).

La salinisation du sol limite considérablement la production des cultures et par conséquent a des effets négatifs sur la sécurité alimentaire. Les conséquences se

répercutent à la fois en termes socioéconomiques et environnementaux. La prévention et la mise en valeur des sols salins demandent une gestion intégrée, prenant en considération les aspects socio-économiques, le suivi et l'entretien des périmètres d'irrigation et la réutilisation et/ou la gestion maîtrisée des rejets des eaux de drainage.

La pratique d'une irrigation et d'un drainage efficaces, combinée à de bonnes pratiques culturales, peut prévenir et, dans certains cas, réduire la salinisation. Si des mesures appropriées de restauration des sols très fortement salinisés ne sont pas prises à temps, le retrait de la parcelle irriguée de la production est parfois la solution ultime.

(Stitou et Gallez., 1982 ; Allaoui.,2006).

### 1.7. Les méthodes de reconnaître les sols salins

Il ya plusieurs méthodes pour savoir et connaitre les sols salins on peut citer :

- la germination retardée/réduite
- la croissance rachitique
- les dégâts foliaires
- les croûtes de sel
- les terres engorgées

### 1.8. La salinité et la plante

La salinisation des sols se manifeste comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes (Bouda *et al.*, 2011). Dans les régions arides et semi arides, les plantes doivent être irriguées afin de garantir les cultures et d'augmenter la production~ Dans ces régions, la mauvaise qualité des eaux d'irrigation accompagnée d'un drainage insuffisant entraînent souvent une accumulation de sels dans le sol. La physiologie des plantes poussant dans des sols salés est ainsi altérée, ce qui réduit leur croissance et leur rendement (Besri *et al.*, 2011).

## 2. Notion de stress

### 2.1. La définition

Le terme de « stress » a été inventé par (Hansselye, 1935). Ce dernier a défini le stress comme une « réponse non spécifique de l'organisme a toute sollicitation » d'origine anglaise, le mot « stress » était employé en mécanique et en physique qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort » ce n'est qu'en (Hansselye, 1963)

utilise ce mot en médecine et le définit comme étant « des tension faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours et déclenchées par des événements futur désagréables ou agréable »(Cherief *et al.*, 2018).

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition décroissance ou de développement.

La notion du stress biologique est le changement plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal, et la réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec l'adaptation à la nouvelle situation à la limite de dégradation menant à une issue fatale (Leclerc, 1999).

## 2.2. Les catégories de stress

On peut distinguer deux types du stress dans la nature

### 2.2.1 Le stress biotique

Il est dû à l'interaction de la plante avec d'autres organismes comme les champignons, les insectes, les bactéries, les virus et les animaux. Ces organismes pathogènes infectant les végétaux et particulièrement les cultures maraîchères vont affecter la croissance et le rendement et peuvent être à l'origine de leur mort (Ben hassena, 2009).

### 2.2.2 Le stress abiotique

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité est la principale cause de limitation de la production agricole dans le monde. Il se traduit par des modifications au plan morphologique, physiologique, biochimique et moléculaire qui réduisent la croissance et la productivité. (Serrano *et al.*, 1999).

On peut distinguer plusieurs type de stress abiotique qui peuvent être touche les plante :

### 2.2.2.1 Stresse salin

Il 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**).

### 2.2.2.2 Stress hydrique

Provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**Hopkins, 2003**). Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence (**Baba Sidi, 2010**).

### 2.2.2.3. Stress ionique

Le stress ionique survient lorsque l'accumulation des sels dans les tissus perturbent l'activité métabolique de la plante (**Levigneron et al., 1995**). Ce type de stress est lié à la composition en éléments minéraux du sol et les carences en certains ions (**Monneveux and This, 1997**).

Il apparait aussi que la combinaison ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) entraîne des effets spécifiques que ne peuvent apporter d'autres combinaisons d'anions avec le sodium, de cations majeurs avec le chlore (**Guerrier, 1981**).

### 2.2.2.4. Stress thermique

Provoqué par la température, c'est l'un des facteurs les plus limitant et qui conditionne la production et la croissance des plantes.

Tout effet négatif ou néfaste du stress thermique sur les membranes conduit à la rupture de l'activité cellulaire ou à la mort (**Santoro et al., 1992**).

### 2.2.2.5. Stress nutritionnel

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate.

### 1.3. Définition de stress salin

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**Baiz, 2000 ; Maatougui, 2001**).

C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (**Allakhverdiev *et al.*, 2000 ; Bouzid, 2010**).

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (**Tremblin, 2000**). La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces (**Levigneron *et al.*, 1995**).

Le stress salin est défini par la présence de concentrations variées de NaCl. Les concentrations de NaCl supérieures à 50 mM/l dans les sols sont, en générale, défavorables à la plupart des espèces végétales en particulier celles que l'on regroupe sous le nom de glycophytes. Le NaCl, lui-même est toxique, mais le stress salin s'accompagne souvent d'une baisse importante du potentiel hydrique (**Kinet *et al.*, 1998**).

### 1.4. Les effets des salinisations sur les plantes

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont: l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**).

#### 1.4.1 Les effets sur la morphologie de plante

Selon (**Levigneron *et al.*, 1995**), une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM/l de NaCl dans la solution du sol. Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées.

La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines.

#### 1.4.1.1 Effet de la salinité sur les feuilles

Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir terminées leur croissance et développement, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**Ben- Hayyim *et al.*, 1989 ; Speer et Kaiser, 1991**).

Des concentrations élevées de sel tel que le  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et les bicarbonates provoquent des nécroses sur les feuilles, des décolorations et la réduction de la chlorophylle, (**Saidoune, 2000**).

L'excès de sel devient toxique à un certain degré et accélère la sénescence naturelle de feuilles, en réduisant la capacité photosynthétique causé par la fermeture des stomates qui limite l'entrée du  $\text{CO}_2$  (**Zhu, 2001; Munns, 2002**).

#### 1.4.1.2 Effet de la salinité sur les tiges

La longueur des tiges est réduite par l'excès de sel dans le sol (**Aberkane, 1992**). Pour la *Tournesol*, la réduction de la hauteur de la tige est de 30cm.

Une faible ramification, une diminution de la longueur de diamètre, du poids sec des tiges et aussi un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de nœuds.

#### 1.4.1.3 Effet de la salinité sur les racines

Selon (**Levigneron *et al.*, 1995**), les racines sont les premières à réagir. Selon (**Brun, 1980**), l'excès de sel dans l'environnement racinaire donne naissance à des plantes naines. La masse racinaire est moins affectée par la salinité que les limbes, les tiges et les pétioles.

Les stress salins peuvent limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (**Jabnoune, 2008**).

### 1.4.2 Les effets sur la physiologie des plantes

#### 1.4.2.1 Effet sur la croissance

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**). L'excès de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse souterraine (racines) et la biomasse aérienne (tiges et feuilles) et une

augmentation du ratio partie racinaire/partie aérienne (**Munns et Termaat, 1986**), signalent que le stress salin a pour effet immédiat de limiter la croissance en inhibant la croissance foliaire par des messages hormonaux partant des racines en directions des feuilles. L'hormone impliquée est probablement l'acide abscissique (**Kefu et al., 1991**).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement, D'une manière générale la croissance en longueur, le diamètre des tiges et la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (**Boukachabia, 1993**).

La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante : La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$  qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en  $\text{Na}^+$  s'accompagne d'une réduction de la concentration en  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , N, P et  $\text{Ca}^{2+}$  dans la plante (**Haouala et al., 2007**).

La salinité constitue une contrainte importante dans de nombreuses régions du monde et limite sévèrement la fixation symbiotique de l'azote (**Farissi et al., 2014**).

#### 1.4.2.2 Effets sur la germination

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard, 2001**).

Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**Said et al., 2011**).

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 (**Ismail, 1990**).

##### 1.4.2.2.1 Effet osmotique

La salinité inhibe l'absorption de l'eau, la mobilisation des réserves et leur transport vers l'embryon. Cependant il existe un seuil critique d'hydratation que l'embryon doit atteindre avant le démarrage des processus germinatifs. (**Rejili et al., 2006**).

#### 1.4.2.2 Effet toxique

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**).

#### 1.4.3 Effets de salinité sur la photosynthèse

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante, l'effet de la salinité sur le taux de photosynthèse dépend de la concentration en sel et des espèces végétales. Il est prouvé qu'une salinité à faible concentration en sel peut stimuler la photosynthèse (**Omami, 2005**).

La présence du chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire l'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en l'absence de toute diminution de turgescence.

Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates (**Greenway et Munns, 1980**).

Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (**Levigneron *et al.*, 1995**).

#### 1.4.4 Les effets de salinité sur la biochimie de plante

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines (**Reynolds *et al.*, 2001**).

Plusieurs études révèlent que le chlorure de sodium diminue la synthèse des protéines et augmente leur hydrolyse chez les plantes cultivées telle que le petit pois, la vigne et le haricot (**Tremblin et Coudret, 1986**). Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique au niveau des membranes cellulaires, affectant ainsi leur stabilité (**Alem et Amri, 2005**).

La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (**Tremblin et Coudret, 1986**) par l'imposition d'un stress osmotique (**Hayashi et Murata, 1998**) sur la cellule et par la toxicité du sodium (**Niu et al., 1995**) et du chlorure dans le cytoplasme.

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (**Asloum, 1990**).

L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (**Munn et Termatt, 1986**) ; aussi on a rapporté qu'il y a arrêt de la photosynthèse sous des conditions sévères de stress salin (**Kao et al., 2001**). Par contre, le stress faible à modéré semble plutôt stimuler ce phénomène (**Kurban et al., 1999**).

#### **1.4.5. Les effets de salinité sur la nutrition minérale**

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. Il y aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmique (**Haouala et al., 2007**).

L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ .

#### **1.4.6. Effet de stress salin sur la teneur en eau**

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé l'Epictète, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante (**Heller et Perleth, 2004**).

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (**Romeroaranda et al., 2001 d'après Parida et Das, 2005**).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez

l'halophyte alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Lu et al., 2002 d'après Parida et Das, 2005**).

#### 1.4.7. Effet de stress salin sur l'anatomie des feuilles

L'excès de sel devient toxique à un certain degré et accélère la sénescence naturelle des feuilles, en réduisant la capacité photosynthétique causée par la fermeture des stomates qui limite l'entrée du CO<sub>2</sub> (**Zhu, 2001; Munns, 2002**).

La salinité affecte l'ultra structure des chloroplastes (**Ackerson, 1981; Salama, 1994**) l'épaisseur épidermique et mésophyllienne et les espaces intercellulaires ont diminué sensiblement dans les feuilles de *Brugueira parviflora* traitées par NaCl (**Parida et al., 2004**).

La salinité réduit les espaces intercellulaires chez les feuilles des épinards (**Delfine et al., 1998**) tandis que chez les plantes de tomate, une réduction de la densité stomatique s'est produite (**Romeroaranda et al., 2001**).

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex (**Longstreth et Nobel, 1979 ; Parida et Das, 2005**). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (**Delphine et al., 1998 ; Parida et Das, 2005**).

#### 1.4.8. Effet de la salinité sur le métabolisme de l'azote

L'activité de la nitrate réductase (NRA) diminue dans les feuilles de beaucoup de plantes pendant le stress salin (**Flores et al., 2000**). La première cause de la réduction de la NRA dans les feuilles est un effet spécifique associé à la présence du sel Cl dans le milieu externe. Cet effet de Cl<sup>-</sup> semble être dû à la réduction de l'absorption du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et par conséquent une concentration réduite du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans les feuilles, bien que l'effet direct du Cl<sup>-</sup> sur l'activité de l'enzyme qui ne peut être écarté (**Flores et al., 2000**).

Chez le maïs (*Zea mays*) le taux des nitrates diminue dans les feuilles, mais augmente dans les racines sous le stress salin et la NRA des feuilles diminue aussi dans la salinité (**Abdelbaki et al., 2000 ; Parida et Das, 2005**).

L'exposition des racines nodulées à NaCl des légumineuses comme le soja et l'haricot cause une réduction rapide de la croissance végétale. (**Serraz et al., 1998 ; Parida et Das, 2005**). L'activité de la nitrogénase diminue chez l'haricot par une exposition à courte durée à la salinité.

### 1.5. Mécanismes de résistance des plantes à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et se reproduire dans des conditions de stress salin. Selon la tolérance au sel, les plantes peuvent être groupées en 2 catégories principales :

- Les halophytes qui tolèrent des concentrations relativement élevées en sel, sont des plantes capables de se développer et de croître sous un régime salin de 300 mM de NaCl et peuvent même supporter de hautes concentrations en sel (à peu près 500 mM de NaCl) (**Tester et Davenport, 2003**).

- Les glycophytes sont des plantes sensibles aux basses concentrations en sel. Ces plantes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (**Gereenway et Munns, 1980**).

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na<sup>+</sup> s'accumule dans les racines, puis est exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluer ». À l'inverse, les plantes tolérantes au NaCl, sont dites « inclure » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na<sup>+</sup> que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (**Haouala et al., 2007**).

#### 1.5.1. Exclusion

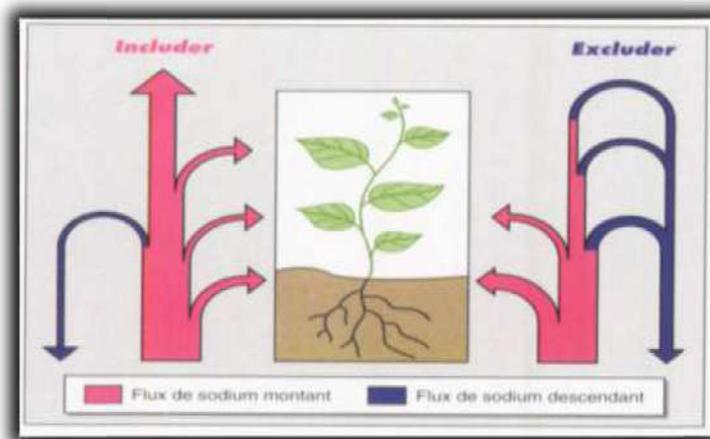
La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de ré-excréter les ions Na<sup>+</sup> (**Genoux et al., 1991**). Dans ce cadre, la sortie de Na<sup>+</sup> des vaisseaux du xylème est en échange d'une entrée de K<sup>+</sup> venant des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (**Luttge et al., 2002**).

Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige (**Luttge et al., 2002**).

Les plantes exclues sont généralement sensibles à la salinité et sont incapables de contrôler le niveau de Na<sup>+</sup> cytoplasmique. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration puis en partie ré-circule par le phloème pour être ramené vers les racines. Ces espèces sensibles contiennent donc Na<sup>+</sup> dans les feuilles et un excès dans les racines (**Jabnoue, 2008**).

### 1.5.2 Inclusion

La plante retient 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 (Berthomieu *et al.*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Alem *et Amri*, 2005). L'excrétion dans les glandes à sel est très spécifique ; d'abord  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{HCO}_3^-$  sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  sont maintenus contre leur gradient (Hopkins, 2003).



**Figure 16.** Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes de type inkluder ou excluder (Levigneron *et al.*, 1995).

### 1.5.3 La ré-excrétion

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

## 1.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin

Face à ce fléau, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, sont nommées glycophytes, elles ne sont pas capables de supporter la présence des taux de sel élevés.

Les halophytes, au contraire développent des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau et minéraux tout en préservant leur métabolisme.

Les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  et sodium  $\text{Na}^+$  pénètrent via les racines, transportés par la sève xylème que jusqu'aux tiges et feuilles. Là ils sont soit :

- Stockés (plantes de type Include), les feuilles sont riches en  $\text{Na}^+$  que les tiges et les racines et le mécanisme de tolérance au sel est dû à la compartimentation des ions toxiques en particulier l'ion sodium dans la vacuole.
- Soient au contraire ils sont très peu retenus dans leurs feuilles (plantes de type Exclude) et cette accumulation décroît selon la séquence racines-tiges-feuilles et ces ions sont alors revéhiculés par la sève phloème que jusqu'aux racines (**Levigneron *et al.*, 1995**). Une plante cultivée sur sol riche en sel doit faire face à sa pénétration dans ses tissus celui là est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires.

La résistance globale d'une plante aux contraintes abiotiques apparaît comme le résultat de nombreuses modifications physiologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (**Hsissou, 1994**).

### 1.6.1. Adaptation morphologique

La salinité est connue pour affecter de nombreux aspects des plantes et d'induire de nombreux changements dans leur morphologie.

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, 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**).

### 1.6.2. Mécanismes anatomiques d'adaptation

Ces mécanismes sont surtout adoptés par les plantes halophytes (tolérantes), qui peuvent survivre sur des sols de haute salinité. Se sont surtout de type include. Des adaptations à long terme s'opèrent avec des modifications morphologiques au niveau

des racines, tiges et feuilles. Pour cette fin, les halophytes facultatives comme *Mesembryanthemum crystallinum* L. changent leur mode de photosynthèse de C3 en CAM (**Cushman et al., 1989**). Ce changement permet aux plantes de réduire la perte de l'eau par l'ouverture des stomates la nuit, donc réduire la perte de l'eau par la transpiration sous des conditions de salinité prolongée. Il y a aussi changement du mode C3 au mode C4 en réponse à la salinité chez les espèces tolérantes à la salinité comme *Atriplex lentiformis* (**Zhu et Meinzer, 1999**).

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**).

### 6.3. Mécanisme biochimique d'adaptation

#### 1.6.3. Accumulation de la proline

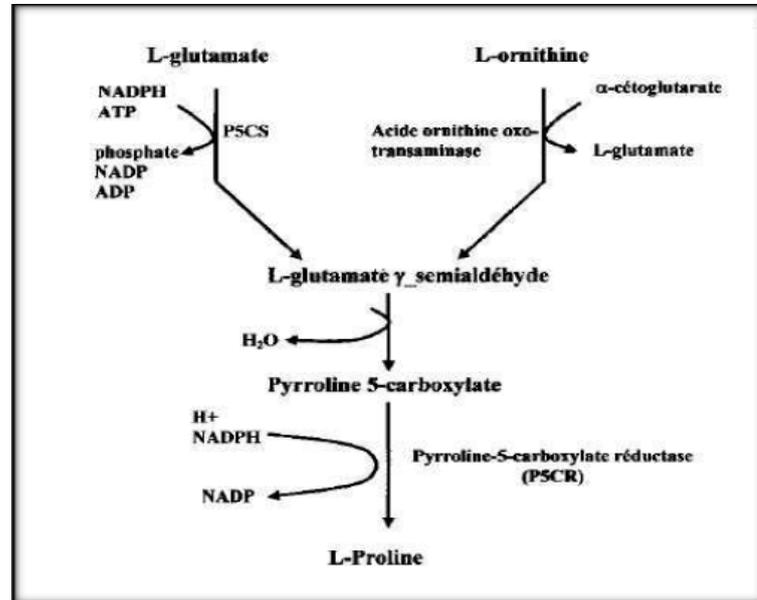
Sous des conditions de concentration en sel élevés, les plantes supérieures maintiennent leur contenu de l'eau par l'accumulation des solutés organiques compatibles dans leur cytoplasme. La proline est l'un de ces solutés utilisée par la plante comme osmoprotecteur. Dans plusieurs types de plante, l'accumulation de la proline a été observée comme une réponse au stress salin (**Mcue et Hanson, 1990**).

Les études biochimiques ont montré que l'accumulation de plus d'azote qui contient des composés tels que les acides aminés et les protéines sont considérées comme une réponse commune pour les plantes comme le blé (**Elshintinawy et Hassanein, 2001**) au stress salin.

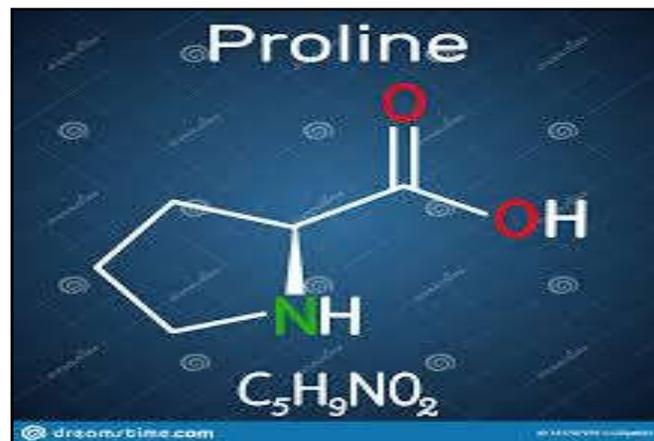
Proline est une molécule organique dominante qui agit comme un médiateur de l'ajustement osmotique sous le stress de la salinité, un stabilisateur de structures subcellulaires, un puits d'énergie, et même une contrainte connexe de signal. Elle participe aussi dans l'osmorégulation de la cellule et de la protection des protéines au cours de la déshydratation, et il peut agir comme un régulateur enzymatique en conditions de stress (**Sebane, 2014**).

La proline est synthétisée à partir de l'acide glutamique, une réaction qui se déroule entre  $\gamma$ -carboxyle du glutamate et la molécule d'ATP pour former l'acyle

phosphate et donne  $\gamma$ -glutamyl phosphorique, acide qui se cyclera en dégageant une molécule d' $H_2O$  et forme de D- pyrroline carboxylique qui se cyclera à son tour avec une molécule NADPH et donne la proline (Stryer, 1992 ; Taylor, 1996).



**Figure 17.** Les deux voies métaboliques de la proline chez les plantes supérieures ( Hu *et al.*, 1992).



**Figure18.** Formule chimique de proline

#### 1.6.4. Sucres solubles

Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents aussi à la surface des plantes (Arnault *et al.*, 2011). Ils sont stimulés par un stress salin



*Deuxième partie*

*Etude expérimentale*

# *Chapitre I*

## *Matériel et méthodes*

## 1. Objectif

L'objectif de notre travail c'est l'étude de l'effet de la salinité sur le comportement biochimique et anatomique de deux variétés de poivron doux (*Marconi* et *Super marconi*).

## 2. Le matériel

### ❖ Espèce végétale

Le matériel végétal retenu dans cette étude, concerne deux variétés de poivron doux *Marconi* et *Super Marconi* semis dans la serre de centre universitaire de Mila durant l'année 2018-2019.

## 3. Sol de culture

Nous avons utilisé: Sol de terre.

## 4. Solutions salines

Nous avons traité deux variétés avec des différentes concentrations de NaCl :

- ✓ S0 correspondant à une concentration en NaCl de 0 mMol/l (témoin).
- ✓ S1 correspondant à une concentration en NaCl de 25mMol/l.
- ✓ S2 correspondant à une concentration en NaCl de 50mMol/l.
- ✓ S3 correspondant à une concentration en NaCl de 150mMol/l.

## 5. Protocole expérimental

### 5.1. Germination des graines

Les graines des deux variétés de poivron sont stérilisées par trempages successifs dans:

- l'eau de javel (1%) pendant 2 minutes
- deux rinçages à l'eau distillée stérile pendant 2 ou 3 minutes.

## 5.2. Repiquage des grains germés

Après la germination en boîte de Pétri et l'apparition de la radicule (5-10 jours) les plantules de deux variétés de poivron sont repiquées soigneusement et mises en pots à raison de 4 à 5 graines par pot à une profondeur convenable (0.5 à 1cm) avec un léger tassement immédiatement arrosées avec de l'eau pour permet un bon contact sol-graines, puis déposées dans une serre située au centre universitaire de Mila a une température 25C°.Après l'apparition des premières feuilles, 3 plantes par pot sont conservées.

En commencement traitement par les solutions saliné avec un arrosage régulier par différentes concentrations salin pendant un mois :

- ✓ 1ér jour arrosage par les solutions salines.
- ✓ 2éme jour arrosage par l'eau.
- ✓ 3éme jour sans arrosage.

## 6. Dispositif expérimentale

Les deux variétés concernées par l'étude (tableau III), sont semée dans un dispositif à randomisation total avec trois répétitions. Elles ont été installé selon 4 niveaux de salinité contrastes (S0, S1, S2, S3).Différentes mesures ont été pratiquées durant le cycle de développement des plantes en place. L'ensemble des mesures ont porté sur 3 répétitions (R1, R2, R3) pour chaque niveau de salinité.

**Tableau III:** Le dispositif expérimental des deux variétés *Super Marconi* et *Marconi*

	Sup M			M		
Répétition Concentration	R1	R2	R3	R1	R2	R3
S0	1SupM S0	2SupM S0	3SupM S0	1M S0	2M S0	3M S0
S1	1SupM S1	2SupM S1	3SupM S1	1M S1	2M S1	3M S1
S2	1SupM S2	2SupM S2	3SupM S2	1M S2	2M S2	3M S2
S3	1SupM S3	2SupM S3	3SupM S3	1M S3	2M S3	3M S3

## 7. Les paramètres morphologiques étudiés

Les plantes sont traitées pendant deux mois, à la fin on procède à la mesure des paramètres morphologiques.

### 7.1. Nombre des feuilles

Pour déterminer l'effet de la salinité sur la partie aérienne, durant le stade de la croissance chez les deux variétés (Sup M et M), Nous avons compté le nombre des feuilles pour chaque répétition.

### 7.2. Mesure de la longueur de la tige et la longueur de la racine (LT, LR)

Vers la fin du traitement on enlève les plantes du pot, on procède à la mesure de longueur de chaque partie : la partie aérienne (LT) et la partie racinaire(LR), à l'aide d'une règle graduée pour les 4 traitements, durant la phase de croissance des plantules chez le poivron doux (*Capsicum annuum*L.).

## 8. Les paramètres biochimiques

Le comportement physiologique chez la variété étudiée vis-à-vis du stress salin est déterminé par l'évaluation des paramètres biochimiques utilisés dans plusieurs travaux concernant la réponse des plantes aux différents stress salin.

### 8.1. Dosage des sucres solubles

L'extraction et le dosage des sucres solubles, dans les feuilles des plantes, sont faits Selon la méthode de (Dubois et al ,1956), on calcule le dosage selon la formule suivante :

$$DO = 3 x + 4.$$

DO : La lecture dans le spectrophotomètre ( $\lambda=490\text{nm}$ )

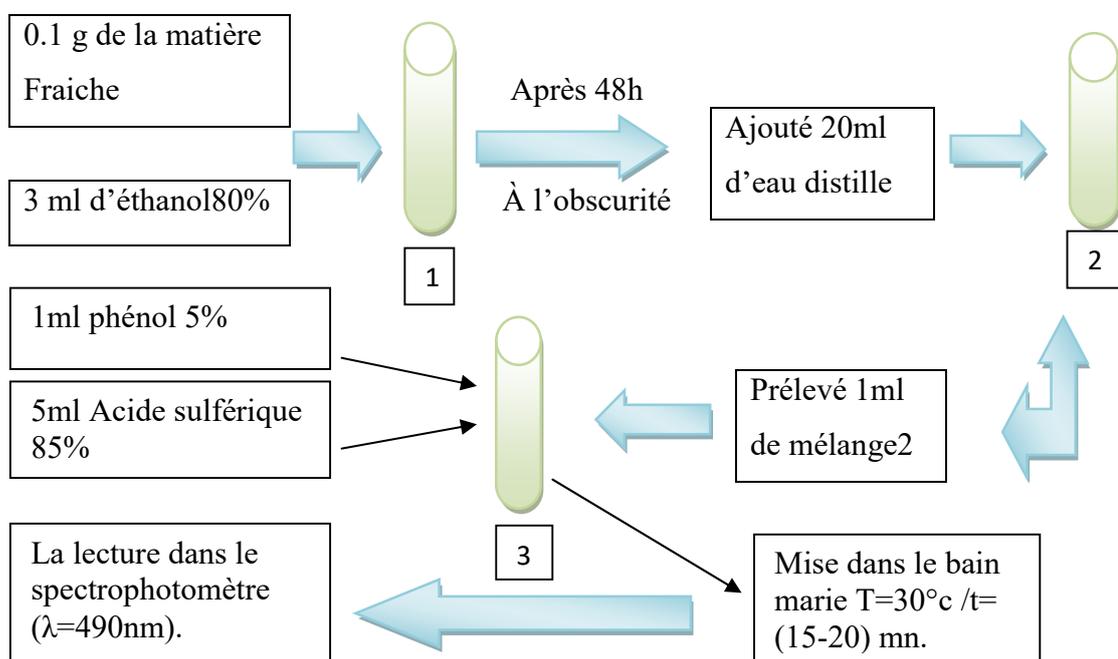


Figure 20. L'extraction et dosage du sucre soluble.

### 8.2. Dosage de chlorophylle (a,b,T) et caroténoïdes

La chlorophylle et les caroténoïdes sont déterminés selon la procédure décrite par (Ferus et Arkosiova, 2001). Les valeurs de la chlorophylle sont déduites selon les formules attribuées à (Amon, 1949) par (Ferus et Arkosiova, 2001) :

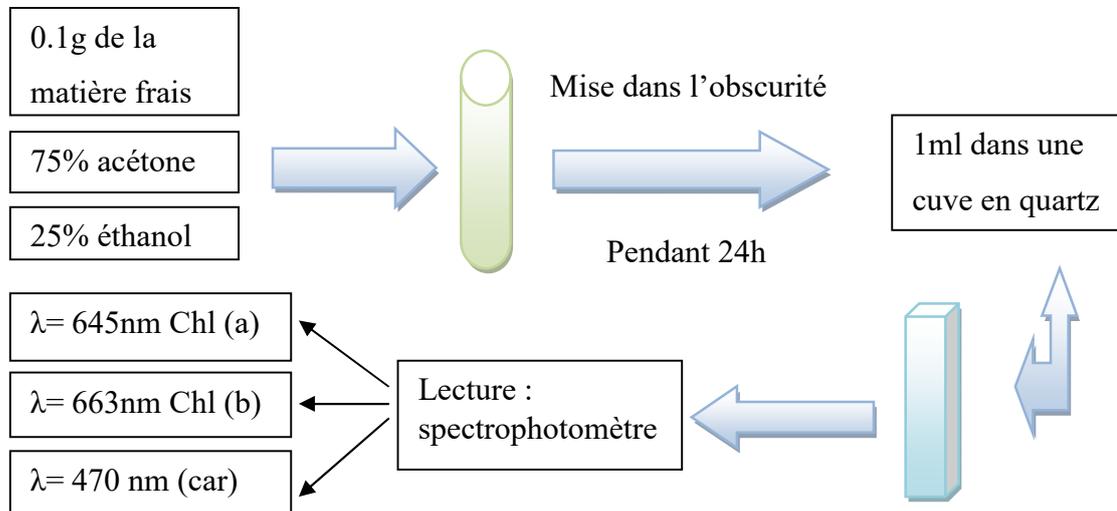
$$\text{Chl a (mg/l)} = 12.7 \times \text{Do (663)} - 2.69 \times \text{Do (645)}$$

$$\text{Chl b (mg/l)} = 22.9 \times \text{Do (645)} - 4.68 \times \text{Do (663)}$$

$$\text{Chl totale (mg/l)} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

$$\text{Car (x + c)} = 1000 \times \text{Do (470)} - 1.90 \text{ Chl a} - 63.14 \text{ Ch b} / 214$$

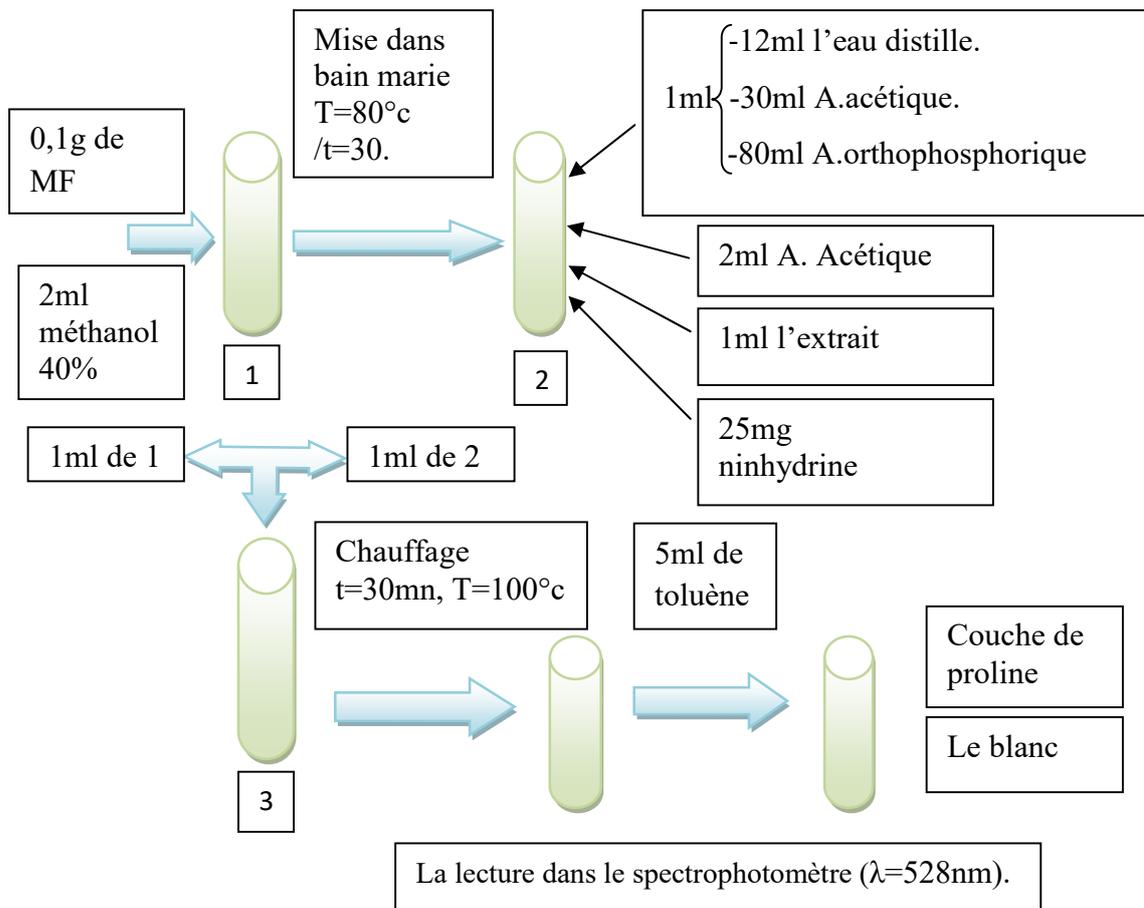
**DO** : Lecture : Spectrophotomètre :  $\lambda = 645\text{nm}$ ,  $\lambda = 663\text{nm}$  et  $\lambda = 470\text{ nm}$



**Figure 21.** L'extraction et dosage du chlorophylle et caroténoïdes.

### 8.3. Dosage de la proline

Le dosage de proline est réalisé par la méthode de (Troll et Luidsley, 1955), on calcule le dosage.

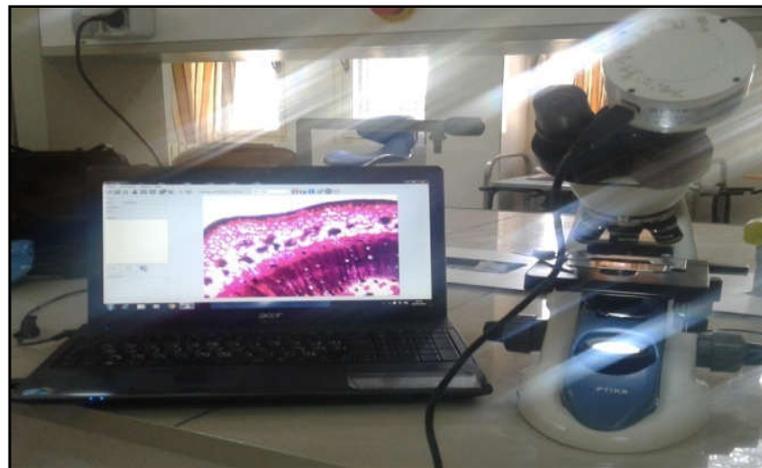


**Figure 22.** L'extraction et dosage du proline.

## 9. Etude anatomique

Une approche de la structure anatomique de l'espèce étudiée s'avère intéressante. D'après (Saadoun, 2005), poivron doux (*Capsicum annuum* L.) son adaptation anatomique est corrélée à une adaptation physiologique. L'étude anatomique consiste à réaliser des coupes transversales de tiges au moyen d'une lame de rasoir puis les colorer. Cette méthode repose sur l'utilisation de certains colorants: vert de méthyle, rouge Congo ou le carmino-vert de Mirande, ou bien vert de méthyle et carmin aluné. Elle permet de colorer spécifiquement les parois cellulaires en fonction de leur composition chimique. Le principe de coloration des coupes levées repose sur les étapes suivantes:

- ✓ Réalisation de coupes à la main: à l'aide d'un simple rasoir, l'organe est débité en tranches de quelques micromètres d'épaisseur, pour que les rayons lumineux puissent le traverser.
- ✓ Les coupes sont plongées avant toute coloration, dans un bain d'hypochlorite de sodium à 12% pendant un quart d'heure pour éviter le contenu des cellules.
- ✓ Rinçage à l'eau distillée.
- ✓ Immersion dans l'acide acétique à 2% pendant cinq minutes afin de fixer éventuellement les colorants sur les cellules et enlever toute trace d'hypochlorite de sodium.
- ✓ Rinçage sommaire à l'eau distillée.
- ✓ Immersion dans le double colorant (vert de méthyle / rouge Congo) pendant 10 à 15 minutes.
- ✓ Rinçage à l'eau distillée, puis montage des coupes les plus fines entre lame et lamelle.
- ✓ Observation au microscope muni d'un appareil photo numérique (Motic).



**Figure 23.** Microscope motic

## 10. Analyse statistique

L'étude statistique est réalisée à l'aide du logiciel XL STAT 2017 par l'analyse de la variance (ANOVA) entre les différents paramètres étudiés, chaque donnée constitue la moyenne d'au moins trois mesures. Pour des moyennes, le test de Newman-Keuls au seuil de 5% a été utilisé.

*Chapitre II*  
*Résultat et discussion*

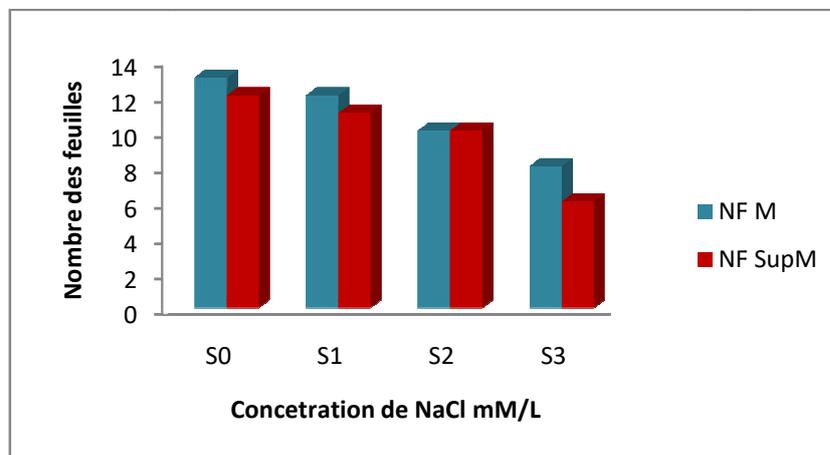
## 1. Résultats

La salinité a influencé de manière significative la morphologie, le développement et la croissance de poivron doux (*Capsicum annuum* L.). Dans cette étude, nous avons mesuré l'effet de NaCl aux concentrations suivantes (0 mM /l, 25 mM /l, 50 mM /l, 150 mM /l), sur quelques paramètres de deux variétés (*Marconi* et *Sup marconi*).

Sachant que, nous avons étudié l'effet sur les paramètres morphologiques et biochimiques

### 1.1. Les effets de salinité sur les paramètres morphologiques

#### 1.1.1. Nombre des feuilles



**Figure 24.** Effet de la salinité sur le nombre des feuilles dans la phase végétative.

Dans cette étude, nous avons constaté que plus la concentration de salinité était élevée, moins le nombre de feuilles (NF) chez les deux variétés de poivron doux, On observe donc (relation inverse), Où nous avons observé la grande valeur à S0 (NF=13 de M et NF=12 de Sup M); et le moins valeur observé dans la concentration S3 (NF=8 de M et NF= 6 de Sup).

Nous avons également noté une différence entre les deux variétés en termes d'effet de différentes concentrations de NaCl (S1, S3), Cependant, nous avons observé le même effet des deux variétés en concentration de NaCl (S2). Donc la variété de M c'est la plus résistance que la variété de Sup M(S3).

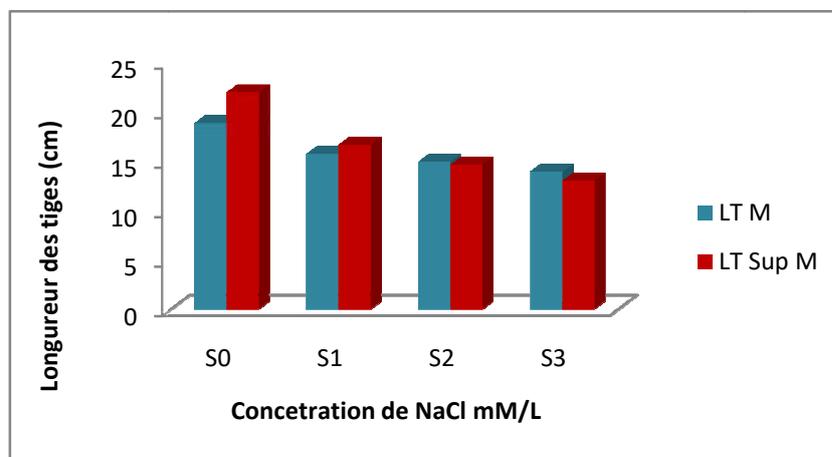
L'analyse de la variance (tableau IV), a montré une différence hautement non significative entre le nombre des feuilles chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau IV:** Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur le nombre des feuilles chez les deux variétés de poivron doux.

**Analyse Type III Sum of Squares (Variable NF) :**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	2,000	2,000	0,012	0,931
Salinité	3	34,500	11,500	0,068	0,969
variété*salinité	3	23,413	7,804	0,046	0,981

**1.1.2. Longueur des tiges**



**Figure 24.** Effet de la salinité sur la longueur des tiges dans la phase végétative.

Nous l'avons remarqué, la diminution de la longueur des tiges (LT) dans les deux variétés est due à la salinité élevée, Où nous avons noté la grande valeur en S0 (LT=18.36 cm de M et LT=21.9 cm de Sup M), et le moins de valeur dans la concentration en S3 (LT=13.9 de M et LT=13cm de Sup M).

Le comportement des deux variétés est différent dans toutes les concentrations de NaCl, et la variété de (M) plus résistante que la variété (Sup M).

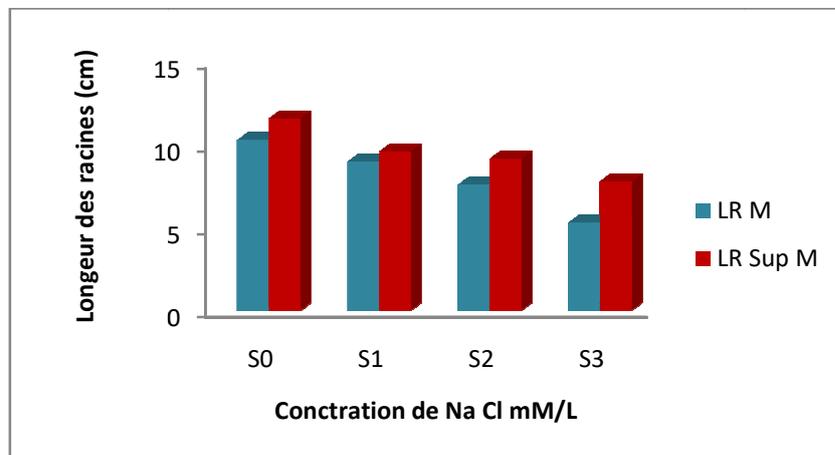
L'analyse de la variance (tableau V), a montré une différence non significative entre la longueur des tiges chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau V:** Analyse de la variance de la longueur de tige chez les deux variétés de poivron doux.

**Analyse Type III Sum of Squares (Variable LT) :**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	0,980	0,980	0,003	0,967
Salinité	3	53,775	17,925	0,051	0,979
variété*salinité	3	169,489	56,496	0,160	0,912

### 1.1.3. Longueur des racines



**Figure 25.** Effet de la salinité sur la longueur des racines dans la phase végétative.

En ce qui concerne les racines, nous avons également apporté des changements non significatifs dans la morphologie, à savoir réduire la longueur des racines à mesure que la concentration en salinité augmente.

Nous avons observé le comportement des deux variétés (M et Sup) est différent dans tout les concentrations salins, mais la variété (Sup) est plus résistance que la variété (M).

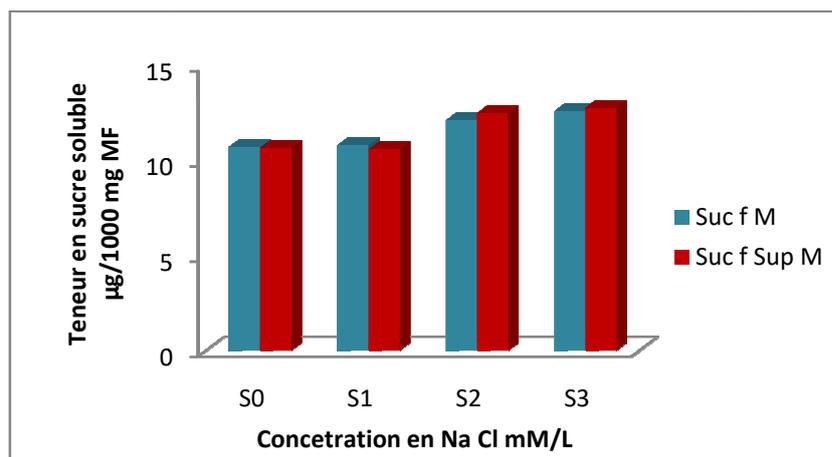
L'analyse de la variance (tableau VI), a montré une différence non significative entre la longueur des racines chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau VI:** Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la longueur des racines chez les deux variétés de poivron doux.

Analyse Type III Sum of Squares (Variable LR)					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	4,351	4,351	0,041	0,873
Salinité	3	20,274	6,758	0,064	0,971
variété*salinité	3	23,260	7,753	0,073	0,966

## 1.2. Les effets de salinité sure les paramètres biochimiques

### 1.2.1. La teneur en sucres solubles



**Figure 26.** Effet de la salinité sur la teneur en sucre soluble chez les deux variétés de poivron doux.

D'après la figure 26, il s'est avéré que le stress salin provoque une variation de la teneur en sucres solubles pour les deux variétés au niveau des feuilles, une augmentation significative de la teneur en sucres solubles a été enregistrée chez les deux variétés, cette accumulation passe (10.69 $\mu$ g/mg de M et 10.64 $\mu$ g/mg de Sup) chez les plantes témoin(S0) et le taux le plus élevé(12.56 $\mu$ g/mg de M et 12.74 $\mu$ g/mg de Sup) chez les plantes traitées par 150mMol/l. de NaCl. (S3).

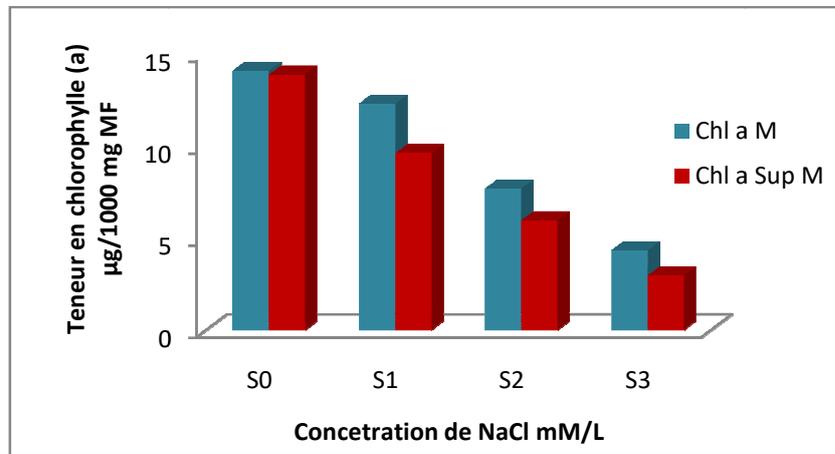
L'analyse de la variance (tableauVII), a montré une différence hautement non significative entre la teneur en sucres solubles chez les deux variétés dans les 3 concentrations salins.

**Tableau VII:** Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles chez les deux variétés de poivron doux.

<b>Analyse Type III Sum of Squares (Variable Suc)</b>					
<b>Source</b>	<b>DDL</b>	<b>Somme des carrés</b>	<b>Moyenne des carrés</b>	<b>F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Variété</b>	1	0,010	0,010	0,000	0,994
<b>Salinité</b>	3	6,556	2,185	0,019	0,995
<b>variété*salinité</b>	3	16,192	5,397	0,047	0,981

## 1.2.2. Effet de salinité sur la teneur en chlorophylles et Caroténoïdes

### 1.2.2.1 Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle(a)



**Figure 27.** Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle (a) chez les deux variétés de poivron doux.

La teneur en chlorophylle (a), est significativement réduite par l'effet de la salinité dans les deux variétés de poivron doux, dans chaque augmentation de la concentration de NaCl cause une diminution de la teneur de chlorophylle (a) (relation inverse), (figure 27). Ainsi, chez les témoins, la teneur en chlorophylle sont restée plus importante, comparativement au teneur en chlorophylle dosée chez la plante traitée par le sel, où était la grande valeur en (S0) (14.1µg/g de M et 13.88µg/g de Sup), et le moins valeur observé dans la concentration (S3) (4.33µg/g de M et 2.97µg/g de Sup).

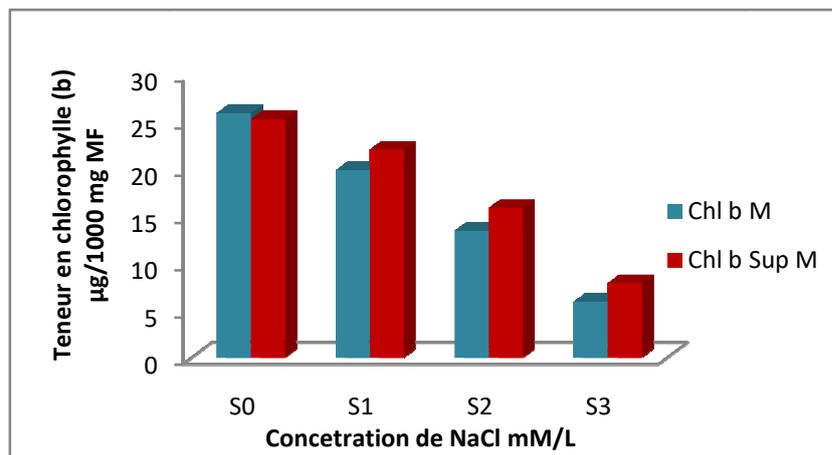
Nous avons observé également (Figure 27). Le comportement des deux variétés est différent dans tout les concentrations de NaCl, mais la variété (M) c'est la plus résistance que la variété (Sup).

L'analyse de la variance (tableau VIII), a montré une différence non significative entre la teneur en chlorophylle(a) chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau VIII:** Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle(a) chez les deux variétés de poivron doux.

Analyse Type III Sum of Squares (Variable Chl a)					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	4,470	4,470	0,023	0,905
Salinité	3	123,875	41,292	0,210	0,883
variété*salinité	3	9,726	3,242	0,017	0,996

### 1.2.2.2. Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle(b)



**Figure 28.** Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle (b) chez les deux variétés de poivron doux.

Pour la chlorophylle (b), Les résultats(Figure28) montrent que, le stress salin réduit fortement la teneur de chlorophylle (b) chez les deux variétés de poivron doux (relation inverse), où la plus grande valeur en S0 (25.87µg/g de M et 25.25µg/g de Sup); et le moins valeur observé dans la concentration S3 (5.90µg/g de M et 7.86µg/g de Sup).

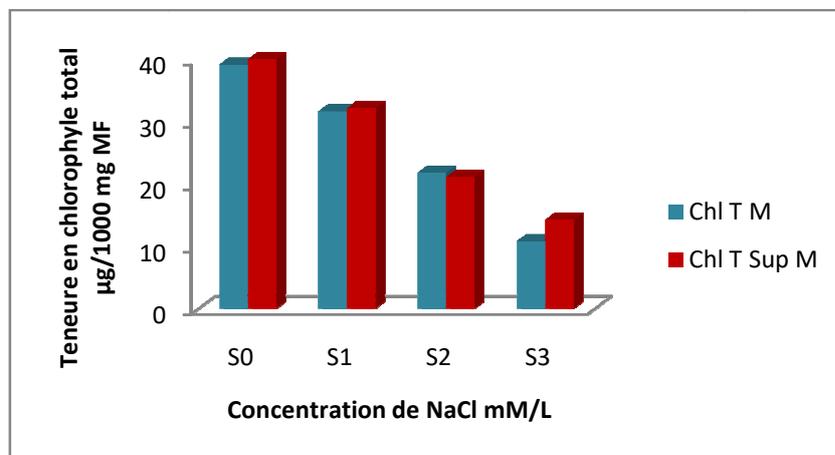
En général, l'effet du sel s'est traduit chez les deux variétés de poivron doux par une chute marquée des teneurs en chlorophylles b, cependant, cette chute a été plus prononcée chez la variété de (M), que la variété de (Sup) dans tout les concentrations de NaCl, donc la variété de (Sup) c'est la plus résistance que la variété de (M).

L'analyse de la variance (tableau IX), a montré une différence non significative entre la teneur en chlorophylle (b) chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau IX** : Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la teneur en chlorophylle(b) chez les deux variétés de poivron doux.

Analyse Type III Sum of Squares (Variable Chl b)					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	4,381	4,381	0,007	0,949
Salinité	3	393,437	131,146	0,196	0,891
variété*salinité	3	20,216	6,739	0,010	0,998

### 1.2.2.3. La teneur en chlorophylle totale(T)



**Figure 29.** Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle total chez les deux variétés de poivron doux.

Les résultats montrent que, l'augmentation de la concentration de NaCl cause la diminution de la teneur en chlorophylle total (T) chez les deux variétés de poivron doux (relation inverse).

Cependant, le stress appliqué s'est traduit par un décroissement de la teneur en chlorophylle totale (T), alors que pour la teneur la plus élevée S0 (39.97µg/g de M et

39.13 $\mu\text{g/g}$  de Sup); et le moins valeur observé dans la concentration S3 (14.23 $\mu\text{g/g}$  de M et 10.83 $\mu\text{g/g}$  de Sup).

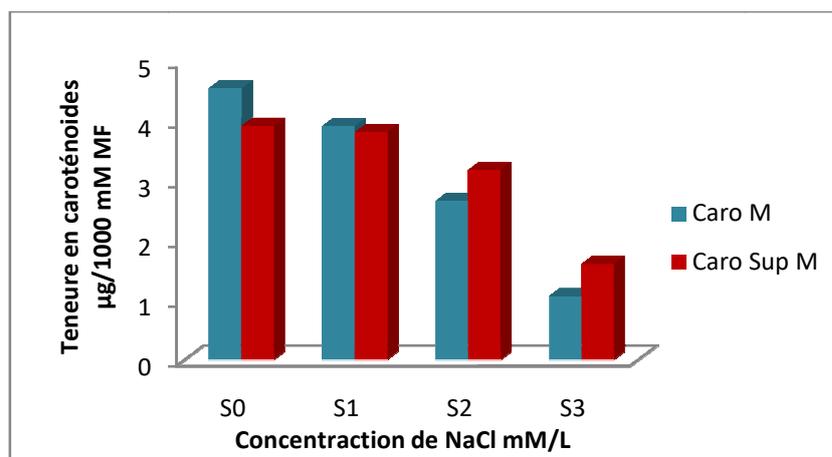
La comparaison des moyennes dans la (figures 29) montre des différences de la teneur en chlorophylle total entre les deux variétés, Les résultats montrent que l'espèce la plus riche en chlorophylle est la variété (Sup) et la plus faible est la variété (M).

L'analyse de la variance (tableau X), a montré une différence non significative entre la teneur en chlorophylle total chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau X** : Analyses de la variance relative à l'effet du NaCl sur la teneur en chlorophylle total(T) chez les deux variétés de poivron doux.

Analyse Type III Sum of Squares (Variable Chl T)					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	315,256	315,256	0,036	0,880
Salinité	3	3338,651	1112,884	0,128	0,932
variété*salinité	3	3171,645	1057,215	0,122	0,936

### 1.2.3. La teneur en Caroténoïdes



**Figure 30.** Effet de la salinité sur la teneur en Caroténoïdes chez les deux variétés de poivron doux.

La salinité affecte sur la teneur en Caroténoïdes d'une façon clair dans les deux variétés de poivron doux (Figure 30), l'augmentation de la concentration NaCl cause la diminution de la teneur en caroténoïdes (relation inverse), où le moins valeur observé de deux variété dans la concentration S3 (Car =1.06µg/g de M et Car=1.60µg/g de Sup M) et la plus grande valeur en S0 (Car=4.55µg/g de M et Car=3.920µg/g de Sup M).

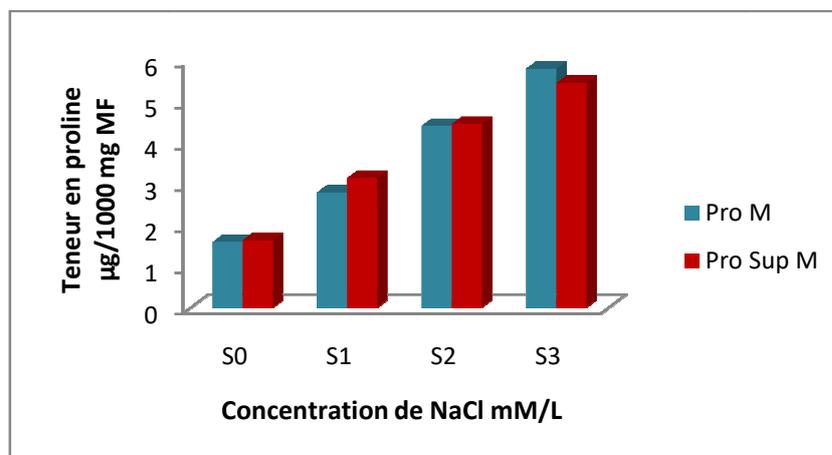
Nous avons observé le comportement des deux variétés (Sup et M) est différent dans tout les concentrations salins, mais la variété (Sup) c'est la plus résistance que la variété (M).

L'analyse de la variance (tableau V), a montré une différence non significative entre la teneur en Caroténoïdes chez les deux variétés *Marconi* et *Super marconi* dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau XI:** Analyse de la variance de la teneur Caroténoïdes chez les deux variétés de poivron doux.

Analyse Type III Sum of Squares (Variable Car) :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variété	1	0,014	0,014	0,001	0,984
Salinité	3	10,061	3,354	0,162	0,911
variété*salinité	3	3,873	1,291	0,062	0,972

#### 1.2.4. La teneur en proline



**Figure 31.** Effet de la salinité sur la teneur en proline chez les deux variétés de poivron doux

Les résultats de cette expérimentation montrent que les teneurs en proline non significative dans les deux variétés de poivron doux avec l'importance du sel dans le milieu de culture NaCl, où le taux le plus élevé en S3 (5.796 $\mu$ g/100mg MF de M et 5.453 $\mu$ g/100mg MF de Sup), et le moins valeur observé dans la concentration S0 (1.593 $\mu$ g/100mg MF de M et 1.638 $\mu$ g/100mg MF de Sup).

L'effet de la salinité sur la teneur en proline s'est traduit par une accumulation de proline non significative dans les deux variétés de poivron doux mais, la variété de (M) c'est le plus résistance que la variété de (Sup).

L'analyse de la variance (tableau XII), a montré une différence non significative entre la teneur en proline chez les deux variétés. Dans les 3 concentrations de NaCl.

**Tableau XII :** Analyse de la variance de la teneur en proline chez les deux variétés de poivron doux.

<b>Analyse Type III Sum of Squares (Variable Pro)</b>					
<b>Source</b>	<b>DDL</b>	<b>Somme des carrés</b>	<b>Moyenne des carrés</b>	<b>F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Variété</b>	1	0,004	0,004	0,001	0,976
<b>Salinité</b>	3	19,356	6,452	2,552	0,424
<b>variété*salinité</b>	3	0,913	0,304	0,120	0,937

### **1.2. Corrélation entre les paramètres morphologiques des deux variétés testés dans les conditions salines**

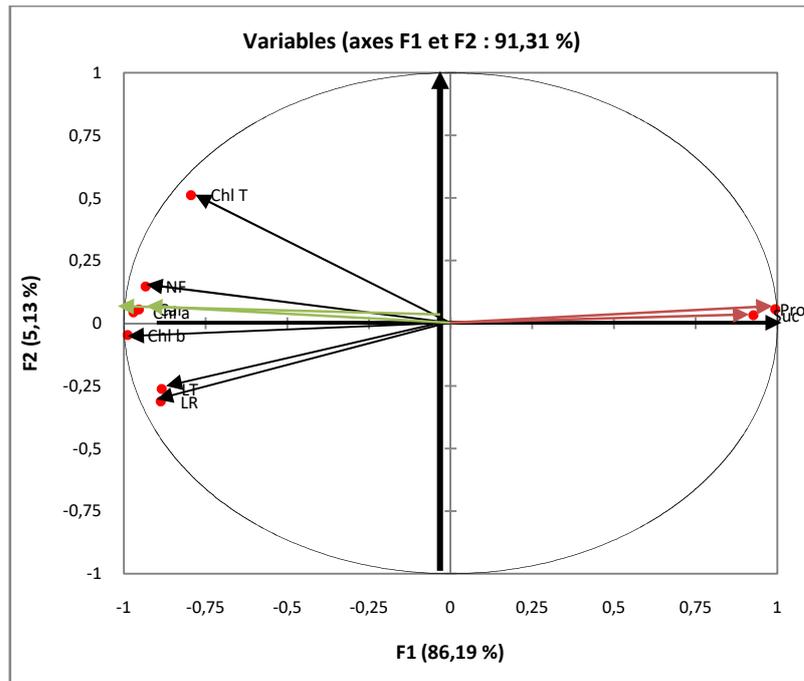
D'après l'analyse en composant principales (ACP), le tableau (XIII), expliquent clairement la corrélation entre les différents paramètres dans les conditions salines.

**Tableau XIII:** Matrice de corrélation entre les paramètres morphologiques et biochimiques chez deux variétés de poivron doux.

<b>Variables</b>	<b>NF</b>	<b>LT</b>	<b>LR</b>	<b>Chl a</b>	<b>Chl b</b>	<b>Chl T</b>	<b>Car</b>	<b>Suc</b>	<b>Pro</b>
<b>NF</b>	<b>1</b>								
<b>LT</b>	<b>0,764</b>	<b>1</b>							
<b>LR</b>	<b>0,721</b>	<b>0,832</b>	<b>1</b>						
<b>Chl a</b>	<b>0,947</b>	<b>0,867</b>	<b>0,788</b>	<b>1</b>					
<b>Chl b</b>	<b>0,918</b>	<b>0,855</b>	<b>0,918</b>	<b>0,933</b>	<b>1</b>				
<b>Chl T</b>	<b>0,731</b>	<b>0,637</b>	<b>0,613</b>	<b>0,759</b>	<b>0,761</b>	<b>1</b>			
<b>Car</b>	<b>0,927</b>	<b>0,729</b>	<b>0,877</b>	<b>0,901</b>	<b>0,974</b>	<b>0,750</b>	<b>1</b>		
<b>Suc</b>	<b>-0,869</b>	<b>-0,788</b>	<b>-0,757</b>	<b>-0,927</b>	<b>-0,915</b>	<b>-0,657</b>	<b>-0,874</b>	<b>1</b>	
<b>Pro</b>	<b>-0,903</b>	<b>-0,914</b>	<b>-0,898</b>	<b>-0,975</b>	<b>-0,973</b>	<b>-0,776</b>	<b>-0,925</b>	<b>0,916</b>	<b>1</b>

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05



**Figure 32.** Cercle des corrélations des variables étudiées durant la phase de croissance végétatif

#### 1.4. Effet de la salinité sur l'anatomie de la tige de (*Capsicum annum L.*)

La comparaison des coupes anatomiques réalisées au niveau des tiges des plantes de poivron doux (*Capsicum annum L.*), à l'effet de NaCl aux concentrations suivantes (25 mM /L, 50 mM /L, 150 mM /L), et témoin sur les de deux variété (*Marconi* et *Sup marconi*), révèle que :

- **Plantes témoins**

Sur les coupes transversales, on observe que la tige est constituée de deux zones principales: l'écorce et le cylindre centrale (stèle). On peut déceler, que le cylindre central de la tige occupe une superficie plus élevée que l'écorce (Figures 15 et 16). De la périphérie vers le centre de la coupe on observe les tissus suivants.

- **L'écorce** : est constituée:

**1. D'un épiderme** : formé d'une assise de cellules juxtaposées de forme ovale dont la paroi extérieure est cutnisée.

**2. Collenchyme angulaire** : ensemble des cellules dont les parois sont épaisses et cellulodiques.

**3. Un parenchyme cortical :** peu épais, situé sous le collenchyme et composé de 03 à 04 couches de cellules, de forme arrondie, irrégulièrement disposées et sont séparées par des méats, qui constituent le tissu de réserve.

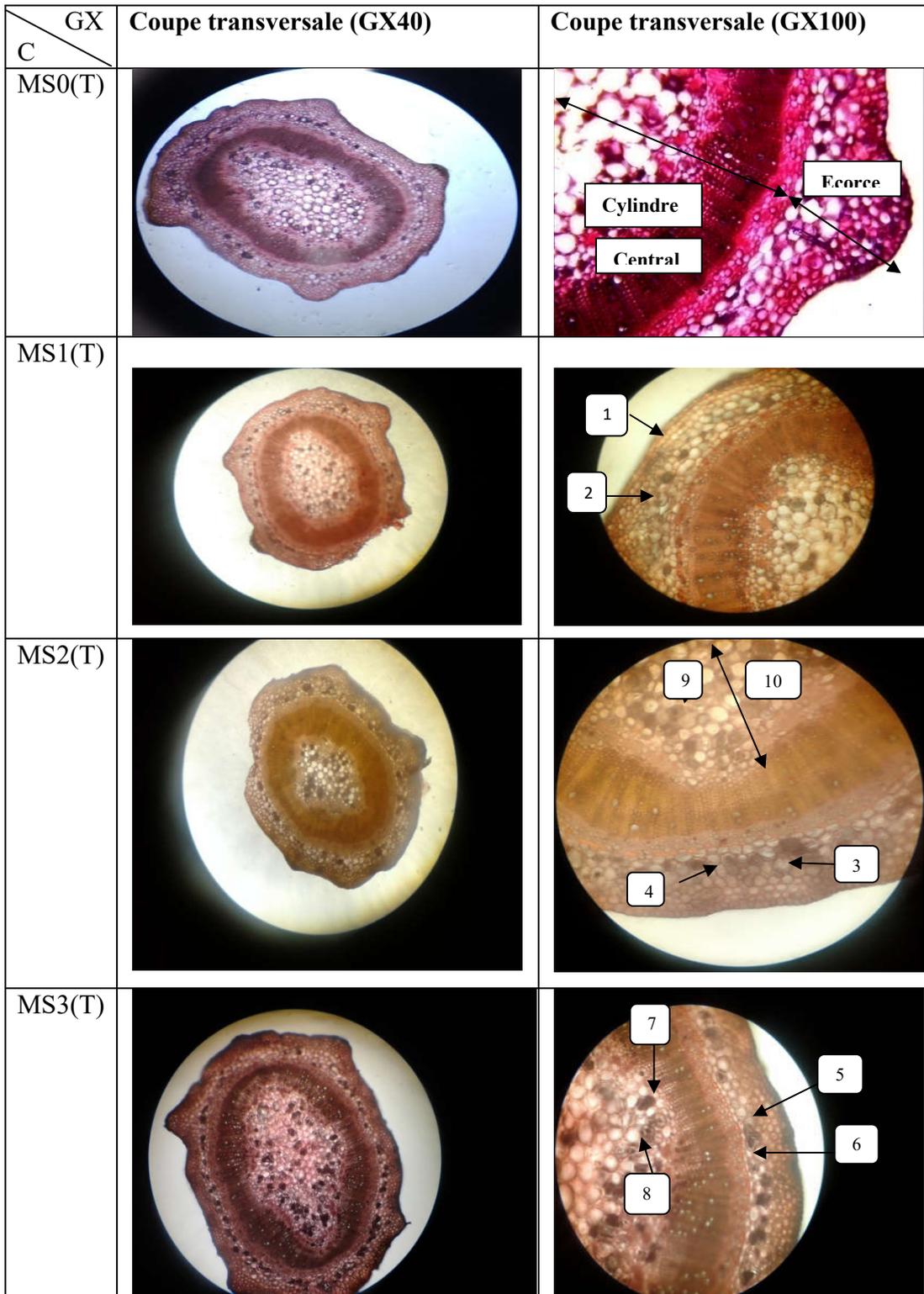
**4. Des cellules sclérenchymateuses,** de petite taille à paroi épaisse constituent les fibres.

- **Le cylindre central :** est formé de:

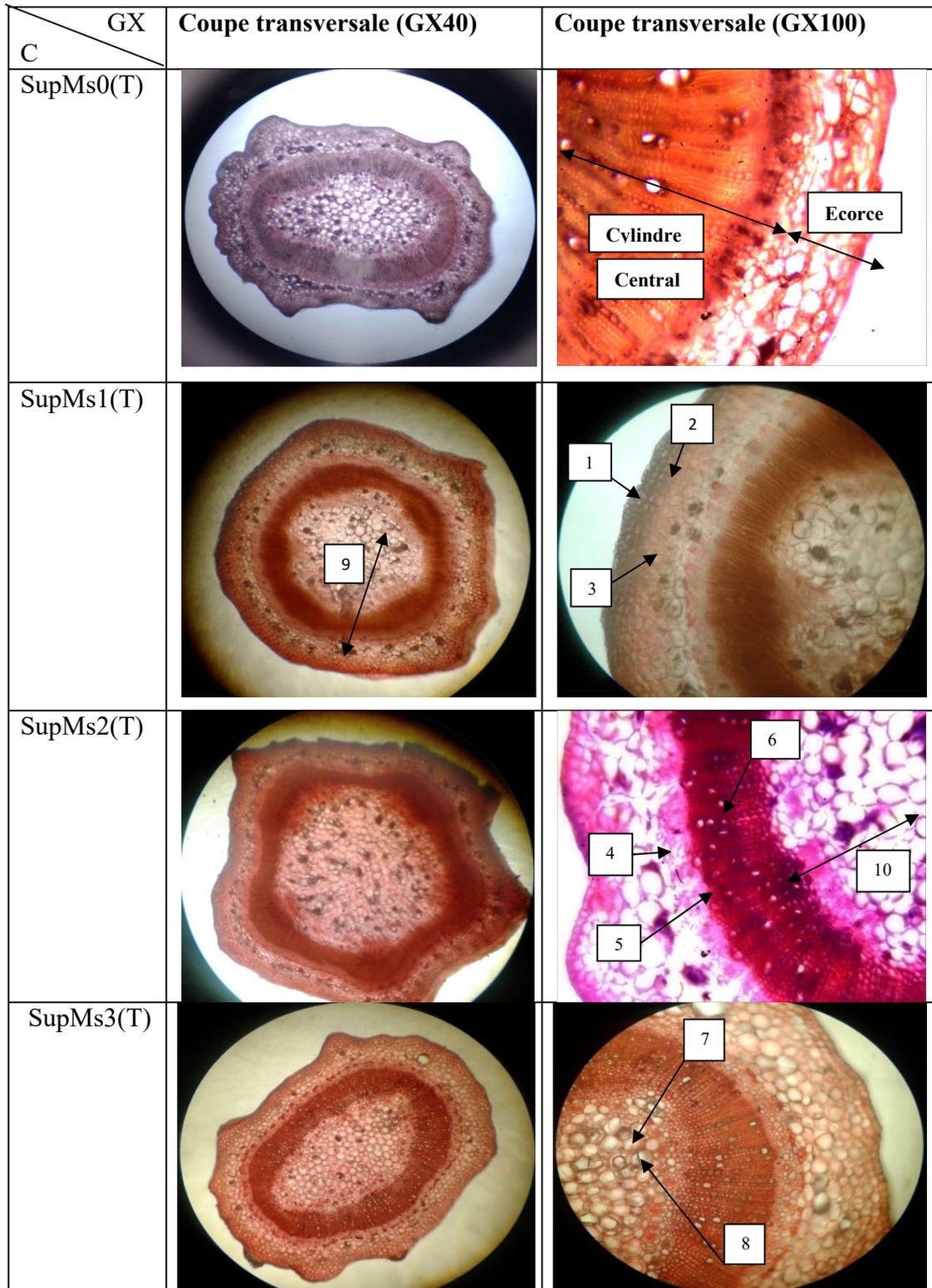
**1. Tissus conducteurs :** rassemblés en amas superposés de xylème, vers le centre de la tige et vers l'extérieur, par le phloème, groupé en faisceaux cribro-vasculaires, formant un cycle régulier sous l'écorce.

**2. Le cambium :** extra fasciculaire se forme pour assurer la croissance en épaisseur, peut donner du phloème secondaire ou liber.

**3. La moelle :** au centre de la tige, occupe un espace important. C'est un parenchyme à larges cellules arrondies, à paroi mince. Entre les faisceaux cribro-vasculaires se trouvent de larges travées de parenchymes reliant la moelle à l'écorce.



**Figure33.** Coupes transversales au niveau de la tige poivron doux (*Capsicum annuum*. L) de la variété **Marconi** au NaCl - 1: Épiderme, 2: Collenchyme angulaire, 3: Parenchyme, 4: Fibres, 5: Phloèmesecondaire, 6: Cambium, 7: Phloème, 8: Xylème, 9: Moelle, 10: faisceaux cribro-vasculaires.



**Figure34.** Coupes transversales au niveau de la tige poivron doux (*Capsicum annuum*. L) de la variété **Super Marconi** au NaCl - 1: Épiderme, 2: Collenchyme angulaire, 3: Parenchyme, 4: Fibres, 5: Phloèmesecondaire, 6: Cambium, 7: Phloème, 8: Xylème, 9: Moelle, 10: faisceaux cribro-vasculaires.

La comparaison des coupes anatomiques réalisées au niveau des tiges de piment (*Capsicum annuum* L.) des plantes témoins et stressées montre que la tige des plantes témoins est constituée de deux zones: l'écorce et le cylindre centrale.

Chez les plantes de piment stressées, on observe une augmentation de la taille des cellules parenchymateuses sous le traitement salin de 25 mMol/l, suivi d'une augmentation de l'épaisseur du parenchyme. Par contre sous le traitement de 50-150 mMol/l, l'épaisseur des cellules diminue.

## 2. Discussion

La salinité c'est un facteur écologique limitant de nombreux écosystèmes **(Ramade, 2008)**.

Le comportement des deux variétés de poivron doux (*Capsicum annuum L.*) *Marconi* et *Super marconi*, a été évalué à travers différents paramètres (morphologiques, biochimiques, anatomiques) sous stress salin Na Cl<sup>+</sup> (0 mM /l, 25 mM /l, 50 mM /l, 150 mM /l).

Les effets de la salinité se manifestent au niveau de la plante entière à des degrés variables, mais sont plus perceptibles à l'échelle anatomique et biochimique. D'autre part, les conséquences de l'intensité de la salinité révèlent une bonne tolérance et une hétérogénéité d'expression par rapport aux deux espèces de poivron doux.

La réponse varie d'un organe à un autre, d'une espèce à l'autre, selon la nature et l'intensité du stress.

Le stress abiotique se traduit par des changements morphologiques, biochimiques et anatomiques qui affectent négativement sur la croissance et le développement de la plante et sa productivité.

### ❖ Effets de sénilité sur les paramètres morphologiques

Concernant la croissance, l'effet général de la salinité se traduit par la réduction de la longueur des tiges, racines et le nombre des feuilles est peut s'expliquer par des problèmes ioniques **(Epron et al., 1999 in Durand, 2007)**.

Selon les résultats obtenus, une forte relation négative est établie entre la longueur du système racinaire et la concentration saline. Cette réduction du volume reflète l'inhibition de la croissance due au manque d'eau et d'une faible ramification du système racinaire.

Dans les racines, aussi, il ya des réductions rapides et transitoires des taux de croissance après des hausses soudaines de Na Cl **(Rodríguez et al., 1997)**.

D'une façon générale, nous avons constaté que, la croissance en longueur des tiges, des racines et nombre des feuilles diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin.

La salinité réduit la capacité des plantes à absorber l'eau, ce qui provoque rapidement des réductions de taux de croissance **(Munns, 2002)**.

L'augmentation de la teneur en NaCl dans l'eau d'irrigation provoque la réduction de la longueur des tiges et la longueur des racines de deux variétés étudiées. Cet effet,

fréquent chez les glycophytes, a précédemment été observé chez d'autres génotypes (**Vander et Ltifi, 1991 ; Chartzoulakis et Klapaki, 2000**).

La diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée chez les plantes de piment peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire.

Ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (**Benamar et al ., 2009**).

La réduction de la croissance peut résulter de l'augmentation de la concentration en acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en cytokinine (**Itai, 1999**).

En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation (**Binzel M.L et al., 1985**).

#### ❖ Effets de sénilité sur les paramètres biochimiques

Une baisse de la capacité de photosynthèse se produit souvent dans de nombreuses plantes lorsqu'il est soumis à un stress salin (**Munns et Termaat, 1986 ; Brugnoli et Björkman, 1992**).

Les différentes accumulations des solutés ; chlorophylle (a, b, T, car) proline, sucres solubles entre les plantes témoins et les plantes soumises sous conditions salin sont très importantes.

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

Les plantes soumises aux contraintes engendrées par la salinité réagissent à cette agression par une modification de leur teneur en certains composés organiques. Ces réactions d'adaptation sont destinées à rétablir l'équilibre hydrique dans la plante. Ces composés sont alors produits en quantité inhabituelle en s'accumulant dans les cellules (**Hubac et Vieira, 1980**).

L'accumulation de la chlorophylle est liée à la teneur du milieu de culture en sel. Les teneurs en chlorophylle baissent en présence de NaCl et augmentent en son absence. La chlorophylle (a) s'accumule lentement par rapport à la chlorophylle (b),

aussi bien pour les témoins que pour les plantes stressées. Les teneurs en chlorophylle (a), (b), totale et la caroténoïdes ont été réduites sous l'effet d'un stress salin (**El Iklil et al., 2002**).

Les résultats, montrent une corrélation négative entre le stress salin et les pigments chlorophylliens, alors plus la concentration de sel augmente plus la teneur des chlorophylliens a, b, (a+b), et caroténoïde diminue, ce qui influence négativement sur la photosynthèse des plantes stressées, ce qui est confirmé par (**Agastian et al., 2000**) qui observent que le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin et par des études précédentes de (**Mwai et al., 2004**) ; qui sont signalés que la salinité diminue considérablement la teneur en chlorophylle.

**Levingneron et al., (1995)** rapportent que l'effet néfaste de la salinité sur les teneurs en pigments chlorophylliens est partiellement à l'origine de la diminution de synthèse des hydrates de carbone.

Par ailleurs, notre étude montre que la teneur en proline augmente chez les deux variétés de poivron avec l'augmentation de la concentration saline. Ce constat est similaire à ceux (**Hernandez et al., 2000**) sur la tomate, (**Denden et al., 2005**), sur des espèces ornementales, (**Zerrad, 2006 ; Hassani et al., 2008**) sur l'orge, et en fin (**Djerroudi et al., 2010**) sur *Atriplex halimus* l'orge.

L'accumulation de la proline est considérée par plusieurs chercheurs, chez certaines plantes, comme paramètre de tolérance au stress biotique (**Fabro et al., 2003**) et au stress abiotique y inclut le stress salin (**Djerroudi et al., 2011**).

Les sucres solubles semblent également s'accumuler dans les tissus végétaux en raison du stress salin, en agissant comme un facteur osmotique (**Khedr et al., 2003**).

Les données expérimentales que nous venons de détailler ont permis de mettre en évidence la variabilité du métabolisme des plantes glycophytes et expriment sa capacité à synthétiser des sucres solubles et de les accumuler dans des organes différents selon les conditions de traitement. Cette aptitude des plantes à la synthèse et l'accumulation des sucres solubles a été montrée par plusieurs auteurs (**Bensalem, 1993 ; Kameli et Losel, 1995 ; Alt Haddou et al., 2002**).

L'effet des concentrations salines utilisées a pu être compensé par l'accumulation de sucres solubles au niveau foliaire (**Ait Haddou et al., 2002**), ce qui pourrait indiquer selon ce même auteur un indice de tolérance à la salinité.

### ❖ Effets de salinité sur l'anatomie des tiges

Les résultats de l'étude anatomique ont montré au niveau caulinaire que les traitements salins à fortes ou moyennes intensités, sont capables d'induire des changements au niveau structural. En effet, le stress salin provoque des altérations de la structure et la fonction de cellules végétales (**Henry et al., 2012**).

Un tel changement dans la structure anatomique joue certainement un rôle déterminant en combinaison avec des modifications physiologiques dans la tolérance des espèces vivant sur des sols affectés par la salinité (**Hameed et al., 2010**).

Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin. Selon (**Poljakoff, 1975**), 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, 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**).

Les résultats de l'étude anatomique ont montré que tous les traitements salins sont capables d'induire des changements au niveau structural chez les deux variétés de piment. Anatomiquement, les résultats montrent que le diamètre des cellules des différents tissus change selon la concentration du sel. Ces résultats sont en accord avec ceux (**d'Akram et al., 2002**) obtenus sur le blé soumis à une contrainte saline. Ces auteurs révèlent une diminution de la taille du parenchyme cortical et médullaire. Chez certaines plantes succulentes, la réaction est inversée, la surface des parenchymes cortical et médullaire augmente face au stress salin, phénomène qui a été observé chez le (*Cynodon dactylon* L.) (**Hameed et al., 2010**).

Bien que les adaptations physiologiques soient cruciales dans l'identification et la sélection des critères contre le stress salin (**Ashref, 2004**), mais les modifications anatomiques sous de fortes concentrations de salinité sont aussi importantes (**Mass et Nieman, 1975 ; Fahn, 1990 ; Hameed et al., 2010**). Un tel changement dans la structure anatomique joue certainement un rôle déterminant en combinaison avec des

modifications physiologiques dans la tolérance des espèces vivant sur des sols affectés par la salinité (**Hameed *et al.*, 2010**).

Nos observations sur les coupes anatomiques montrent que le diamètre des cellules des différents tissus change selon la concentration en sel.

Les modifications structurelles induisent des altérations des cellules et des tissus, pouvant modifier le comportement de croissance à différents niveaux d'organisation. Ces altérations comprennent les racines, les tiges et les feuilles des plantes stressées en comparaison avec les plantes témoins (**Reinoso *et al.*, 2005**).

# *Conclusion*

Dans les zones arides et semi-arides, la salinité est l'un des facteurs majeurs responsables de la détérioration des sols en les rendant impropres à l'agriculture.

Par leur concentration excessive en sels, les sols salins constituent un environnement défavorable pour la croissance de la plupart des légumineuses.

Le piment est une plante glycophyte. Donc la salinité peut être l'un des facteurs majeurs qui agissent sur la croissance et le développement des plantes dans les zones irriguées.

À la fin de ce travail, que nous avons mené sur la réponse de *poivron doux* (*capsicum annum.L*) soumise à différentes concentrations (25mM/l, 50mM/l, 150mM/l) de NaCl. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la salinité sur les paramètres morphologiques, biochimiques et anatomiques de deux variétés *Marconi* et *Super Marconi*. Les teneurs de ces paramètres sont souvent traduites négativement.

Le degré de sensibilité ou d'adaptation dépend de la variété, et de la concentration de la salinité. Les paramètres étudiés, morphologiques (le nombre des feuilles, la longueur des tiges et des racines), biochimiques (chlorophylles, proline et sucres solubles).

Les résultats obtenus, démontrent que :

- La salinité a eu un effet très marqué sur les paramètres morphologiques chez les deux variétés étudiées. En effet, le stress salin a diminué la longueur des tiges, des racines et le nombre des feuilles.
- L'augmentation de la concentration de Na Cl cause la diminution de la teneur en chlorophylle (a, b, T) et caroténoïdes.
- La concentration saline élevée permet l'augmentation de la teneur en proline et sucres solubles, surtout pour la concentration saline la plus sévère (S3=150 mM/l, qui seraient impliqués dans les mécanismes d'ajustement osmotique et serviraient aussi comme osmoprotecteurs.
- Anatomiquement, les résultats montrent que le diamètre des cellules des différents tissus change selon la concentration du sel, une diminution de la taille du parenchyme cortical et médullaire.

Les résultats présentent des différences et des ressemblances entre les deux variétés durant les traitements salins. La variété *Super marconi* (Sup) est plus tolérante à la salinité comparée à la variété *Marconi* (M).

*Référence  
bibliographique*

## Références bibliographiques

---

### A

1. **ACTA, 1999.** Guide pratique de défense des cultures, Recueil des effets non intentionnels des produits phytosanitaires, 576,221p.
2. **Aubert, G. 1982-** les sols sodiques en Afrique du nord .Cahier O.R.S.T.O.M .Service Pédologie : 194
3. **Ait Haddou, M., Bousrhal, A., Benyahia, H., Bnazzouz, A. 2002** – Effet Du Stress Salin Sur L'accumulation De La Proline Et Les Sucres Solubles Dans Les Feuilles De Trois Porte-Greffes D'argumes Au Maroc. Cird, Edp Science. Fruit 57, 335-340.
4. **Akram, M., Ahmad, A., & Janm, M. 2002.** The Medicinal Plants 171 Of Salt Range. *J. Biol. Sci.*, 2: 1035-1046.
5. **Alarcon, J J., Sanchez-Blanco, M J., Bolarin, M J., Torrecillas, A., 1994:** Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant Soil*, Vol. 66: 75- 82.
6. **Alem, C., Amri, A. 2005-** Importance da la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Vol 4 Maroc, PP 20-32.
7. **Allaoui, A. 2006** : thèse e magister Juillet 2006(Étude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d'agrumes à la salinité.
8. **Anonyme.2015.** Un article de Wikipédia ; les cultures des tomates, aubergines, poivrons, résumé de la conférence de m. ferrière.
9. **Ashref, M. 2004:** Some Important Physiological Selection Criteria For Salt Tolerance In Plant. *Flora*. 199: 361-376.
10. **Askri, H., Rejeb, S., Jebari, H., Nahdi, H., Rejeb, N. 2007** - Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrullus lanatus* L.). *Sécheresse*, Vol. 18, No.1 :51-55.
11. **Asloum, H. 1990** – Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis : 24-32.

## Références bibliographiques

---

### B

- 12. Baba Sidi-Kaci Safia. 2010 :** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Thèse de magister .2010. P 14- 15.
- 13. Bailey, A., Hanhong, B., Daniel, P., Hyoun, S B., Mary, D., Park, S., Choong, M., Rachel, L. 2006.** Endophytic *Trichoderma* Isolates from Tropical Environments Delay Disease Onset and Induce Resistance against *Phytophthora capsici* in Hot Pepper Using Multiple Mechanisms 16p.
- 14. Baize, D. 2000-** Guide Des Analyses En Pédologie. 2ème Edition. Institut National De La Recherche Agronomique, Paris : 206- 207
- 15. Bastías. 2012-** Mitigating Effect Of Salicylic Acid In The Anatomy Of The Leaf Of *Zea Mays* L. Lluteño Ecotype From The Lluta Valley (Arica-Chile) Under Nacl Stress. Vol 30, N. 3. Pp 55-63
- 16. Bayries ., Marchou ; 1976.** Les maladies du poivron et du piment 75p.
- 17. Bélair, G. 2003.** Essai de contrôle des nématodes par l'utilisation des miellats perlé comme engrais vert, Agri-Vision.2002-2003.
- 18. Beldjoudi. 1999-**Contribution à l'étude de la tolérance de six variétés de blé dur à la salinité. Séminaire Nationale sur la Salinization des terres Agricoles en Algérie, Chlef : 109-115.
- 19. Belkhodja, M., Bidai, Y. 2004:** Réponse Des Graines D'atriplex Halimus L. A La Salinité Au Stade De La Germination. Sécheresse N°4, Vol 15, Pp 331-334.
- 20. Ben Ahmed, H., Manaa, A., Zid, E. 2008** -Tolérance à la salinité d'une Poaceae à cycle court : la séttaire (*Setaria verticillata* L.). Comptes Rendus Biologies, Vol. 311 :164-170.
- 21. Benabdelkader, M ., Guechi, A. 2003.** Evaluation de la résistance du poivron doux (*Capsicum annum*) vis-à-vis de *Phytophthora capsici*. Eight Arab Congress of plant protection, 12-16 Octobre 2003, Libya.

## Références bibliographiques

---

- 22. Benkhelif, M., Arbaoui, M., Belkhodja, M. 1999-** Effets combinés de la salinité et de la bentonite sur la densité racinaire d'une culture de tomate cultivée sur un substrat sableux. Séminaire Nationale sur la Salinisation des terres Agricoles en Algérie, Chlef : 101-108.
- 23. Ben-Hayyim, G., Vaadia, Y., William, B. 1989.** Proteins Associated With Salt Adaptation In Citrus And Tomato Cells: Involvement Of 26 Kd Polypeptides. *Plant Physiology*, 7: 332-340.
- 24. Beniast J., 1987-**Guide pratique du maraîchage au Sénégal, CDH. Dakar, 144 p.
- 25. Ben Naceur, M., Rahmone, C., Sdiri, H., Meddahi, M.L., Selmi, M. 2001:** Effet Du Stress Salin Sur La Germination, La Croissance Et La Production En Grains De Quelques Variétés Maghrébines De Blé. *Secheresse*. Vol. 3, 167-174.
- 26. Bensalem, M., Ben Abdallah, N. 1993 -** Paramètres Morphophysologiques De Sélection Pour La Résistance A La Sécheresse Des Céréales ». In Monneveux P., Ben Salem M. (Ed.) : Tolérance A La Sécheresse Des Céréales En Zone Méditerranéenne. Diversité Génétique Et Amélioration Variétale. Paris, Inra, Les Colloques, N° 64 : 275-297.
- 27. Bernier, P.D., Borvano, M., Ougasta, F. 2004.** Syndrome du côlon irritable.
- 28. Berthomieu, P., Conejero, G., Nublat, A., Brachenbury, W.J., Lambert, C., Savio, C., Uozumi, N., Oiki, S., Yamada, K., Cellier, F., Gosti, F., Simonneau, T., Essah, P.A., Tester, M., Very, A.A., Sentenac, H., Casse, F. 2003-** Functional Analysis Of *AtHKT1* In *Arabidopsis* Shows That  $\text{Na}^+$  Recirculation By The Phloem Is Crucial For Salt Tolerance. *Embo Journal*, Vol. 22: 2004- 2014.
- 29. Binzel, M.L., Reuveni, M. 1994.** Cellular Mechanisms Of Salt Tolerance In Plant Cells. *Hort. Rev*, 16: 33-69.
- 30. Black, L., Sylvia, K., Green, L., Hartman, M. 1993.** Maladies du poivron, Un guide pratique. Department of plant pathology and crop physiology Louisiana agricultural Experiment Station Louisiana State University Agricultural Centre Baton Rouge LA 70803 USA. Centre Asiatique de recherche et de développement de légumes ; centre technique de coopération agricole en rurale ACP-CEE. 14, 18, 24, 30, 32, 50, 64, 84, 88p.

## Références bibliographiques

---

- 31. Blancard, D. 1988.** *Maladies de la tomate : Observer, Identifier, Lutter*, I.N.R.A Eds .Paris, 105p.
- 32. Bouda, S., Haddioui, A., 2011** - Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
- 33. Bouhaddi, K., Elmeddah, N., Kassous, A. 2016** - Effet du stress salin sur la croissance et la solubilisation du phosphate par des rhizobactéries chapp 2 p 13
- 34. Boukachabia, E. 1993.** Contribution A L'étude De Quelques Mécanismes Morphologiques Et Biochimiques De Tolérance A La Salinité Chez Cinq Géotypes De Blé Dur (*Triticum Durum* Dest). Mémoire De Magister En Production Et Physiologie Végétale. Université Badji Mokhtar, Annaba, 108p.
- 35. Bryssine. 1961** : la salinité du sol et ses problèmes.
- 36. Bulbifera, L. 1980** les cultures maraichers –comprendre la physiologie Agri-Vision. 2002- 2003

### C

- 37. Chabrière, C., Caudal, Y T. 2007.** *Bemisia tabaci* (Gennadius) dans le sud de la France en culture légumière sous abris. Situation actuelle de la protection intégrée et études réalisées. Rencontre végétale 17 et 18 Novembre 2007. 54p.
- Challali, S. 2015** : le comportement morpho-physiologique de deux variétés du poivron (*Capsicum annuum* L ) dans les conditions pédoclimatiques sahariennes de la région de Ouargla (au niveau de la station expérimentale de l'ITDAS de Hassi BenAbdallah) .p13,14.
- 38. Chaux, Cl., Foury, Cl. 1994** -Productions légumières. Tome 3, Agriculture d'aujourd'hui.
- 39. Cheverry, C.1995:** Comportement Des Plantes En Milieu Salé Compte Rendu De L'acad D'agric De France. Action N° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2) : 42-46.
- 40. Cronquist. 1981.** Alpha-tocopherol: roles in prevention and therapy of human disease. Biomed Pharmacother.

## Références bibliographiques

---

41. **Csizinsky, A A., Schutster, D J., Jones, J B., Van Lenteren J C. 2005.** Tomatoes: Edited by Ep. Heuvelink. Corp Production Science in Horticulture (13): CABI Publishing is a division of CAB International. 235p.
42. **CTFL, 2002.** Edition Centre Technique des Fruits et Légumes.
43. **Cushman, J.C. 2001.** Osmoregulation In Plants: Implication For Agriculture. Am. Zool.41(4): 758-769.

### D

44. **Denden, M., Bettaieb, T., Salhi, A., Mathlouthi, M. 2005-** Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura*, vol. 23(4), p.220-225
45. **Desai B.B., Kotecha P.M., Salunkhe D.K., 1997-**Seeds handbook : biology, production, processing and storage. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 627 p.
46. **Dimsey, R., Bainsdale, N., Ellinbank, F. 2008.** Capsicum (peppers) and Chillies. Agriculture notes. State of Victoria, Department of primary industries, 3p.
47. **Djerroudi, O., Bissati, S., Belkhodja, M. 2011-**Biochemical response of two *Atriplex* species (*Atriplex halimus* L. and *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.) under salt stress conditions, International Journal of Plant Physiology and Biochemistry Vol. 3(10), pp. 163-168,
48. **Egk Newsletter, Juin 2016.** Connaissance Des Herbes Poivron, Pag3
49. **El Iklil, Y., Karrou, M., Mrabet, R., Benichou, M. 2002-**Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon*
50. **El midaoui, M., Benbella, M., Ait Houssa, A., Ibriz, M., Talouizte, A. 2007-** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthusannuus* L.) *Revue HTE* 136: 29-34.
51. **El-Oumairini, A., 2000.** Entomofauna of pepper plants and the effect of plants and the effect of plant variety on biology and morphology of aphids. 27p.
- sheesmanii*. Canadian journal of plant science. Vol. 82, n°1, pp. 177-183.

## Références bibliographiques

---

**52. El-Shintinawy, F., Hassanein, Ra. 2001:** Changenes In Growth, Protein Patterns And Dna Fingerprints Of Nacl Stressed Treated With Arginine, Putrescine Or Phenylenediamine. Egyptian J. Biotechnol. 10: 405-415.

### F

**53. Fabro, G., Kovacs, I., Pavet, V., Szabados, L., Alvarez, M. 2003-**Proline Accumulation And Atp5cs2 Gene Activation Areinduced By Plant-Pathogen Incompatible Interactions In Arabidopsis. The American Phytophatological Society. Vol.17. N° 4.Pp. 343-350.

**54. FAO. 2015.** Food and Agriculturals Organisation,Statistique agricole.

**55. Farissi, M., Aziz, F., Bouizgaren, A.L., Ghoulam, C. 2014-** Legume-Rhizobia Symbiosis Under Saline Conditions : Agro-Physiological And Biochemical Aspects Of Tolerance, International Journal Of Innovation And Scientific Research. Vol. 11 No, Pp 96-104.

**56. Flores, P., Botella, M.A., Martinez, V., Cedra, A. 2000-**Ionic and osmotic effects onnitrate réductase activity in tomato seedlings.J.PlantPhisiol.P156, 552-55

**57. Flowers T.J., Flowers S.A., 2005-** Why dose salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management, Vol.78, No. 1-2: 15-24.

**58. Foury, C., Pitrat, M. 2015 :** Histoires de légumes pour la science p200.

### G

**59. Gaucher, G., Burdin. 1974:** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés, presses, presses Universitaire de France, 230 P.

**60. Genoux, C., Putzola, F., Maurin, G. 1991:** Thème Général: La Lagune Méditerranéenne, Tpe: Les Plantes Halophytes.

**61. Greenway, H., Munns, R. 1980 –** Mechanisms Of Salt Tolerance In Non-Halophytes Ann. Rev. Plants. Physiol. 31, 149-90.

**62. Guerrier, G. 1983–**Capacité Germinative De Semences En Fonction Des Doses Graduelles En Nacl Et Importance Des Transferts Sur Milieux Sodés Ou Témoins. 90p.

## Références bibliographiques

---

### H

- 63. 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.
- 64. Hall, T Y., Skaggs, R K. 2008.** New Mexico's Chilies pepper industry : Chile Typers and product surcing. New Mexico Chile task force report 8p
- 65. Hamdy, A., 1999** - Saline irrigation assessment for a sustainable use saline irrigation. Halophyte Production and Utilization, Project No. IC 18CT 96-0055, pp: 152-226.
- 66. Hameed, M., Ashraf, M., Naz, N., Al-Qurainy, F. 2010**-Anatomical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) PERS., from the salt range PAKISTAN, to salinity stress. I. Root and stem anatomy. Pak. J. Bot., 42 (1): 279-289.
- 67. Haouala, F., Ferjani H., Ben El Hadj, S. 2007** - Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2007 11 (3), 235-244.
- 68. Hassani, H., Heravi, H., And Zhigljavsky, A. 2009**- Forecasting European Industrial Production With Singular Spectrum Analysis. International Journal Of Forecasting, 25, 103–118.
- 69. Hayashi, H., Murata, N. 1998**- Genetically Engineered Enhancement Of Salt Tolerance In Higher Plants. In K Satoh, N Murata, Eds, Stress Responses Of Photosynthetic Organisms. Elsevier Press, Amsterdam, Pp 133–148
- 70. Heller, K.A., Perleth, Ch. 2004**- Adapting Conceptual Models For Cross-Cultural Applications. In J.R. Campbell, K. Tirri, P. Ruohotie & H. Walberg (Eds.), Cross-Cultural Research: Basic Issues, Dilemmas, And Strategies (Pp. 81-101). Tampere, FI: Hame Polytechnic (University Of Tampere, Finland)
- 71. Henry, J., Cárcamo., Richard, M., Bustos., Felipe, E., Fernández., Elizabeth, I., Tremblin, G., Coudret, A. 1986:** Salinité, Transpiration Et Echanges De  $\text{CO}_2$  Chez *Halopeplis Amplexicaulis* (Vahl.) Ung. Oecol. Plant. 7 (21) : 417-431.

## Références bibliographiques

---

**72. Hernandez, J.A., A. Jimenez, P., Mullineaux And F., Sevilla. 2000-** Tolerance Of Pea (*Pisum Sativum* L.) To Long-Term Salt Stress Is Associated With Induction Of Antioxidant Defenses. *Plant Cell Environ.* 23: 853-862.

**73. Hopkins, W.G. 2003-**Physiologie Végétale – Traduction De La 2ed.Américane Par Serg Rambour Révision Scientifique De Charles-Marie Evradr Boeck Univ. Bruxelles .P 445-46

**74. Hosni, S. 2008 :** La tolérance au sel (rapport).

**75. Howard, R., Allan, G., Lloyd, W. 1994.** Dideases and Pests of vegetable Crops in Canda Société cnadienne de phytopathplogie et Société entomologique du canada, 534p

**78. Hubac, C., Vierra, D.S. 1980-**Indicateurs Métaboliques De Contraintes Mésologiques.

**79. Hu C, A., Delaune, A.J., Verna D.P. 1992-**A bifunctional enzyme (delta 1-pyrroline- 5- carboxylate synthetase) catalyzes the first two steps in proline biosynthesis in plants. *Proc NathAcadSci Usa.* 89(19); 9354-8 PMID: 1384052.

### I

**80. Ismail, A.M.A. 1990.** Germination Ecophysiology In Population Of *Zygophyllum Qatarenses* Hadidi From Contrasting Habitats. *J. Arid. Environ,* 18: 185-194.

**81. Itai, C. 1999.** Role Of Phytohormones In Plant Responses To Stresses. In: Lerner H.R. (Ed). *Plant Response To Environmental Stresses, From Phytohormones To Genome Reorganization* Marcel Dekker Inc., Basel, Ny, Usa, Pp. 287-301.

### J

**82. Jabnoue, M. 2008** -Adaptation des plantes à l'environnement: Stress salin.PrésentationPower Point.

### K

**83. Kameli, A., Lösel, D.M. 1995** -Contribution Of Carbohydrates And Other Solutes To Osmotic Adjustment In Wheat Leaves Under Water Stress. *J. Plant Physiol.,* 145 : 363-366.

## Références bibliographiques

---

- 84. Kao, R. K., Jaiswal, W., Kolch., Landreth, G.E. 2001-** Identification Of The Mechanisms Regulating The Differential Activation Of The Mapk Cascade By Epidermal Growth Factor And Nerve Growth Factor In Pc12 Cells. *J. Biol. Chem*, 276: 18169–18177.
- 85. Kefu, Z., Munns, R., King, R.W. 1991.** Abscisic Acid Levels In NaCl-treated Barley, Cotton, And Saltbush. *Aust. J. Plant Physiol*, 18: 17-24.
- 86. Khedra, H.A., Al. 2003-** Proline Induces The Expression Of Salt-Stress Responsive Proteins And May Improve The Adaptation Of *Pancreaticum Maritimum* L. To Salt Stress. *J. Exp. Bot.*, 54, 2553-2562.
- 87. Kinet, J.K., Benrebaha, F.Z., Bouzid, S., Lailhacar, S., Dututt, P. 1998 -** Réseau Atriplex. Allier Biotechnologies Et Ecologies Pour Une Sécurité Alimentaire Accrue En Régions Arides Et Semi-Arides. *Cahiers Agriculture*, Vol.7, N° 6, P.505-509.
- 88. Kohler, F., Pellegrine, F. 1992.** Pathologie des végétaux cultivés. Edition de l'ORSTOM ; ISBN 2-7099-1113-2, 22p.
- 89. Kroll, R. 1994-** Les cultures maraîchères. Coll. « Le technicien d'agriculture tropicale ». Maisonneuve et Larose. ACCT / CTA, Paris, France, 219 p.
- 90. Kurban, H., Saneoka, H., Nehira, K., Adilla, R., Premachandra, G.S., and Fujita, K., 1999 –** Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagipseudoalhagi*. *SoilSci. Plant Nutr*; 45: p 851–862.

## L

- 91. Lahlou, M., Badraoui, M., Et Soud, B . 2000 :** Modélisation de l'évolution de la salinité et de l'alcalinité dans les sols irrigués (Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat, 2-3 Novembre 2000).
- 92. Laumonier, R. 1979.** Les cultures légumières et maraîchères, tome III. 3ème édition. Collection (Encyclopédie Agricole) Editions J-B. Baillière, Paris, France, 276p.
- 93. Laumonier, R. 1979-** Les cultures légumières et maraîchères, tome III. 3e édition. Collection Manuel de nutrition clinique en ligne. Ordre professionnel des diététistes du Québec P12.

## Références bibliographiques

---

- 94. Le Houerou, H.N. 1986** – Salt-tolerant plants of economic vule in the Mediterranean basin. Reclamation and Vegetation Research, Vol. 5 : 319-341.
- 95. Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., Casse-Delbart, F. 1995-** Les Plantes Face Au Stress Salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
- 96. Luttge, U, Luge, M., Bauer G. 2002-**Botanique. 3éme édition, *Tec et Doc Lavoisier*, Paris: 439- 450.

### M

- 97. Maas, E.V. 1996** -Plant Response To Soil Salinity. In: 4th National Conference And Workshop On The Productive Use And Rehabilitation Of Saline Land. Promaco Conventions Pty Ltd, 25-30 March 1996, Albany Western Australia.
- 98. Mahdid, M., Kameli, A., 2004** - Effets à court terme du stress hydrique sur la pression osmotique et l'élongation foliaire chez le blé dur *Triticum durum*. Revue des Régions Arides, Tome 1, No. Spécial : 145-158.
- 99. Maillard, J. 2001** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- 100. Mccue, Kf., Hanson Ad. 1990:** Drought And Salt Tolerance: Towards Unders--Tanding And Application Tibtech. 8: 358-362.
- 101. Messiean, C M., Lafon, R. 1991.** Les maladies des plantes maraichères 2ème édition. Institutue Nationale de la Recherche Agronomique. Marcel Bon 70-Vesoul. Edit. INRA 89-117p.
- 102. Messiean, C M., Blancard, D., Rouxel, F., Lfon, R. 1991.** Les maladies des plantes maraichères. Ed. INRA, Paris, 552p.
- 103. Monneveux, P., This, D. 1997** - La Génétique Face Aux Problème De La Tolérance Des Plantes Cultivées A La Sécheresse : Espoir Et Difficultés.Cahiers « Sécheresse », Vol.8, N° 1,P. 29– 37.
- 104. Munns, R. , Termaat A., 1986.** Whole Plant Response To Salinity. Australian Journal Of Plant Physiology, 13: 143-160.
- 105. Munns, R. 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Envirenment, Vol. 25:239-250.

## Références bibliographiques

---

**106. Mwai, Gn., Schippers, Rr. 2004-** Solanum Tarderemotum Bitter. In: Grubben Gjh, Denton Oa (Eds) Plant Resources Of Tropical Africa 2. Vegetables, Prota Foundation, Wageningen, Netherlands /Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/Cta, Wageningen, The Netherlands, Pp 498-501

### N

**107. Naika, S., Joude J V L., Goffou, M., Hilimi, M., Van Dam, B., Florigin, A. 2005 .** La culture de la tomate. Production, transformation et commercialisation, Publier par Agromisa.Foudation, 104p.

**108. Niu, X., Rsessan, R.A., Hasegawa, P.M., Pardo, J.M. 1995.** Ion Homeostasis In Nacl Stress Environments. Plant Physiology, 109. 3: 735- 742.

**109. Norme Cee-Onu Ffv-28, 2017.**Concernant La Commercialisation Et Le Contrôle De La Qualité Commerciale Des Poivrons Doux, p 4-5

### O

**110. Ommami, N. 2005-**Response of Amaranth to salinity stresses. Thèse of Ph.D.Horticulture. University of Pretoria. Chapter 1, p 11-12

### P

**111. Palloix, A. 1995.** Histoire du piment, de la plante sauvage aux variétés modernes. PHM-Revue Horticoles, décembre 1995 N° 365-366,41-43p.

**112. Parida, AK ., Das, AB. 2004 -** Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorus metabolism in a true mangrove Bruguieraparviflora grown under hydroponic culture. Journal of Plant Physiology; 161: p 921 – 928.

**113. Parid, A.K., Das, A.B. 2005 –** Salt Tolerance And Salinity Effects On Plants: A Review. Ecotoxicology And Environmental Safety 60, 324-349

**114. Perez-Alfocea, F., Balibrea, M.E., Cruz, A.S., Estan, M.T. 1996.** Agronomical And Physiological Characterization Of Salinity Tolerance In Commercial Tomato Hybrid. Plant & Soil., 180. 2: 251-257.

**115. Pochard, E., Palloix, A., Daubeze, M., 1992.** Le piment. 420p.

## Références bibliographiques

---

**116. Poljakoff-Mayber, A. 1975:** Morphological And Anatomical Changens As A Response To Salinity Stress, In Plants In Saline Environments. Ecological Studies. Analysis And Synthesis (Poljakoff-Mayber, A. Et Gale, J., Eds). Vol. 15: 97-L 17. Springer, Berlin

### R

**117. Raache, I., Karbouss, A., Haloua, R. 2004-**Caractérisation morphologique et anatomique de quelque espèces halophiles dans la cuvette de Ouargla. MémoireIngénieur, Université de Ouargla.p 67.

**118. Ramade, F.1984** –Eléments D'écologie: Ecologie Fondamentale. Mc : Graw Hill, Paris. 387p.

**119. Rathinasabapathi, B., Sigua, C., Ho, J., Gage, Da. 2000:** Osmoprotectant Alanine Betaine Synthesis In The Plumbaginaceae: S-Adenosyl-L-Methionine Dependent N-Methylation Of B-Alanine To Its Betaine Is Via N-Methyl And N,N-Diemethyl B-Alanines. *Physiologia Plantarum* 109: 225-231.

**120. Reinoso, H., Sasa, L., Reginato, M., Luna, V. 2005:** Histological Alteration Induced By Sodium Sulfate In The Vegetative Anatomy Of *Prosopis Strombulifera* (Lam) Benth. *Word Journal Of Agricultural Sciences*. 1 (2): 109-119.

**121. Rejili ., Neffati, N., Mouhammed Vadel, H. 2006** – Comportement Germinatifs De Deux Population De Lotus Creticus. L En Présence Du Nacl *Revue Des Région Arides* N°17 Page 65.75.

**122. Reynolds, M P., Ortiz-Monasterio, J I., McNab, A. 2001:** Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT: 101-111.

**123. Ristori, P. 1988.** La piralide de la peperone. *Colture protette* (8), 112-113.

**124. Rodríguez, H., Fraga, R. (1999).** Phosphate Solubilizing Bacteria And Their Role In Plant Growth Promotion. *Biotechnol Adv.* 17:319-339

## Références bibliographiques

---

### S

- 125. Savouré, A., Abdelly, C. 2014**-Presence of proline in salinized nutrient solution re-enforces the role of this amino acid in osmoregulation and protects lipid membrane peroxidation in *Arabidopsis thaliana*. *Australian Journal of Crop Science*, vol. 8(10), pp.1367-1372.
- 126. Sannada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., Tamai, N., Wada, K. 1995**: Novel Light-Dark Change Of Proline Levels In Halophyte (*Mesembryanthemum Crystallinum* L.) And Glycophytes (*Hordeum Vulagre* L. And *Triticum Aestivum* L.) Leaves Ad Roots Under Salt Stress. *Plant Cell Physiol.* 36 (6): 965- 970.
- 127. Santoro, M.M., Liu, Y., Khan, S. M. A., Hou, L. X., Bolen, D. W. 1992** - Increased Thermal Stability Of Chilling . *Protoplasma.*, 137,P,45-55
- 128. 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.
- 129. Sekkat, A. 2007**. Les pucerons des agrumes au Maroc. Pour une agrumiculture plus respectueuse de l'environnement. ENA 18 décembre 2007.
- 130. Servant J.M. 1976** : la salinité dans le sol et les eaux. Caractérisation et problèmes d'irrigation drainage ».S.E.S. n° 310, Montpellier, 27 p.
- 131. Serrano, R., Gaxiola, R. 1994**: Microbial Models And Salt Stress Tolerance In Plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* Vol. 13: 121- 138.
- 132. Skiredj, A., Elattir, H., ElFadl, A. 2005**. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département d'horticulture.
- 133. Slama, I., Ben Rejeb, K., Rouached, A., Jdey, A., Rabhi, M., Talbi, O., Debez, A., Smail Saadoun, N. 2005**-Réponse Adaptative De L'anatomie Des Chénopodiacées Du Sahara Algérien A Des Conditions De Vie D'aridité Extrême. *Science Et Changements Planétaires. Sécheresse.* Vol.16. N°2: 121-12.
- 134. Soualmi, N. 2007**: Caractérisations Physiologique, Biochimique, Anatomique Etmorphologique Chez *Atriplex Halimus* L. Stressée A La Salinité. Mémoire De Magister En Biologie Végétale. Université D'oran Es Senia. 121 P.

## Références bibliographiques

---

**135. Speer, M., Kaiser, W.M. 1991.** Ion Relations Of Symplastic And Apoplastic Space In Leaves From *Spinacia Oleracea* L. And *Pisum Sativum* L. Under Salinity. *Plant Physiology*, 97: 990-997.

**136. Stephanopoulos, G. 1999:** Metabolic Fluxes And Metabolic Engineering .Metabolic Studies. Analysis And Synthesis (Poljakoff-Mayber, A. And Gale, J., Eds), Vol. 15: 147-167. Springer, Berlin.

**137. Szabolcs, I. 1994:** Soils And Salinization. In: Pessarakli, M. (Ed.), *Handbook Of Plant And Crop Stress*. Marcel Dekker, New York: 3-11.

### T

**138. Taylor, C R. 1996 –** Proline And Water Deficit: Downs And Outs. *The Plant Cell*., 8,P, 1221-1224.

**139. Tester, M., Davenport, R.J. (2003).** Na<sup>+</sup> Tolerance And Na<sup>+</sup> Transport In Higher Plants. *Ann. Bot. (Lond.)*. 5: 503-527.

**140. Tremblin, G. 2000 :** Comportement Auto-Ecologique De *Halopeplis Amplexicaulis*: Plante Pionnière Des Sebkhass De L'ouest Algérien. *Sécheresse*.11 (2): 109-116.

### V

**141. Valdez, V. 1994.** *Cultivode Aji*, Edition : Centro d'information de FDA. 17pVegetable crops.Ed. NayaProkash. Calcutta, India, pp 101 – 105.

### W

**142. Wang,Y., Nil, N., 2000:** Changes In Chlorophyll, Ribulosebiphosphate Carboxylase-Oxygenase, Glycine Betaine Content, Photosynthesis And Transpiration In *Amaranthus Tricolor* Leaves During Salt Stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623-627.

## Références bibliographiques

---

**143. Wong J Y., Lin H. 2000.** Effect of Soil pH, nitrogen from and VA-mycorrhiza infection on acquisition of soil phosphorus by paprika plant. Food Science and Agricultural chemistry, 2(3) :25-35p

### Z

**144. Zalom F.G, Shaw D.V, Larson K.D. 2007.** Strawberry Insect and Mites in California: Ecology and Control.

**145. Zerrad, W., Maataoui1, B.S., Hilali1, S., El Antri Et, S., Hmyene, A. 2008.** Étude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Lebanese Science Journal, Vol. 9, No. 2. P: 30-340

**146. Zhu., Meinzer. (1999).** In Parida, A.K; Das, A.B. (2005). Salt Tolerance And Salinity Effects On Plants: A Review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60: 324-349.

**147. Zhu, J.K. 2001 -** Plant Salt Tolerance. Trender In Plant Sci. 6: 66-71.

**148. Zid, E., Grignon, C., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF – UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris : 91-108.

# *Annexes*

## Annexes

### Annexe I: Les matériels utilisés

- **Appareillages**

-Spectrophotomètre (type Spectronic 20 Genysis TM).

-Balance électrique.

-Bain-marie

-Agitateur magnétique.



**Bain-marie**



**Spectrophotomètre**



**Balance électrique**

- **Verrerie**

-Fioles, tubes à essais, entonnoirs, pipettes pasteur, béccher, spatule.

-Burette graduée

-Boites de pétri

-Verres à montre

-Erlenmeyer



**Figure 1 : Les verreries**

## **Annexe II : les solvants utilisés**

-Ethanol.

-Acide sulfurique.

-Phénol.

-Acétone.

-Méthanol.

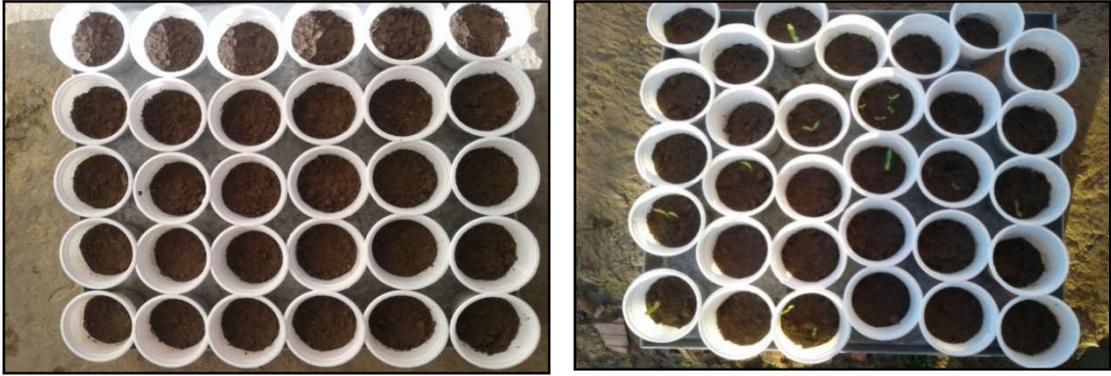
- Acide acétique.

- Acide orthophosphorique.

-Toluène.



**Figure 2 : Les solvants utilisés**



**Figure 3 :** La culture de poivron doux de la variété (Sup M et M)

Les paramètres morphologiques et biochimiques mesuré :

- Les photos des deux variétés de poivron *Super marconi* et *Marconi* après

Le traitement par la salinité dans laboratoire

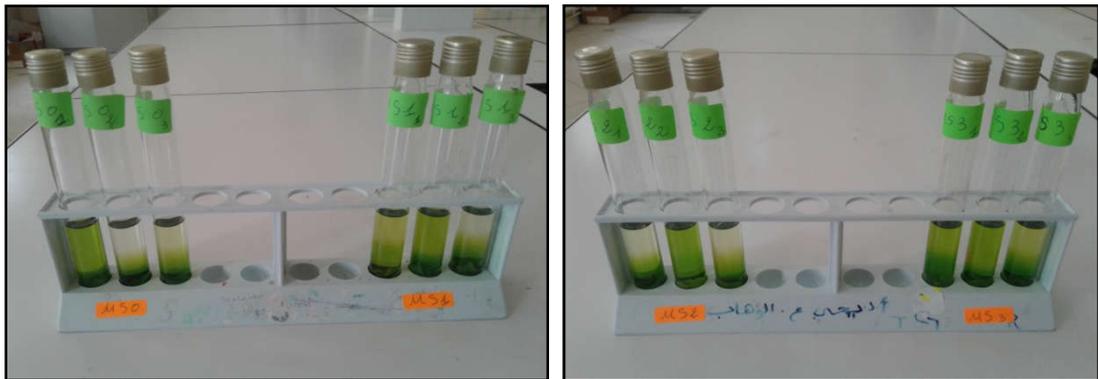


La variété de poivron *Super marconi* après l'enlèvement de pots

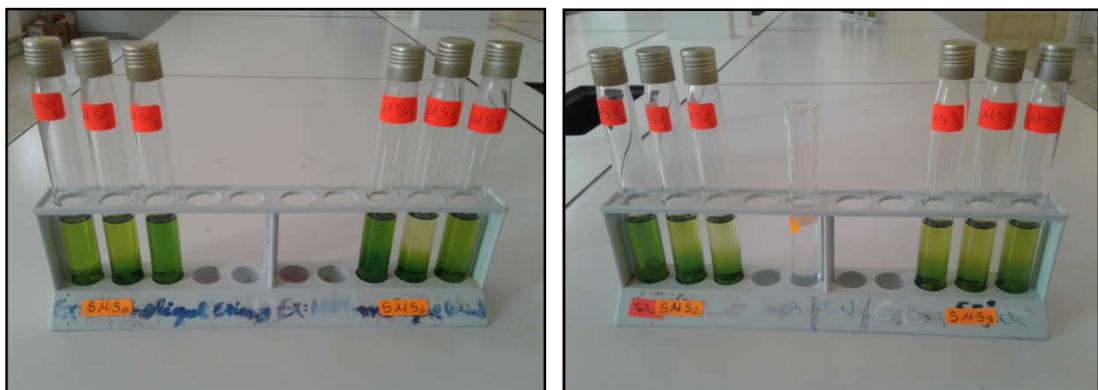


La variété de poivron *Marconi* après l'enlèvement de pots

### Les étapes d'extraction de chlorophylle



L'extraction de chlorophylle après 48h à l'obscurité chez la variété *Marconi*



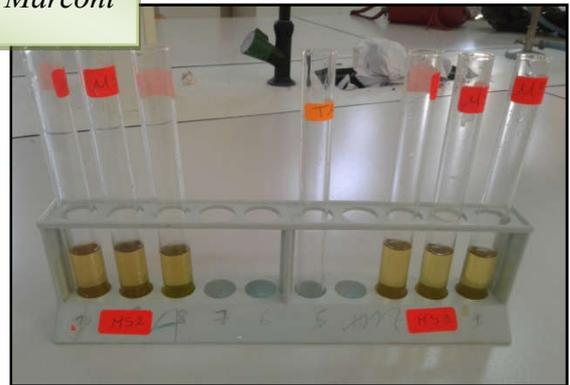
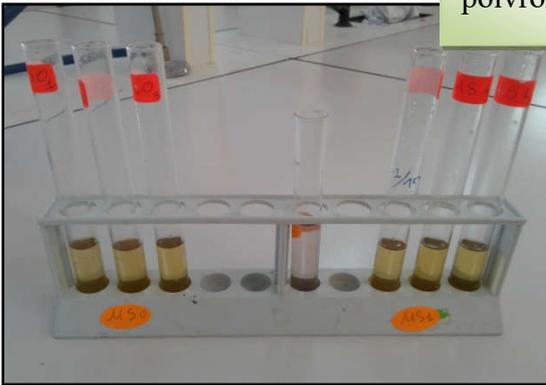
L'extraction de chlorophylle après 48h à l'obscurité chez la variété *Sup Marconi*



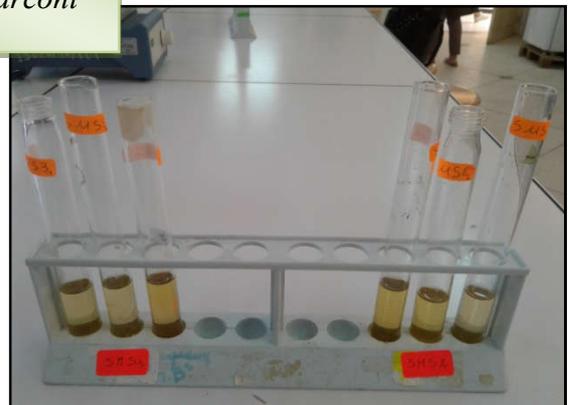
La solution d'extraction après chauffage dans un bain-marie (*Sup Marconi et Marconi*)

Les étapes d'extraction de sucre soluble

La variété de  
poivron *Marconi*

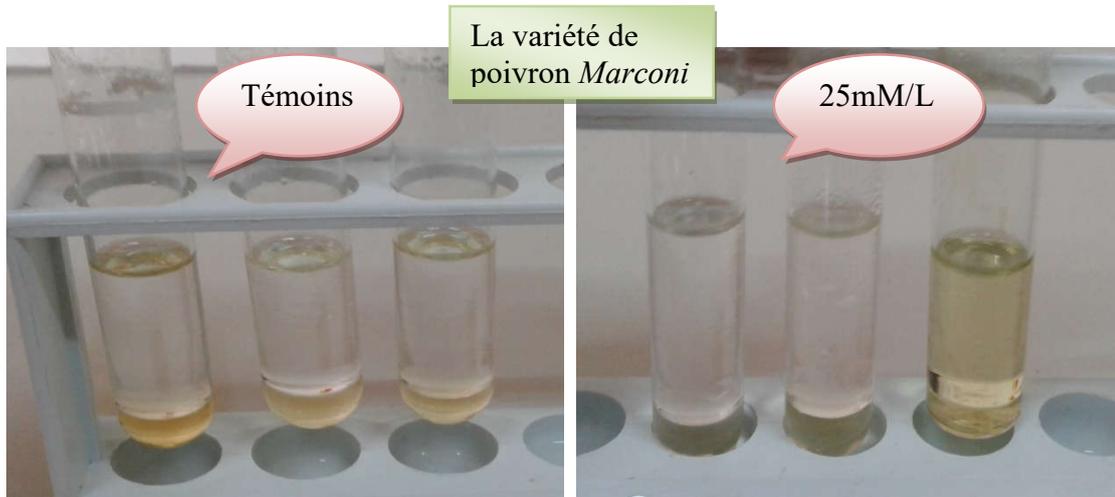


La variété  
*Super marconi*

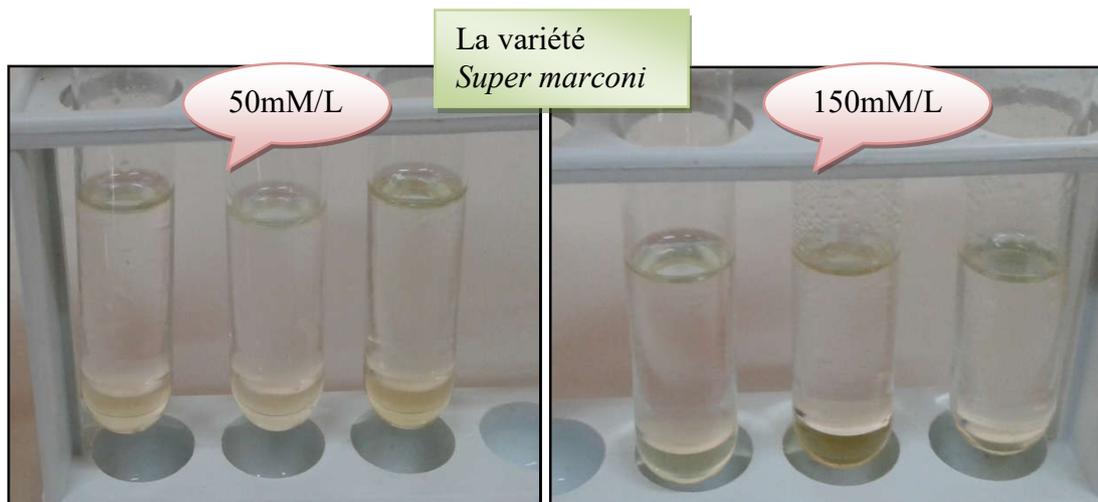


La solution d'extraction des sucres soluble après chauffage dans un bain-marie

## Les étapes d'extraction de proline



La solution d'extraction de proline après chauffage dans un bain-marie



La solution d'extraction de proline après chauffage dans un bain-marie



Les racines et les feuilles de la variété marconi



Les racines et les feuilles de la variété super marconi



Le dispositif expérimental de la variété *Super Marconi*



Le dispositif expérimental de la variété *Marconi*

Calcul des nombres des feuilles

SP	M
S0 = 12	S0 = 13
S1 = 11	S1 = 12
S2 = 10	S2 = 10
S3 = 6	S3 = 8

Calcul de longueur des tiges en (cm)

SP	M
S0 = 21.9	S0 = 18.8
S1 = 16.6	S1 = 15.7
S2 = 14.6	S2 = 14.9
S3 = 13	S3 = 13.9

Calcul de longueur des racines en (cm)

SP	M
S0 = 11.6	S0 = 10.3
S1 = 9.6	S1 = 9
S2 = 9.16	S2 = 7.6
S3 = 7.8	S3 = 5.3

Calcul de teneur des sucres soluble en ( $\mu\text{g}/1000\text{ mg MF}$ )

SP	M
S0 = 10.64	S0 = 10.69
S1 = 10.56	S1 = 10.78
S2 = 12.45	S2 = 12.08
S3 = 12.74	S3 = 12.56

Calcul de teneur des chlorophylles (a) en ( $\mu\text{g}/1000\text{ mg MF}$ )

SP	M
S0 = 13.88	S0 = 14.01
S1 = 9.62	S1 = 12.31
S2 = 5.96	S2 = 7.69
S3 = 2.9	S3 = 4.33

Calcul de teneur des chlorophylles (b) en ( $\mu\text{g}/1000\text{ mg MF}$ )

SP	M
S0 = 25.25	S0 = 25.87
S1 = 22.01	S1 = 19.83
S2 = 15.82	S2 = 13.42
S3 = 7.86	S3 = 5.9

Calcul de teneur des chlorophylles (T) en ( $\mu\text{g}$  /1000 mg MF)

SP	M
S0 = 39.97	S0 = 39.13
S1 = 32.14	S1 = 31.63
S2 = 21.11	S2 = 21.78
S3 = 14.23	S3 = 10.83

Calcul de teneur des Caroténoïde en ( $\mu\text{g}$  /1000 mg MF)

SP	M
S0 = 3.92	S0 = 4.55
S1 = 3.81	S1 = 3.91
S2 = 3.18	S2 = 2.66
S3 = 1.60	S3 = 1.06

Calcul de teneur de proline en ( $\mu\text{g}$  /1000 mg MF)

SP	M
S0 = 1.63	S0 = 1.59
S1 = 3.14	S1 = 2.79
S2 = 4.45	S2 = 4.40
S3 = 5.45	S3 = 5.79

Matrice de corrélation :

Matrice de corrélation :

Variables	variété- M	variété- SP	salinité- S0	salinité- S1	salinité- S2	salinité- S3	NF	LT	LR	Chl a	Chl b	Chl T	Car	Suc	Pro
variété- M	<b>1,000</b>	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,231	-0,128	-0,413	0,185	-0,105	0,257	-0,036	-0,038	0,014
variété- SP	-1,000	<b>1,000</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,231	0,128	0,413	-0,185	0,105	-0,257	0,036	0,038	-0,014
salinité- S0	0,000	0,000	<b>1,000</b>	-0,333	-0,333	-0,333	0,600	0,884	0,699	0,731	0,699	0,788	0,578	-0,568	-0,794
salinité- S1	0,000	0,000	-0,333	<b>1,000</b>	-0,333	-0,333	0,333	-0,005	0,166	0,305	0,320	-0,028	0,389	-0,564	-0,243
salinité- S2	0,000	0,000	-0,333	-0,333	<b>1,000</b>	-0,333	0,067	-0,302	-0,141	-0,288	-0,194	-0,275	-0,084	0,444	0,297
salinité- S3	0,000	0,000	-0,333	-0,333	-0,333	<b>1,000</b>	0,867	-0,577	-0,723	-0,748	-0,825	-0,485	-0,883	0,688	0,739
NF	0,231	-0,231	0,600	0,333	-0,067	-0,867	<b>1,000</b>	0,764	0,721	0,947	0,918	0,731	0,927	-0,869	-0,903
LT	-0,128	0,128	0,884	-0,005	-0,302	-0,577	0,764	<b>1,000</b>	0,832	0,867	0,855	0,637	0,729	-0,788	-0,914
LR	-0,413	0,413	0,699	0,166	-0,141	-0,723	0,721	0,832	<b>1,000</b>	0,788	0,918	0,613	0,877	-0,757	-0,898
Chl a	0,185	-0,185	0,731	0,305	-0,288	-0,748	0,947	0,867	0,788	<b>1,000</b>	0,933	0,759	0,901	-0,927	-0,975
Chl b	-0,105	0,105	0,699	0,320	-0,194	-0,825	0,918	0,855	0,918	0,933	<b>1,000</b>	0,761	0,974	-0,915	-0,973
Chl T	0,257	-0,257	0,788	-0,028	-0,275	-0,485	0,731	0,637	0,613	0,759	0,761	<b>1,000</b>	0,750	-0,657	-0,776
Car	-0,036	0,036	0,578	0,389	-0,084	-0,883	0,927	0,729	0,877	0,901	0,974	0,750	<b>1,000</b>	-0,874	-0,925
Suc	-0,038	0,038	-0,568	-0,564	0,444	0,688	0,869	-0,788	-0,757	-0,927	-0,915	-0,657	-0,874	<b>1,000</b>	0,916
Pro	0,014	-0,014	-0,794	-0,243	0,297	0,739	0,903	-0,914	-0,898	-0,975	-0,973	-0,776	-0,925	0,916	<b>1,000</b>