



*République Algérienne Démocratique Et Populaire*

*N série :....*

*Ministère de l'enseignement supérieur et De la recherche scientifique*

*Université de Hamma Lakhdar - El Oued –*

*Faculté des Science de la Nature et de la Vie*

*Département D'agronomies*

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en sciences agronomiques**

**Domaine : Sciences de la nature et de la vie**

**Spécialité : Production végétale**

### **THEME**

***Evaluation de l'efficacité des stimulateurs de  
défense des plantes dans la résistance des effets  
de stresse salin.***

**Présenté par :**

**BRIK Rania**

**SAADOUNI Mohamed**

**Devant le jury composé de :**

MAYOUF Rabah	M.C.A	Université de Hamma Lakhdar-El Oued	Président
ZOUAIOUECHE Fatima Zahra	M.C.B	Université de Hamma Lakhdar-El Oued	Examinatrice
BABAUSMAIL Mahfoud	M.C.B	Université de Hamma Lakhdar-El Oued	Promoteur

**-Année universitaire 2020/2021**



## REMERCIEMENT

Loué soit Dieu Tout-Puissant, qui nous a honorés de la bénédiction de nos parents et nous a chéris de la bénédiction de la religion

Il nous a accordé la grâce de la raison et de la santé, a complété sur nous la grâce de la plume et de la certitude, et nous a tout soumis.

Nous remercions Dieu Tout-Puissant pour sa générosité qui a illuminé notre chemin, facilité nos affaires, nous a aidés avec patience et remercions Dieu avant tout.

Les stylos se dessèchent, les phrases disparaissent, la langue est incapable de s'exprimer, et nous ne trouvons pas les mots de remerciement et les plus hautes expressions d'appréciation.

Nous le présentons à l'honorable stade « **BABAUSMAIL Mahfoud** » pour l'honorable acceptation de ce message et pour les efforts formidables qu'il a déployés avec nous.

Nous adressons également nos remerciements et notre gratitude à l'honorable stade "**MAAYOUF Rabeh**" pour avoir accepté la discussion de cette thèse et pour avoir présidé le comité de discussion.

Nous remercions également la vertueuse professeure « **ZOUAIOUACH Fatima El-Zahra** » pour sa générosité et presque accepté la discussion de cette thèse en sa qualité de membre correcteur.

Nous adressons nos remerciements particuliers au détective officiel pour les bonnes manières et le bon traitement

Et fournir l'atmosphère appropriée pour travailler "**Bouchra**".

Et n'oublions pas tous les éminents professeurs dans le domaine des sciences agricoles et de la production végétale.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Merci à tous sans exception.

## Dédicace

A celui qui a transmis le message et a rempli la confiance et a conseillé la nation..

Au prophète de la miséricorde et de la lumière des mondes

"Notre Maître Muhammad, que Dieu le bénisse et lui accorde la paix"

A qui les mots courent pour s'exprimer, qui m'ont appris et éprouvé des difficultés pour arriver à ce que je suis en Et quand les soucis m'accablent, je nage dans la mer de sa tendresse pour apaiser ma peine, ma chère.

A la lumière qui éclaire le chemin du succès, mon cher père.

Aux princes incontestés de notre maison... mon frère et ma sœur sont le couronnement de ma tête. « **Mohammed El-Saghir. Amine, Fatma.** »

A ceux qui me donnent le chemin et me soutiennent et parlent de leurs droits pour me faire plaisir et vivre dans le bonheur.

Pour ceux qui remplissent ma vie de joie et de bonheur... qui rendent ma vie merveilleuse... qui me donnent un fort sentiment de bonheur d'être leur sœur...

« **B-chaima** » « **Karima** ». « **L-chaima** ». Sur tout la dernière « **Souad** ».

A l'âme qui a illuminé le chemin pendant cinq ans, à l'exception de la sœur que ma mère n'a pas mise au monde, et j'ai hâte de la voir, je la distingue avec ma plume et je me souviens d'elle dans mon cœur « **BEN SAID Bouchra** ».

Pour l'honneur et la fierté de mes oncles et tantes et de leurs enfants les vents de ma vie.

L'amitié est une belle chose, mais la plus belle chose est d'avoir un ami plus proche et un frère aîné à ceux qui m'ont appris le sens de la loyauté.

Je dédie ce succès comme le début de son succès, et la dédicace n'est pas complète sans mentionner la plus proche de mon cher cœur « **ROUINA Abedrazak** ».

A celui qui a partagé l'effort et le travail avec moi, « **Saadouni Mohamed** ».

A tous les collègues qui m'ont accompagné dans le parcours académique 2019/2021. Pour tout cela, je peux atteindre ma mémoire mais mon journal ne pouvait pas.

Rania

## Dédicace

Je dédie

Ce modeste travail à mon père et ma mère école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. À celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse.

À tous mes frères : "**Djilali** ", "**Abdelatif** " , "**Abdelkrim** " , "**Abdalilah** "

" **Fatima** " , "**Halima** " , "**Yamina** " , "**Oum kaltom** " .

À Mes chers amis et mes collègues .

Les gens qui ont partagé l'effort et travaillent avec moi" **Rania** "

À tous mes collègues de Agronomie j'aime.....À tous mes amies.....

Tous qui m'ont connu

A ceux et celle que j'aime, je présente ce travail.

Mohamed

## **Résumé**

## **Résumé:**

La salinité provoque différents stress sur la croissance des plantes, dont une diminution du rendement des cultures qui peut conduire à la mort de certaines plantes. L'objectif de notre étude est de connaître l'effet de certains traitements ( Levure, Acide Salicylique et Zéolithe) sur les plants de laitue en présence du stress salin. L'expérience a été réalisée dans la zone agricole d'Ain El-Fath, la municipalité d'Ingezmir, Adrar. Une parcelle est divisée en 4 traitements ( Levure, Acide Salicylique et Zéolithe) irrigué par 4 concentrations de salinité (0-50-100-150 ) mM, ce qui construit 16 blocs. Après 8 semaines, les paramètres morphologiques des plants de ont été mesurés à savoir de : nombre de feuilles, surface foliaire, poids, hauteur de tige. En plus, des paramètres biochimiques ont été révélés au laboratoire, qui sont : le pourcentage de sucre dans les feuilles, la proline, la chlorophylle A et B. Les plantes traitées avec des levures ont manifestés une résistance dans tous les critères morphologiques étudiés sauf pour la hauteur. Les plantes traitées avec de l'acide salicylique ont montré des bons résultats, quant à celles traitées avec du Zéolithe, elles ont montré une résistance dans le nombre et la surface des feuilles , comme pour le poids sec. Concernant les paramètres biochimiques, les résultats ont montré la supériorité de Zéolithe dans l'augmentation de la proportion de proline, de sucre et de chlorophylle B par rapport aux le reste des traitements, tandis que la chlorophylle A était plus importante en proportion de l'acide salicylique.

**Mots clés :** Salinité, Laitue, Acide salicylique, Levure, Zéolithe.

**Summary:**

Salinity causes various stresses on plant growth, including a decrease in crop yield which can lead to the death of certain plants. The objective of our study is to know the effect of certain treatments (Yeast, Salicylic Acid and Zeolite) on lettuce plants in the presence of salt stress. The experiment was carried out in the agricultural area of Ain El-Fath, the municipality of Ingezmir, Adrar. A plot is divided into 4 treatments (Yeast, Salicylic Acid and Zeolite) irrigated by 4 concentrations of salinity (0-50-100-150) mM, which builds 16 blocks. After 8 weeks, the morphological parameters of the plants were measured, namely: number of leaves, leaf area, weight, height of stem. In addition, biochemical parameters were revealed in the laboratory, which are: the percentage of sugar in the leaves, proline, chlorophyll A and B. The plants treated with yeasts showed resistance in all the morphological criteria studied except for height. The plants treated with salicylic acid showed good results, as for those treated with Zeolite, they showed resistance in the number and area of the leaves, as for the dry weight. Regarding the biochemical parameters, the results showed the superiority of Zeolite in increasing the proportion of proline, sugar and chlorophyll B compared to the rest of the treatments, while chlorophyll A was more important in proportion to the salicylic acid.

**Key words:** salinity, lettuce - Salicylic acid - yeast - Zeolite

## المخلص:

تسبب الملوحة ضغوطاً مختلفة على نمو النبات ، بما في ذلك انخفاض غلة المحاصيل التي يمكن أن تؤدي إلى موت بعض النباتات. الهدف من دراستنا هو معرفة تأثير بعض العلاجات (الخميرة وحمض الساليسيليك والزيوليت) على نباتات الخس في ظل الإجهاد الملحي. أجريت التجربة في منطقة عين الفتاح الزراعية التابعة لبلدية إنجزمير أدرار. قسمت قطعة الأرض إلى 4 معالجات (الخميرة وحمض الساليسيليك والزيوليت) مسقية بـ 4 تراكيز ملوحة (0-50-100-150) ملمول والتي تتكون من 16 قطعة. بعد 8 أسابيع تم قياس المعايير المورفولوجية للنباتات وهي: عدد الأوراق ، مساحة الورقة ، الوزن ، ارتفاع الساق. بالإضافة إلى ذلك ، تم الكشف عن المعايير البيوكيميائية في المخبر وهي: نسبة السكر في الأوراق ، البرولين ، الكلوروفيل أ ، ب. أظهرت النباتات المعالجة بالخميرة مقاومة في جميع المعايير المورفولوجية المدروسة باستثناء الارتفاع. وأظهرت النباتات المعالجة بـ حمض الساليسيليك نتائج جيدة بالنسبة للارتفاع، أما النباتات المعالجة بالزيوليت فقد أظهرت مقاومة في عدد الأوراق وسطحها وكذلك الوزن الجاف. فيما يتعلق بالمعيار البيوكيميائية ، أظهرت النتائج تفوق الزيوليت في زيادة نسبة البرولين والسكر والكلوروفيل مقارنة بباقي المعاملات ، بينما كانت نسبة الكلوروفيل 1 أكثر بالنسبة لنباتات المعالجة بـ حمض الساليسيليك .

**الكلمات المفتاحية:** الملوحة - الخس - حمض الساليسيليك - الخميرة - الزيوليت.

# Sommaire

## Sommaire

**Remerciement**

**Dédicace**

**Résumés**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste d'abréviations**

**Introduction** .....01

### **CHAPITRE I\_ SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

1.1. Présentation de l'espèce.....03

1.2. 1-1-1origine.....03

1.1.2. Classification et systématique .....03

1.1.3. Caractéristiques morphologiques, biologiques, physiologiques et biologie florale de la laitue .....04

1.1.4. Diversité génétique de la laitue .....07

1.1.5. Les pratiques agricoles .....09

1.1.5.1. Type de sol .....09

1.1.5.2. Condition climatique .....09

1.1.5.3. Plantation Semis.....09

1.1.5.4. L'irrigation.....10

1.1.5.5. Fertilisation.....10

1.1.6. L'intérêt de la laitue.....12

### **CHAPITRE II : La salinité**

**2.1- Définition**.....13

**2.2- Le stress salin**.....13

**2.3- L'origine de la salinité**.....13

**2-4 La minéralisation de la matière organique**.....14

**2-5 Conséquences de la salinité sur la plante**.....14

**2.5.1. Effet de la salinité sur la germination**.....15

2.5.2. L'effet de la salinité sur la croissance.....	15
2.5.3. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	17
2.5.4. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante.....	17
2.5.5. L'effet de la salinité sur les enzymes anti oxydantes.....	18
2.5.6. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante.....	19
2-6 Adapter la plante à la salinité.....	20

### **CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES**

3-1 Présentation de la région d'étude .....	22
3-2 Matériel utilisé.....	24
3-3 Matériel végétale .....	24
3-4 Déroulement de l'expérience .....	25
3-5 Préparation des traitements .....	25
3-5-1 La solution saline .....	25
3-5-2 La levure.....	25
3-5-3 Acide salicylique .....	25
3-5-4 Zéolithe .....	25
3-6 Les mesures .....	26
3-6-1 Les mesures biométriques .....	26
3-6-2 Les mesures chimiques .....	26

### **CHAPITRE VI : Résultats et discussion**

4-1 Influence sur les paramètres morphologiques.....	30
4-1-1 Longueur des racines .....	30
4-1-2 Hauteur .....	31
4-1-3 Nombre des feuilles .....	33
4-1-4 Surface .....	34
4-1-5 Poids Frais .....	36
4-1-6 poids sèche .....	37
4-2 Paramètres biochimiques .....	38
4-2-1 Estimation de la proline dans les feuilles.....	38

4-2-2 Estimation des sucres dans les feuilles.....	40
4-2-3 Dosage de la chlorophylle (A) dans les feuilles.....	43
4-2-4 Dosage de la chlorophylle(B) dans les feuilles.....	44

## **CONCLUSION**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **ANNEXE**

## LISTE DE TABLEAU

<b>Tableau (01) :</b> caractères utilisé de la laitue.....	24
<b>Tableau(02) :</b> préparation de la solution de sucre standard .....	28
<b>Tableau (03):</b> Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, acide salicylique, levure) sur la quantité de proline micro g / 100 mg d'une substance végétale dans les feuilles en conditions salines.....	38
<b>Tableau (04):</b> Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, levure, acide salicylique) sur la quantité de sucres micro g / 100 mg de matière végétale dans les feuilles de laitue en conditions salines.....	40
<b>Tableau (05):</b> Effet de la pulvérisation avec des régulateurs (acide salicylique, levure, Zéolithe) sur la quantité de chlorophylle (A) m mol / m F des plants de laitue dans des conditions salines.....	41
<b>Tableau (06):</b> Effet de la pulvérisation avec des régulateurs (acide salicylique, levure, Zéolithe) sur la quantité de chlorophylle (B) m mol / m F des plants de laitue dans des conditions saline.....	43

## LISTE DES FIGEURS

<b>Figure01:</b> Absorption du Carbone par des plantes dites en «C3 et en C4».....	06
<b>Figure 02:</b> Cycle de développement de la laitue.....	06
<b>Figure03 :</b> La situation géographique de la wilaya d'Adrar .....	22
<b>Figure04 :</b> Longue des plants sans stress salin .....	30
<b>Figure05 :</b> Longue des racines des plants C1=50mM.....	30
<b>Figure 06 :</b> Longue des racines des plants C2=100mM.....	30
<b>Figure 07 :</b> Longue des racines des plants C3=150mM.....	30
<b>Figure 08 :</b> Hauteur des plants sans stress salin .....	31
<b>Figure09:</b> Hauteur des plants C1=50mM.....	31
<b>Figure10 :</b> Hauteur des plants C2=100mM.....	32
<b>Figure11 :</b> Hauteur des plants C3=150mM.....	32
<b>Figure12 :</b> Nombre des feuilles des plants.....	33
<b>Figure13 :</b> Nombre des feuilles des plants C1=50mM.....	33
<b>Figure14 :</b> Nombre des feuilles des plants C2=100mM.....	33
<b>Figure 15 :</b> Nombre des feuilles des plants C3=150mM.....	33
<b>Figure16 :</b> Surface des feuilles des plants sans stres salin .....	34
<b>Figure 17 :</b> Surface des feuilles des plants C1=50mM.....	34
<b>Figure 18 :</b> Surface des feuilles des plants C2=100mM.....	35
<b>Figure 19 :</b> Surface des feuilles des plants C3=150mM.....	35
<b>Figure20 :</b> Poids frais des plants sans stress salin .....	36
<b>Figure 21 :</b> Poids frais des plants C1=50mM.....	36
<b>Figure 22 :</b> Poids frais des plants C2=100mM.....	36
<b>Figure 23 :</b> Poids frais des plants C3=150mM.....	36
<b>Figure 24 :</b> Poids séché des plants sans stress salin .....	37
<b>Figure 25 :</b> Poids séché des plants C1=50mM.....	37
<b>Figure 26 :</b> Poids séché des plants C2=100mM.....	37

<b>Figure 27</b> : Poids séché des plants C3=150mM.....	37
<b>Figure 28</b> : Effet de la pulvérisation des traitements (Zéolithe, acide salicylique, levure) sur la quantité de proline micro g / 100 mg d'une substance végétale dans les feuilles en conditions salines.....	39
<b>Figure 29</b> : Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, levure, acide salicylique) sur la quantité de sucres micro g / 100 mg de matière végétale dans les feuilles de laitue en conditions salines.....	40
<b>Figure 30</b> : L'effet de la salinité et des régulateurs de croissance sur la quantité de chlorophylle (A) m Mol / mF dans les feuilles de laitue.....	42
<b>Figure 31</b> : L'effet de la salinité et des régulateurs de croissance sur la quantité de chlorophylle (b) m Mol / mF dans les feuilles du plant de laitue.....	43

## LISTE DES ABREVIATIONS

**AS** : acide salicylique.

**Lev** : Levure.

**Zéo** : Zéolithe.

**C ; Conc** : concentration.

**Organ** : organisation.

**mM** : Milli melle.

**Cm** : Centimètre.

**Tém** : Témoin.

**Na Cl** : Chlorure de sodium.

**%** : pourcentage.

**Chl** : chlorophylle

# Introduction

## Introduction

La salinisation des sols constitue un problème important, notamment dans les zones arides et semi-arides (**Sharma et al, 2016**), provoquant une dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dont les conséquences sont la diminution de la fertilité des sols qui entraîne une réduction des rendements des cultures et parfois la disparition du couvert végétal naturel (**Shrivastava et Kumar, 2015**). L'Algérie est parmi les pays les plus menacés par ce problème, dont plus de 20 % des sols irrigués sont concernés par la salinisation (**Douaoui et Hartani, 2007**).

La laitue, l'un des légumes de salade les plus importants' est considérée comme une culture maraichère sensible ou relativement sensible au sel, il contient des composés photochimiques' y compris des vitamines, caroténoïdes, poly phénols' antioxydants et fibre (**Serafini et al. 2002;Nicolle et al. 2004;Barassi et al. 2006; Pérez López et al. 2013**). Les effets délétères du stress salin en laite ont été enregistrés sur la production de biomasse, en raison au déséquilibre ionique, aux effets toxiques et osmotique effets (**Zapata et al. 2003; Barassi et al. 2006; Yildirim et al. 2011; Ekinici et al. 2012**).

Le phénomène de salinité provoque soit des stress physiologiques qui affectent les différents stades de croissance des plantes, notamment en réduisant la production et le rendement des cultures, soit entraînant la mort de la plante si elle est en forte concentration, notamment les plantes sensibles au sel.

Pour cette raison, notre étude sur ce sujet est venue tenter de savoir dans quelle mesure certains traitements, à savoir (Acide salicylique, Levure, Zéolithe) peuvent affecter les plants de laitue, sous le stress salin, et cela conduit au problème suivant :

Quel est l'impact de ces traitements exogènes sur la croissance des plants de la laitue pour résister au stress salin sur le plan morphologique, physiologique et biochimique?

Pour répondre à ce problème, nous avons divisé notre étude en deux parties :

Partie théorique qui comprend deux chapitres :

-Le premier chapitre : nous avons traité de l'étude du plant de laitue.

-Le deuxième chapitre : nous avons traité de l'étude de la salinité.

## Introduction

---

Et une partie pratique. Cette partie est composée par « matériel et méthodes », qui est une description des étapes et des conditions liées à l'étude réalisée sur le terrain, les observations et les analyses de laboratoire, puis les résultats recueillis sont interprétés et discutés dans la partie « résultats et discussion », et une conclusion pour conclure l'étude.

# **Chapitre I**

## **Synthèse Bibliographique**

## CHAPITRE I

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1. Présentation de l'espèce

## 1.1.1. Origine

La laitue (*Lactuca satival.*) Est une plante herbacée, annuelle, qui appartient à la famille des Astéracées, division des magnoliophytes, et la classe des magnoliopsides, originaire de Asie de l'Ouest et appartenant à la famille des Astéracées (Zorrig, 2010).

L'origine de la laitue cultivée est incertaine: est-ce une descendante de la forme sauvage *Lactuca serriola* ou une demi-sœur de *L. serriola*. D'après le botaniste Boissière, l'espèce laitue pourrait provenir de formes sauvages originaires des montagnes du Kurdistan. Sa culture n'est pas très ancienne puisque les premières mentions indiscutables de culture de laitue ont été trouvées dans la littérature grecque et romaine. La laitue semble avoir été très populaire dans le monde grec (nom: tridax) et romain (nom: lactuca) (Zorrig, 2011).

La laitue cultivée se distingue des formes sauvages par plusieurs caractères morphologiques dits de domestication: formation d'une pomme, ou tout au moins d'un stade végétatif marqué, avec un grand nombre de feuilles formant un paquet plus ou moins serré, absence d'épines sous les feuilles, diminution du latex et de l'amertume, capitules resserrés dans les bractées permettant de retenir les graines sur la plante à maturité (Pitrat et Foury, 2004).

## 1.1.2. Classification et systématique

Le genre *Lactuca* est un des plus importants de la famille des Astéracées. A la fin du XIXe siècle, on en comptait une quarantaine d'espèces, 150 à 180 dans les années 1950 ; on dénombre aujourd'hui plus de 1500 variétés commerciales, regroupées en 3 espèces.

Principales : *Lactuca indica*, *Lactuca serriola* et *Lactuca sativa*, toutes les trois décrites par L. inne (Pitrat et Foury, 2004; Zorrig, 2011).

Il existe 5 classes ou groupes de *Lactuca sativa* .

- les Pommées (ou “cabbage” en anglais), dénommées *L. sativa* var *capitata*;
- les Romaines, ou chicons (“romaines” ou “cos”), *L. sativa* var *longifolia* ;
- les Frisées (“Summercrisps”, “Batavian crisps” ou “French crisps”), *L. sativa* var *crispa* ;

- les A tiges (“Stem” ; jusque 50 cm de haut), *L. sativa* var *augustana* ;
- Les Grasses (“Leaf”, “Oil seed”), *L. sativa* var *laciniata*.

Les classifications, systématiques, dépendent de nombreux aspects morphologiques comme la couleur, la taille, la forme générale des feuilles, mais aussi des semences (**Pitrat et Foury, 2004; Zorrig, 2011**).

### **1.1.3. Caractéristiques morphologiques, biologiques, physiologiques et biologie florale de la laitue :**

#### **A: Caractéristiques morphologique :**

La laitue est une plante annuelle de jours longs à cycle court. Elle développe une rosette de feuilles entières, capable ou non selon le type, de former une pomme. Après la formation de cette dernière, la tige subit une élongation et l’apex évolue en hampe florale dont les feuilles sont larges, allongées, cloquées et imbriquées en plusieurs couches plus ou moins serrées. Les fleurs sont jaunes et réunies en grappes.

Comparées aux hybrides, la plante d’origine se distingue d’un côté par sa forme très allongée à cause des feuilles qui sont moins larges et de l’autre par son goût amer (**Lakhdari et al. 2010**).

Les semences sont décrites par **Lakhdari et al.,(2010)**, comme des graines fines, allongées, pointues et aplaties, d’une couleur grise au centre et jaune aux pointes.

Les caractéristiques de la semence sont :

- Nombre de graines par gramme : 800 à 1000 graines
- Longévité moyenne de la graine : 4 à 6 ans
- Température de germination : 12°C -15°C-Plante des jours longs
- Germination s’effectue 7 à 10 jours selon la température du sol.

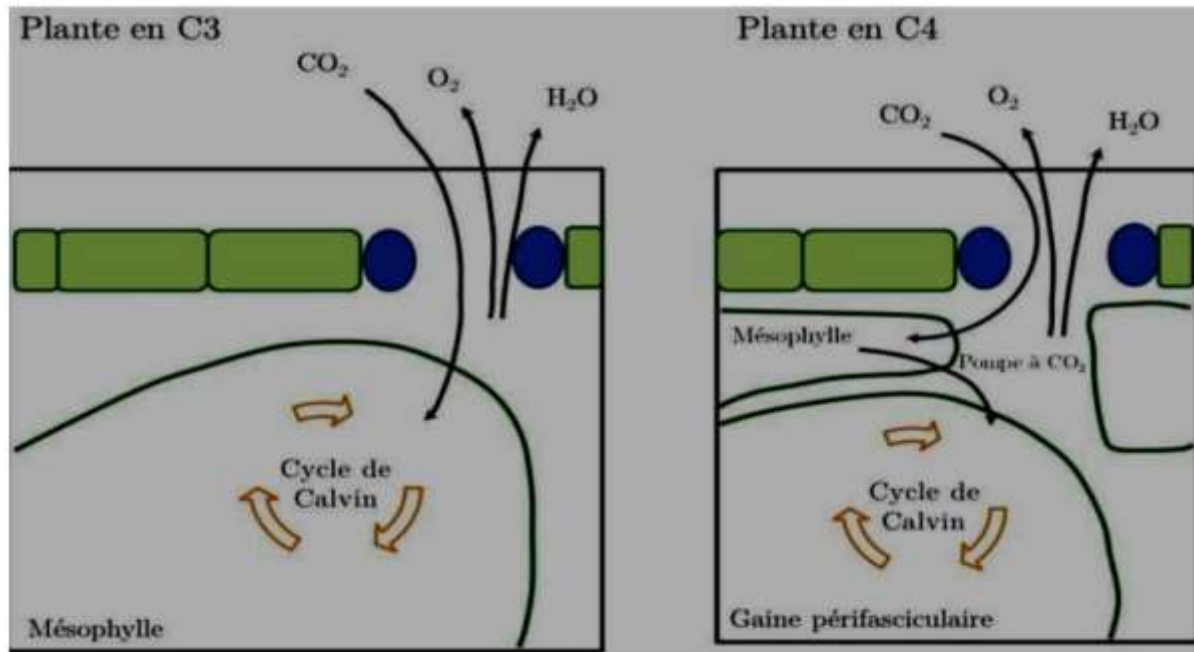
La conservation des semences est comprise entre une température de 4°C et 10°C. Dormance induite au-delà de 25°C. Pour une facilité de semis et une meilleure capacité de germination, les graines enrobées (95%) sont préférables par rapport aux graines nues (75%) (**Chalayer et al., 1998**).

**B: Caractéristiques biologiques et physiologiques :**

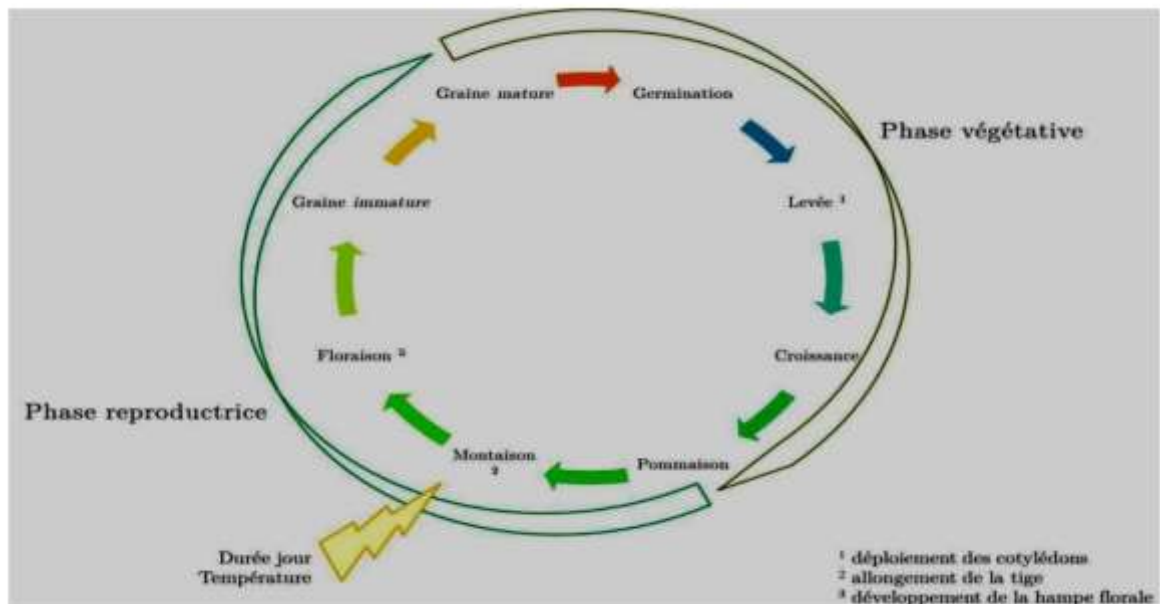
Cette herbacée dicotylédone feuilles glabres et ovales (on parle aussi de légume-feuille en parlant de la laitue) est une plante de type C3: elle incorpore le carbone atmosphérique lors de la photosynthèse strictement sous la forme de 3-phosphoglycérate, acide a 3 atomes de carbone (Figure 01). Les plantes de ce type (riz, blé, soja, laitue...) sont les plus abondantes en agriculture. Ce fonctionnement s'oppose à celui des plantes de type C4 (ex : canne à sucre, maïs...), dont le premier produit carbone est l'oxalo-acetate, acide a 4 atomes de C) par le cycle de Calvin (Figures 01).

*L. sativa* est une plante annuelle : son cycle de développement se déroule sur une seule année (Figure 02), à partir d'une semence (graine) ovoïde, striée, de couleur noire, blanche ou jaune grisâtre. Cet akène dispos d'une aigrette poilue pour faciliter la dissémination par le vent (anémochorie). **Thicoipe (1997)**, a souligné la grande variabilité du cycle de développement : de 45 jours en période estivale à 6 mois l'hiver, la montaison est très photosensible. On distingue d'ailleurs des laitues de printemps, d'été, d'automne et d'hiver.

La température influence également le développement de la plante à travers la germination et la montaison (de 0 à 25 °C ; optimum : 18 –22 °C). Ceci explique en partie la diminution du nombre de sous-espèces ou de variétés de laitues des régions boréales et tempérées aux régions semi-arides a tropicales. Dans le cadre de la conservation des semences et de leur préservation du vieillissement, à des fins scientifiques ou strictement potagères, il convient de stocker ces semences à l'abri de la lumière, de la chaleur, et d'une trop grande humidité (**Renard, 1986 ; Huang et al. 2003**).



**Figure01:** Absorption du Carbone par des plantes dites en «C3 et en C4». (Huang et al., 2003)



**Figure 02:** Cycle de développement de la laitue (Huang et al. 2003)

#### 1.1.4. Diversité génétique de la laitue :

##### A. Ressources génomiques La laitue :

Est une espèce diploïde ( $2n=18$ ). Son génome est d'une taille très grande (entre 2.6 et 2.7 Gb), à savoir 16 fois plus grand que celui d'A. Thaliana (**Michaelson et al, 1991**). Mis à part des séquences EST et des séquences du génome chloroplastique, les ressources génomiques de la laitue sont très limitées.

Les deux principaux projets qui se sont intéressés au séquençage de la laitue sont :

- ✓ un projet américain (The Compositae Genome Project -University of California, Davis -Project ID NCBI: 12868) qui a engendré les 80779 séquences EST disponibles dans les banques de données et qui correspondent à 26720 gènes (**<http://compgenomics.ucdavis.edu>**).
- ✓ Un projet japonais (Project ID NCBI: 16160 -Research Institute of Innovative Technology for the Earth) qui a permis d'engendrer les séquences du génome chloroplastique elles aussi disponibles dans les banques de données.
- ✓ Une carte génétique correspondant à plus de 2700 marqueurs groupés en 9 «linkage groups» a été élaborée suite à un croisement interspécifique entre *L. sativa* et *L. serriola* (**Landry et al, 1987; Kesseli et al, 1994; Truco et al, 2007**).

Ces lignées recombinantes ont été produites dans le cadre du projet européen ANGEL (**<http://www.plant.wageningen-ur.nl/projects/angel/>**), et elles ont été distribuées à plusieurs groupes de recherche pour la réalisation de la cartographie. Grâce à cette carte, plusieurs QTL ont été identifiés pour plusieurs caractères phénotypiques y compris par exemple: l'architecture racinaire, la dormance des graines, la teneur en huile... (**Johnson et al., 2000**). De nombreux gènes de résistance à plusieurs maladies ont aussi été caractérisés grâce à cette carte (**Kesseli et al, 1993, Kesseli et al, 1994; Maisonneuve et al, 1994; Robbins et al, 1994**).

Actuellement, un nouveau projet est en cours de développement (Lettuce SFP Chip Project) dont l'objectif est d'exploiter une puce à ADN (Affymetrix highdensity Gene Chip® microarray) pour la détection de polymorphisme du type SFP (Single Feature Polymorphisms) pour plus que 35000 gènes de laitue (**<http://chiplett.ucdavis.edu>**).

Vu les ressources génomiques très limitées chez la laitue, l'initiation d'une approche moléculaire chez cette espèce est un travail assez lourd.

### **B. Ressources génétiques :**

La base de données des ressources génétiques internationale du genre *Lactuca* (The International *Lactuca* data base; (<http://documents.plant.wur.nl/cgn/pgr/ildb/>)) montre plus de 12000 accessions du genre *Lactuca* appartenant à plusieurs collections dans le monde. Néanmoins, un chevauchement considérable existe entre les collections (Zorrig, 2011).

Le centre des ressources génétiques de Wageningen inclut 2429 accessions de laitue y compris les espèces sauvages. Mis à part cette collection, d'autres petites collections existent partout dans le monde (Zorrig, 2011).

### **C. La production des hybrides :**

Les laitues en général, *L. sativa* en particulier, sont des plantes autogames (Pitrat et Foury, 2004). Tous les types de laitue sont parfaitement inter compatibles et des croisements manuels entre ces types sont couramment réalisés par les sélectionneurs. La castration manuelle est délicate, effectuée à l'ouverture du capitule par ablation à la pince du manchon d'étamines de chaque fleuron ou par lavage des capitules à l'eau. Des stérilités mâles, généralement utilisées par les sélectionneurs pour produire des variétés hybrides, ont été identifiées. Mais l'absence d'insectes pollinisateurs assez efficaces et le faible nombre de graines par capitule n'ont pas permis d'utiliser ce caractère en production de semences. Aussi, les variétés commerciales sont toutes des variétés fixées reproduites par autofécondation (Pitrat et Foury, 2004; Zorrig, 2011).

### **E Les variétés cultivées en Algérie :**

Les variétés les plus cultivées en Algérie sont groupées comme suit : (I.T.C.M.I., 2010).

Laitue à couper : laitue blonde et laitue frisée d'Amérique avec un cycle 40 à 50 jours.

Laitue pommée : Reine de mai, goutte jaune d'or ; Batavia, merveille des quatre saisons, tête de Nîmes et Divina avec un cycle de 60 à 85 jours.

Laitue Romaine : Balen, blonde maraîchère avec un cycle de 70 à 135 jours.

**1.1.5. Les pratiques agricoles :****1.1.5.1. Type de sol :**

La laitue, sensible à l'asphyxie, s'adapte tout de même à une grande variété de sols (limon sableux à limon argileux), mais elle préfère les sols avec un taux élevé de matière organique et avec une bonne fertilité comme les sols organiques appelés « terres noires ». Pour ces sols, un pH de 5,4 et une bonne capillarité favorisent grandement le développement de la laitue (**Jenni et Bourgeois, 2008, Plamondon, 2011**).

**1.1.5.2. Condition climatique :**

La laitue est un légume très populaire partout dans le monde avec une production de plus de 21 millions de tonnes cultivés chaque année. Malheureusement, plusieurs difficultés sont présentes dans le domaine de la laitue; elle est sensible à la photopériode et à la température. Des températures trop élevées couplées à de longues photopériodes peuvent mener à la formation de pommes lâches et à l'étiollement (**Thicoïpé, 1997**) ou encore, à la montaison hâtive des laitues (**Waycott et Ryder, 1993**).

**a. La température :**

La laitue est une culture adaptée aux climats frais, avec des températures optimales de croissance oscillant entre 7°C la nuit et 24 °C le jour (**Elattir et al, 2003, Jenni, 2010**). Selon **Elmhirst (2006)**, la température de germination devrait se situer entre 15°C et 18°C.

**b. L'éclairement :**

La croissance végétative est d'autant plus rapide que les jours sont longs (13 heures de luminosité par jour et plus) et la température élevée (optimum à 20°C); mais elle est également possible sous faible éclairement et basses températures selon les cultivars (**Verolet, 2001**).

**c. L'humidité :**

L'humidité trop élevée, particulièrement quand il fait frais favorise la condensation de la vapeur sur les feuilles et l'apparition de maladies telles que moisissure grise à Botrytis (**Elmhirst, 2006**).

**1.1.5.3. Plantation Semis:**

Le semis peut être réalisé pour les cultures en plein champ. Le semis s'effectuera sur un sol ressuyé et réchauffé du 1er au 31 mars en zone Sud et de la mi-mars à la mi-avril en zone

Nord. Profondeur : 1 à 2 mm Densité : 12 à 15 graines par mètre linéaire Écartement : 50 à 60 cm On favorisera le contact graine-sol à l'aide de la roue plombeuse à l'arrière des éléments semeurs du semoir de précision, puis on roulera derrière le semis si nécessaire. Au stade 5/6 feuilles, éclaircir le semis avec comme objectif, garder une plante tous les 10/15 cm

### **Plantation:**

La plantation peut être réalisée en plein champ, comme sous abri. Pour les plantations, les mottes sont fournies dans la majorité des cas par l'établissement semencier. Dans le cas contraire, fabriquer des mottes de 4 x 4 cm. Attention le terreau doit être labellisé Bio. Pour réussir le semis, semer dans un terreau frais sous abri, et recouvrir d'un film plastique les premiers jours. La germination optimale s'obtient une température de 15 à 20°C et doit s'effectuer en 2 ou 3 jours. Précaution indispensable : durcir les plants rapidement dès le stade 2/3 feuilles en enlevant le film plastique et en ouvrant les abris. Dans le cas contraire, les plants peuvent se fragiliser, s'étioler voire mourir. Le paillage lors de la plantation préserve la structure du sol, limite l'évaporation et empêche les adventices de se développer. Différents types de paillage peuvent être mis en œuvre (plastique biodégradable, paille...). La plantation est réalisée au moment où les jeunes racines sortent de la motte, ce qui correspond approximativement au stade 4/6 feuilles de la laitue. On plante alors 5 plants par mètre (**Colin et Lizot, 2003**).

#### **1.1.5.4. L'irrigation**

La laitue est moyennement sensible au stress hydrique : une ou deux irrigations de 25 à 30 mm pourront être mises en œuvre au début de la floraison et lors du stade remplissage des graines. Sous-abris, l'irrigation sera plus facile à gérer avec la technique goutte à goutte (**Colin et Lizot, 2003**).

#### **1.1.5.5. Fertilisation**

La fertilisation minérale et organique sont complémentaires. Les éléments minéraux apportent à la plante des nutriments rapidement assimilables. En revanche, les éléments nutritifs des produits organiques ne deviennent assimilables qu'après solubilisation et transformations chimiques et biochimiques (phénomène de minéralisation). Un bon fonctionnement du sol favorise ces transformations, l'apport de matières organiques en qualité

et en quantité suffisante garantit la bonne santé du sol et la mise à disposition des éléments minéraux pour la plante (**Grasset, 2008**).

#### **a. Organique :**

Les besoins azotés de la laitue sont assez faibles et peuvent être couverts par les reliquats d'une tête d'assolement exigeante. On prend en compte le reliquat azoté par les cultures précédentes, auquel on ajoute un complément : celui-ci peut être un apport de fumier composté (**Colin et Lizot, 2003**).

**L'azote** : favorise la croissance des parties vertes et se lessive facilement. Une carence se traduit par des tiges courtes et des petites feuilles de couleur vert pâle. Un excès retarde la pomme son tout en favorisant les champignons pathogènes tels que le (*Botrytis*).

**Le phosphore** : favorise la formation des fleurs et des graines. Une carence est caractérisée par une floraison peu abondante et peut se manifester par l'apparition de reflets rougeâtres sur les marges foliaires. Il est aussi nécessaire au développement racinaire.

**Le potassium** : favorise le développement des organes de réserve (tubercule, racine, fruit), la coloration des fleurs et fruits ainsi que la résistance aux maladies.

#### **B .Minérale**

Il existe 2 types d'engrais minéraux :

**-Engrais de fond:** Ce sont les engrais contenant le potassium et le phosphore et qui doivent être incorporés dans le sol au moins 15 jours avant le semis

**-Engrais de couverture ou d'entretien:** Ce sont les engrais contenant l'azote tels que l'urée, sulfate d'ammoniaque, le phosphate monobamoniocal (MAP ou DAP).

Le choix du type d'engrais doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et doit être appliqué après irrigation, par conséquent risque de brûler les racines des plantes (**C.T.A., 2009**)

#### **1.1.6. L'intérêt de la laitue**

La laitue est un légume très populaire qui est beaucoup consommé et qui constitue une importance économique à travers le monde entier (**Coelho et al, 2005**). Du point de vue

Nutritionnel, la laitue a une place importante puisqu'elle contient des vitamines A, B (acide folique), C, E, et des minéraux comme le calcium et le fer. Le contenu en calories, protéines, glucides, lipides et fibres (même en faibles quantités) sont des caractéristiques appréciées pour la santé. Il existe de nombreuses variétés de laitues qui diffèrent par leurs formes, leurs saveurs et leurs couleurs (**Ramirez, 2015**).

# **Chapitre II**

## **Salinité**

---

**CHAPITRE II****La salinité****2.1- Définition**

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 et MAATOUGUI, 2001**).

C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (**Allakhverdiev et al, 2000 in Parida et Das, 2005**). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (**Carter, 1975**). Elle se produit en raison de l'augmentation des Concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (**Sun et al, 2007**).

**2.2- Le stress salin**

La concentration en sels dans l'environnement d'une plante varie énormément, elle peut être insuffisante ou excessive. Bien qu'elle constitue pratiquement un stress induit par de faibles concentrations salines, une carence en union se manifeste généralement sous la forme d'un problème nutritionnel. En fait, le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>. A la surface du globe, ils existent de vastes zones où une salinité élevée fait naturellement partie de l'environnement (**KABAR, 1986**).

**2.3- L'origine de la salinité**

La salinité a plusieurs origines, nous citons les suivantes :

**La roche mère :**

Le sel peut s'être formé pendant la désagrégation de la roche mère (**HAJ LAOUT H, 2007**); l'altération de la roche mère 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) (**BOUALLA et al. 2012**).

**La nappe phréatique :**

D'après SAIRAM (2004), la nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de surface du sol par la remontée capillaire. L'aptitude du sol à transmettre l'eau et les solutés vers la surface dépend de la texture, l'homogénéité verticale du profil et de l'horizon de surface s'il est travaillé ou non.

Le fort pouvoir évaporent de climats semi-aride, en été, influence sensiblement l'ampleur de la remontée capillaire.

**2-4 La minéralisation de la matière organique :**

Comme tout amendement organique, le fumier, lors de son application, peut augmenter la salinité du sol. La quantité de fumier et son pouvoir salinisant varient avec l'espèce animale (Sairam, 2004).

**Les engrais minéraux :**

Utilisation des engrais minéraux, en particulier quand les terres soumises à une agriculture intensive ont une faible perméabilité et des possibilités limitées de lessivage influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leur ions, ainsi que par les quantités solubilisées (Anonyme, 2009 ; Sairam, 2004).

**Le sel apporté par l'eau d'irrigation :**

L'eau d'irrigation contient toujours une certaine quantité de sel et des méthodes incorrectes d'irrigation peuvent mener à l'accumulation de ce sel. Pendant l'envahissement par l'eau s'évapore encore en profondeur et le sel transporté se précipite (Haj Laoui H, 2007).

**2-5 Conséquences de la salinité sur la plante**

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

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (Gill, 1979; Elmekkaoui, 1990 ; Boukachabia, 1993) et d'une manière générale la hauteur, le diamètre des tiges

Des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits, diminuent d'une façon considérable avec l'augmentation de la salinité. C'est le cas de riz (**khan et al, 1997**) et de la pomme de terre (**Bouaziz, 1980**). D'une façon globale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, de l'âge de la plante et de l'état physiologique de l'organe. A titre d'exemple, l'orge et le blé sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (**El Mekkaoui, 1990**).

### 2.5.1. Effet de la salinité sur la germination

La germination des plantes qu'elles que soient halophytes ou glycophytes est affectée par la Salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (**Ismail, 1990**).

#### 2.5.1.1. Effets osmotiques

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.

#### 2.5.1.2. Effets toxiques

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**), signalent qu'une bonne germination des graines et une émergence sous le stress salin est un critère valable pour garantir l'établissement adéquate dans les sols affectés par le sel.

Cependant, **Ben Ahmed (1996)** rapporte que la corrélation entre la tolérance au stade de Germination des semences et la tolérance des plantes pendant les autres périodes de croissance n'est pas obligatoire.

### 2.5.2. L'effet de la salinité 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**). Les seuils élevés de la salinité sont accompagnés par une réduction

significative de la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (**Mohammad et al, 1998**). L'excès de Na Cl 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 chez le coton (**Meloni et al, 2001**). Plusieurs études, révèlent que, les glycophytes répondent à la salinité du milieu de manière aussi variées que complexes. Les espèces les plus sensibles subissent des réductions de croissance souvent très sévères à des salinités réduites (**Fath Alli et Bizid, 1986**). Ces mêmes auteurs signalent que chez les variétés sensibles de soja (*Glycine max L.*), une réduction de croissance de 40% a été observée après 14 jours de culture à 10mM de Na Cl. Selon **Slama (1986)**, le Na Cl à la concentration de 3g/l agit rapidement au bout de 5 à 10 jours et diminue de 20% la croissance des plantes sensibles telle que: le haricot, la courge et la courgette blanche non creuse.

La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire chez plusieurs espèces de plantes cultivées comme l'orge (**Gouia et Ghorbal, 1986**) et le blé (Xu, 1990). **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**).

En revanche, il faut signaler que les effets de salinité sur la croissance et la productivité végétale ne sont pas toujours négatifs. De faibles concentrations dans le milieu peuvent stimuler la croissance (**Colmer et al, 1995**). Cet effet de stimulation de la croissance par le sel (Na Cl) est particulièrement visible sur le cotonnier (**Grossium hirsutum L.**) où l'on observe, en présence d'une teneur de 6g/l de Na Cl, une augmentation de croissance pondérale et un allongement excessif des racines (**Boutelier et Hubac, 1986**). Ainsi, **Bizid et Zid (1986)**, ont constaté que chez les variétés de Triticale, la croissance des racines n'est pas affectée par le Na Cl ; elle est même stimulée chez les variétés tolérantes. Cette stimulation s'observe également chez le blé cultivé en présence de Na Cl (**Hamza, 1967**). Cependant, les processus impliqués dans cette stimulation sont encore mal Compris.

### 2.5.3. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol.

Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique est insuffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence. (Niu *et al.*, 1995 ; Bohnert et Shen, 1999 ; Hasegawa *et al.*, 2000).

### 2.5.4. Effet de la salinité sur la biochimie de la 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). Agas tian *et al.*, (2000) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent à des seuils élevés de concentrations salines chez les Mûres.

Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique au niveau des membranes cellulaires, affectant ainsi leur stabilité (Alem et Amir., 2005). L'instauration des acides gras contrecarre le stress salin ou hydrique. Wu *et al.*, (1998) ont analysé le changement de la composition des lipides soumis à cette contrainte dans la membrane plasmique des racines chez *Spartéine pirates* et ont rapporté que les pourcentages molaires des stérols et les phospholipides diminuent avec l'augmentation de la salinité, mais le ratio stérols/phospholipides n'est pas affecté par le Na Cl.

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. Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone et du processus photosynthétique.

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). La diminution du processus photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- a)- la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO<sub>2</sub>.
- b)- la toxicité des ions formant le sel.
- c)- la réduction de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> à cause de la fermeture hydro active des stomates.
- d)- la sénescence accrue des feuilles induite par la salinité.
- c)- le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement de leur conformation dans la structure cytoplasmique. (Iyengar et Reddy, 1996).

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 (Asloun, 1990). L'accumulation des sucres solubles est importante dans les feuilles déplantées d'A triplex héliums L. et d'A triplex cane cens (Pursh) Nuit. Soumises à un stress salin (Hadjadj, 2009).

### 2.5.5. L'effet de la salinité sur les enzymes anti oxydantes

En cas de stress biotique ou abiotique, on observe chez les plantes une production rapide et Massive d'espèces réactives à l'oxygène. De nombreuses études ont été menées, notamment chez les plantes, afin de préciser quels sont les facteurs qui entraînent ce phénomène. De

nombreuses conditions environnementales ont ainsi été définies: la sécheresse, les stress thermiques (hautes et basses températures), l'exposition aux métaux lourds, aux ultraviolets, aux polluants aériens tels que l'ozone et le SO<sub>2</sub>, les stress mécaniques, les carences nutritionnelles, les attaques de pathogènes, le parasitisme, la salinité et les fortes expositions à la lumière (**Ben Noceur et al, 2005**).

Le stress salin cause un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les Activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique entraîne un stress oxydatif à cause de la libération de radicaux libres toxique pour le métabolisme cellulaire comme les super oxydes, les radicaux hydroxyles et peroxydes. Les espèces réactives de l'oxygène qui sont les produits du stress hyper osmotique et ionique provoquent des dysfonctionnements dans la membrane et la mort cellulaire (**Bohnert et Jensen, 1996**). Les plantes se défendent contre ces ROS par l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydants comme la catalase, la peroxydase, le glutathion réductase et le superoxy de dismutase, qui éliminent les espèces réactives de l'oxygène. L'activité des enzymes antioxydants comme l'acrobate peroxydase, la glutathion réductase, les mono dés hydro acrobate réductase (**MDHAR**) et les dés hydro acrobate réductase (**DHAR**) augmentent sous les conditions de stress salin chez le blé alors que l'acrobate total et le contenu du glutathion diminuent (**Hernandez et al, 2000**).

#### **2.5.6. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante**

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique Entraîne une faible production d'énergie par les réactions de phosphorylation et photo respiration.

L'assimilation de l'azote et de nombreuses voies métaboliques sont perturbés. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de substances minérales, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduites. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. 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**).

### **2-6 Adapter la plante à la salinité**

Les méthodes d'acclimatation des plantes à la salinité peuvent être divisées en trois parties: tolérance, acclimatation et résistance.

#### **Tolérances:**

La tolérance à la salinité des espèces végétales est liée à sa capacité à s'organiser et à son stade de croissance, car les analyses comparatives de la nutrition minérale ont montré que le type le plus tolérant est celui qui a la capacité de transporter la soude Na dans les parties aériennes de la plante et trier les sels en excès à la surface des feuilles, ce qui leur permet de maintenir une concentration constante dans le tissu végétal (**Imrani 2006**).

#### **Acclimatation:**

C'est la capacité de la plante à s'adapter aux conditions de l'environnement salé et elle diffère selon les espèces végétales. L'adaptation dans ces milieux se traduit par l'étendue de la résistance aux sels (**Farsha, 2001**). La salinité réduit la capacité à accroître la production pour la plupart cultures agricoles et affecte le métabolisme de l'azote (**Tushan et Sultan, 1994**) et pour s'adapter aux conditions Le milieu: La plante utilise de nombreux mécanismes physiologiques (**Hamley Sophia, 2003**), comme la réduction de l'absorption des ions toxiques qui s'accumulent dans les vacuoles racinaires, la réduction des ions accumulés dans les jeunes organes et le développement des pics de la partie aérienne, et l'excrétion du chlore des organes de l'air. Or, le chlore en milieu salin annule l'absorption et le transport des ions sur de grandes distances. Qui sont nécessaires à la croissance, en particulier les nitrates (NO<sub>3</sub>), tout comme l'adaptation des halophytes, qui contiennent en grande partie des sels car la taille de l'adaptation au confinement de la salinité indique l'énergie et le métabolisme (**Amrani, 2006**).

#### **La résistance :**

La résistance au sel d'une plante est un phénomène très complexe en raison de l'interférence des facteurs morphologiques et développementaux du processus physique et biochimique dans ce phénomène (**Kadri.2001**),

La possibilité de résistance des plantes à la salinité dépend de la concentration de sels dans l'environnement extérieur et du type de plante résistante ou sensible (Amrani, 2006). La résistance résulte de plusieurs mécanismes qui permettent à l'environnement de compléter son activité métabolique sans être affecté par l'environnement extérieur, ce qui est très stressant (**Harath, 2003**).

# **Chapitre III**

## **Matériel et Méthodes**

## CHAPITRE III

## MATERIEL ET METHODES

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité des stimuli végétaux pour résister au stress salin. Nous avons choisi le plant de laitue, type : Batavia Dorée de printemps, car il est le plus utilisé dans la région.

### 3-1 Présentation de la région d'étude :

La zone agricole d'Ain Al-Fath dans la municipalité d'Injzmir, la circonscription de Zawiya Kunta, dans la Wilaya d'Adrar, a été créée par une décision de remise en état des terres en 1988. Ou la zone est à environ 15Km à l'est de la route nationale n°6 sur un sol plat.

Quant au climat qui règne dans cette région, c'est le climat désertique, qu'est connu pour sa température élevée en été, atteignant 47 degrés Celsius à l'ombre et sa basse en hiver à 6 degrés, que entraîne un élargissement du marée en plus du manque de pluie.

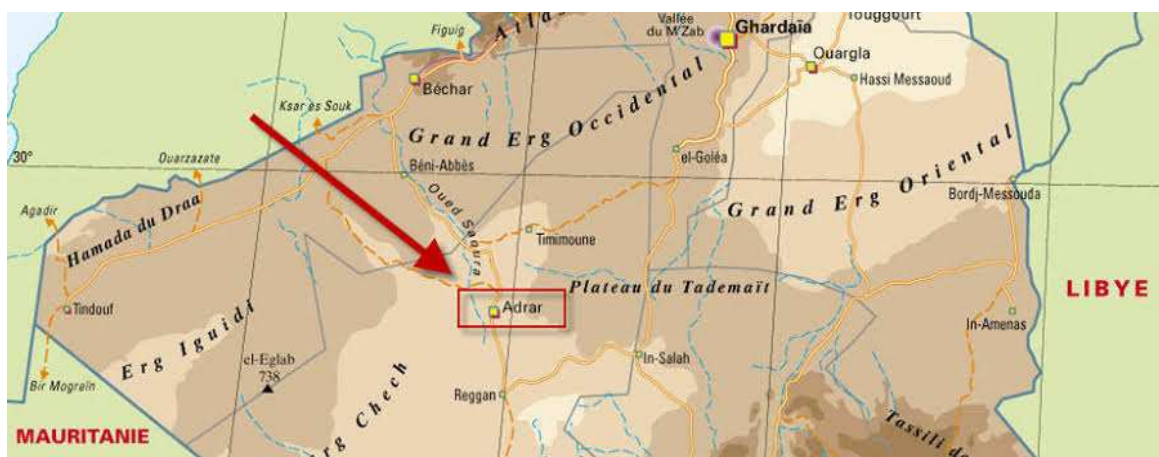


Figure03 : La situation géographique de la wilaya d'Adrar

Où le début était dans l'initiation de certains paysans à creuser des puits de manière manuelle traditionnelle et à utiliser les générateurs électriques auxquels participent de nombreux paysans. Il a été divisé sous la forme de coopératives agricoles, chaque coopérative composée de cinq à six paysans.

Début 1992, le premier poteau électrique est arrivé dans la région. A cette époque, près de cinq coopératives agricoles bénéficiaient de l'électricité, tandis que le reste dépendait de l'approvisionnement en électricité sur de longues distances, parfois jusqu'à 3 Km.

Le district agricole d'Ain Al-Fath à Injzmir compte aujourd'hui plus de 300 investisseurs agricoles individuels et collectifs et plus de 200 arroseurs pivots pour la production de blé et de maïs. Cependant, il se heurte à certains problèmes elle :

- Certains investissements agricoles n'ont pas été alimentés en électricité depuis leur création en 1991.
- Manque d'engrais et de médicaments et difficulté à se les procurer.
- Manque de suivi technique et d'orientation agricole.
- Mauvais chemins et routes menant aux investisseurs agricoles.

**3-2 Matériel utilisé:**

Balance de précision - Semence de laitue – Tourbe agricole – Na Cl –Pots de mêmes longueurs 10 cm – Pulvérisateurs à main –

**3-3 Matériel végétale :**

**Tableau(01) :** Nous avons utilisé de la laitue (*Lactuca Sativa*), variété Batavia Dorée de printemps et elle se caractérise par:

Propriété	La valeur
Date de récolte	2020
Date de teste	08 – 2020
Date fermeture	08 – 2020
Pureté	99% Min
Germination	85% Min
Pays origine	Chine
N° de lot	100969-4
Traitement	Thirame

**3-4 Déroulement de l'expérience :**

Cette expérience a été menée dans une zone agricole d'Ain Al-Fath dans la municipalité d'Injzmir, la circonscription de Zawiya Kunta, dans la wilaya d'Adrar, et au laboratoire n° 5 Faculté des sciences nature de la vie, université Echahid Hamma Lakhdar – El oued.

L'expérience a été réalisée sur des plants de laitue plantés le 5 mars 2021, où elles ont été divisée en 16 blocs, chacun contenant 08 à 12 plants, et ces blocs étaient les quatre traitements (témoin, levure, acide salicylique et Zéolithe) chaque traitement est subi à une concentration de salinité différente, à savoir (le témoin 0 mM, 50 mM, 100 mM et 100 mM).

L'application du stress salin par irrigation a commencé à partir du 21 avril 2021, c'est-à-dire les plants étaient de l'âge de six semaines. Le lendemain, les plants de la laitue ont été pulvérisés par nos 4 traitements. Après une semaine, une deuxième pulvérisation est refaite.

L'expérience a été terminée après 08 semaines de la date de plantation et les mesures finales ont été prises.

### **3-5 Préparation des traitements :**

#### **3-5-1 La solution saline :**

Dans cette étude. Nous avons utilisé du sel Na Cl car c'est le sel le plus abondant dans le sol et l'eau d'irrigation, en dissolvant le sel solide dans l'eau aux concentrations suivantes :

Témoin C0 : Eau naturelle pure

La première concentration C1 : 50mMol

La deuxième concentration C2 : 100mMol

La troisième concentration C3 : 150mMol

#### **3-5-2 La levure :**

L'extrait de levure 3% a été préparé à partir de levure sèche active (*Saccharomyces cerevisiae*) selon la méthode modifiée de Francesca *et al*(2020). En dissolvant une quantité de levure sèche dans l'eau puis en ajoutant du sucre (comme source de C et N) dans un rapport de 1:1 et conservé 24 heures dans un endroit chaud pour activation avant application sur les plantes. L'extrait de levure est riche en bio constituants bénéfiques tels que les acides aminés, les peptides, les phytohormones, les vitamines, les glucides, les oligo-éléments et d'autres facteurs de croissance... etc., ce qui le rend approprié pour une application foliaire.

#### **3-5-3 Acide salicylique :**

0,2 grammes de poudre d'acide salicylique est diluée dans 1 litre d'eau, le mélange est bien agité par la suite.

#### **3-5-4 Zéolithe :**

Pour le Zéolithe, on mélange 5 grammes de poudre de Zéolithe avec 1 litre d'eau et on agite bien le mélange pour assurer l'homogénéisation.

**3-6 Les mesures****3-6-1 Les mesures biométriques :****A-Longueur de racine :**

Nous mesurons la longueur à l'aide d'une règle graduée (cm).

**B- hauteur :**

Nous mesurons la hauteur à l'aide de papier millimétré.

**C-Nombre des feuilles :**

On calcule le nombre de feuilles à l'œil nu.

**D-Surface :**

Nous avons déterminé la surface de la feuille par la méthode de pondération, selon la relation suivante (Jassimet, 2014).

Surface de feuille de plante (cm<sup>2</sup>)= (le poids de feuille de plante\*surface de feuille A4) /le poids de feuille A4.

**E-Poids frais :**

Une fois la plante arrivée à maturité, nous la pesons avec une balance sensible.

**F-Poids sèche :**

Nous collectons les feuilles et les tiges restantes pour chaque plante, puis on les mettons puis on les pèse

**3-6-2 Les mesures chimique :****A-Détermination de la proline dans les feuilles :**

On a suivi la méthode de Troll et Lindsely (1955) simplifiée par Goring et Dreier (1974), où nous prenons 100mg de feuilles fraîchement coupées, puis on ajoute 02 ml de méthanol à ces feuilles. 40% de méthanol et mettre les échantillons dans un bain-marie à un degré de 85°C pendant une heure, en tenant compte de la bonne fermeture des tubes. Ensuite, nous prenons

un ml de l'extrait et y ajoutons 02 ml d'acide vinaigre (acide citrique) concentré avec 25mg de ninhydrine et 01ml du mélange constitué de (vinaigre acide concentré, eau distillée et ortho phosphorique ) en quantités respectivement (300ml,120ml,80ml), puis nous remettons les échantillons dans le bain –marie à un point d'ébullition pendant 30 min et une couleur rouge –brun semble inégale et par souci de séparation , nous ajoutons 05ml de toluène à chaque échantillon .En agitant avec le dispositif Vortex, laissez les échantillons se calmer et en obtenir les deux couches supérieures coloré ,et nous débarrassons des inférieure par les pointes de couplage et ajoutons eu reste une cuillère à café de sulfate de sodium, Na SO, les lisons le longe d'une longueur d'onde de 528nm dans la spectrophotométrie et calculons proline comme suit :

$$\text{Proline} = (\text{Long d'une longueur d'onde } 528 - 0.0205) / 0.0158 \text{ microg/100mg matière végétal.}$$

#### **B-Détermination des sucres totaux dans les feuilles :**

Les sucres ont été estimés à l'aide du phénol selon Dubois et *al.* (1956) où on prend 100mg de feuilles, les échantillons ont été broyés et macérés dans 03 ml d'éthanol (80°) pendant 48 heures dans l'ombre. L'alcool est évaporé en plaçant les échantillons dans un incubateur à 85°C, puis on ajoute 20ml d'eau distillée à chaque échantillon dans des tubes en verre. Nous prenons 01 ml de chaque extrait en ajoutons 01 ml de phénol (05°) et 05 ml de l'acide sulfurique concentré H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, les échantillons ont été agités par un dispositif vortex pour homogénéiser la couleur .Après 10 min , nous plaçons les échantillons dans un bain-marie à 30C° pendant 15 min.

Ensuite, on lit la densité optique sur le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490nm, en déterminant la mise au point.

Les sucres des échantillons utilisant la courbe standard pour le glucose comme suivant :

Nous préparons la solution standard avec un poids de 100 mg de glucose et la dissolvons dans 01 litre d'eau distillée, puis la prenons différentes quantités comme indiqué dans le tableau suivant :

**Tableau(02) : préparation de la solution de sucre standard :**

Solutions	Témoin	01	02	03	04	05
Glycose	00	0.07	0.25	0.5	0.75	01
Eau distillé	01	0.93	0.75	0.5	0.25	00
Phénol 5/	01	01	01	01	01	01
H2SO4	05	05	05	05	05	05
Solution	07	07	07	07	07	07

En fonction des lectures de la solution précédente sur un spectrophotomètre d'une longueur d'onde de 490nm, dessinez

La courbe à travers laquelle nous obtenons l'équation suivante :

**Concentration en sucre =1.24+97.44 (lecture sur 490nm) microg/ 100mg matière végétale.**

### **C -Estimation de la chlorophylle (A et B) dans les articles :**

Nous estimons la concentration de chlorophylle dans les feuilles par la méthode Frasha, (2001), la méthode est résumée comme suit :

Nous préparons un volume suffisant de solvant composé de 75% d'acétone et 25% d'éthanol, avec 100mg de feuilles vertes coupés en petits morceaux et on les met dans 10ml de solvant, puis on les conserve dans un endroit chaud et sombre pendant 48 heures.

Nous lisons la densité optique de différents extraits d'échantillons avec un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 633nm, et 645nm, en tenant compte du réglage de l'appareil par le témoin. En fin, on calcule la concentration de chlorophylle avec la relation suivante :

**Concentration de chlorophylle A =  $12(\text{lecture à } 633) - 67,2 * \text{lecture à } 645 / 100\text{mg}$   
Matière végétale.**

**Concentration de chlorophylle B =  $5,22(\text{lecture } 654) - 68,4 * \text{lecture à } 633 / 100\text{mg}$   
matière végétale.**

# **Chapitre VI**

## **Résultats et Discussion**

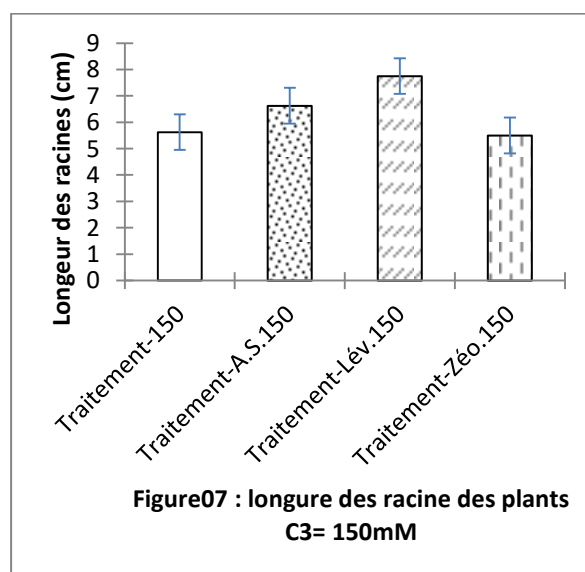
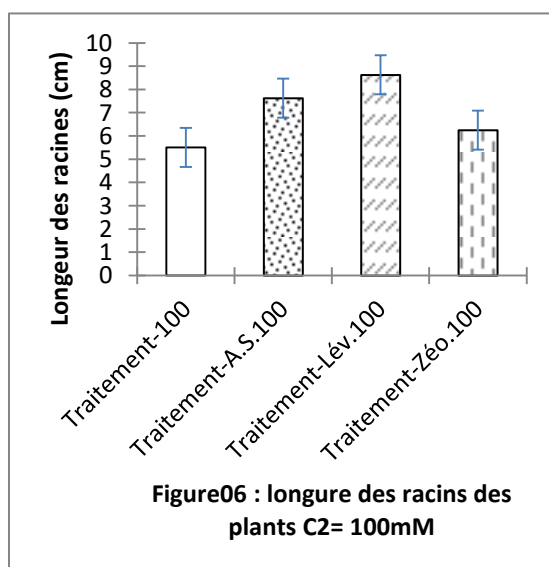
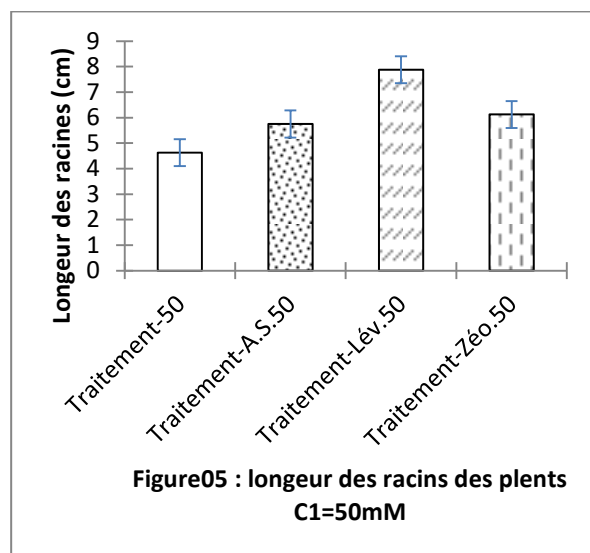
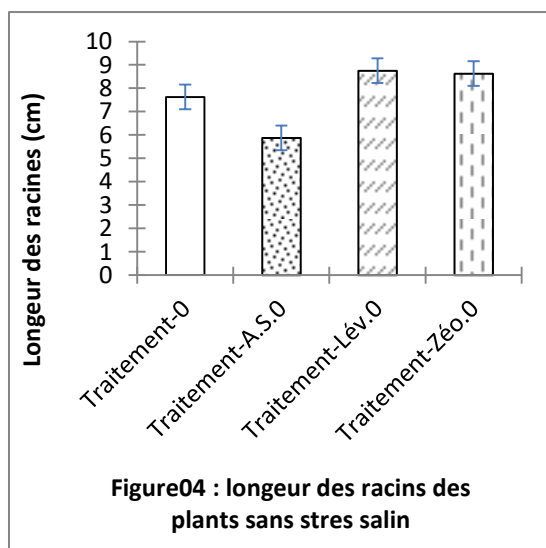
## CHAPITRE VI

## Résultats et discussion

## 4-1 Influence sur les paramètres morphologiques:

La littérature scientifique affirme que le stress salin a un effet direct sur la croissance des plantes. A la fin de nos expériences et pour but de juger l'influence de stress salin en présence de nos traitements (Levure, Acide salicylique et Zéolithe) sur les plants de la laitue et de le comparer avec le témoin. On a effectué des mesures de différents paramètres morphologiques tel que : la longueur des racines, le poids frais et le nombre des feuilles.

## 4-1-1 Longueur des racines :

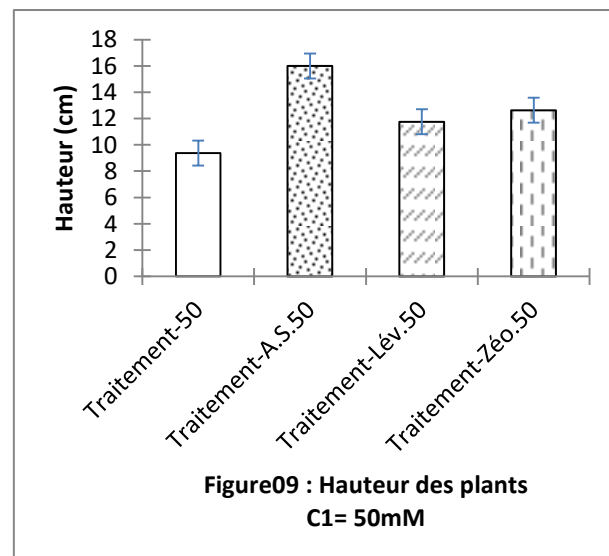
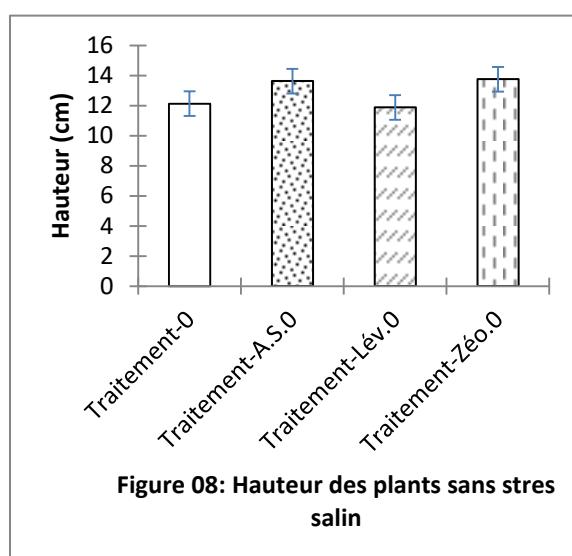


A partir de la figure (04- 05- 06- 07), il est clair que les plants de laitue traités par la levure résistent mieux à la salinité en termes de longueur des racines. La longueur chez les lots traités par la levure à la présence de la salinité de 100 et 150 mM NaCl était significativement supérieure à celle enregistrée aux témoins, ce qui a été confirmé par le test de Fisher ( $P < 0,005$ ). Un nombre croissant d'études indiquent que la croissance des racines des plantes peut être directement ou indirectement améliorée par les levures de la rhizosphère (ElTarabily et Sivasithamparam 2006 ; Cloete *et al.*, 2009). Warring et Philips (1973) ont déclaré que la levure est riche en tryptophane qui est un précurseur de l'IAA (acide indole acétique) qui stimule la division cellulaire et l'élongation.

Concernant la Zéolithe, elle a positivement influencé la longueur des racines à l'absence de salinité, mais plus que la concentration de la salinité augmente, elle perd son efficacité à stimuler la croissance des racines. Il peut même y avoir une influence négative aux concentrations de salinité les plus élevées. La moyenne de longueur des racines chez les plants provenant de la laitue traités par Zéolithe est inférieure par rapport à celle du témoin à la concentration 150mM NaCl.

Les résultats indiquent aussi que le traitement de l'acide salicylique n'a pas de corrélation avec la longueur des racines. Selon la figure (04-05-06-07), la longueur moyenne est inférieure au témoin à l'absence de la salinité, et légèrement supérieure au témoin en présence du stress salin.

#### 4-1-2 Hauteur :



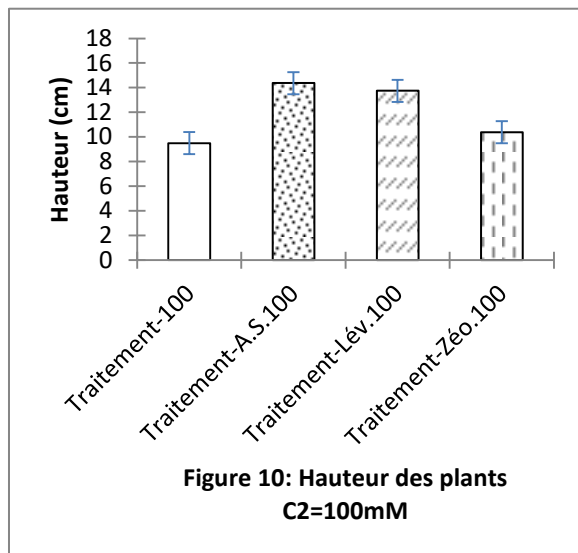


Figure 10: Hauteur des plants  
C2=100mM

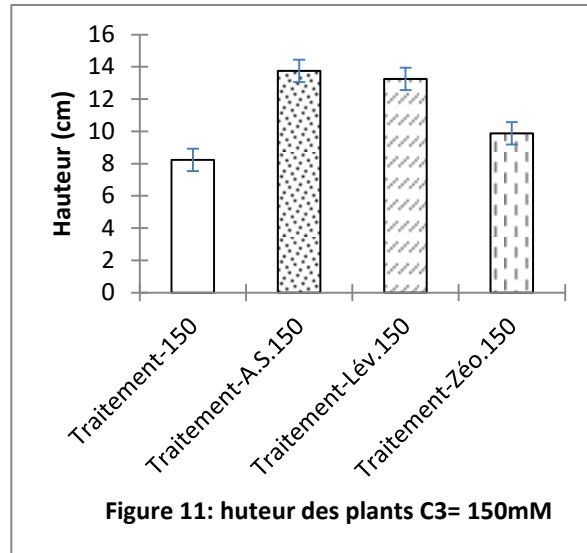
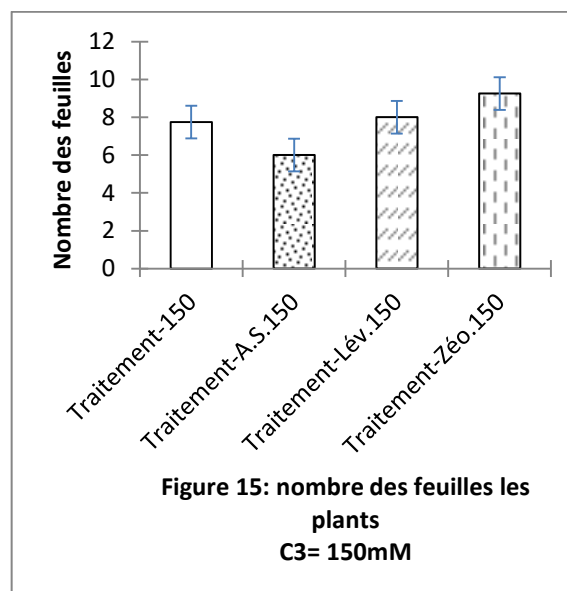
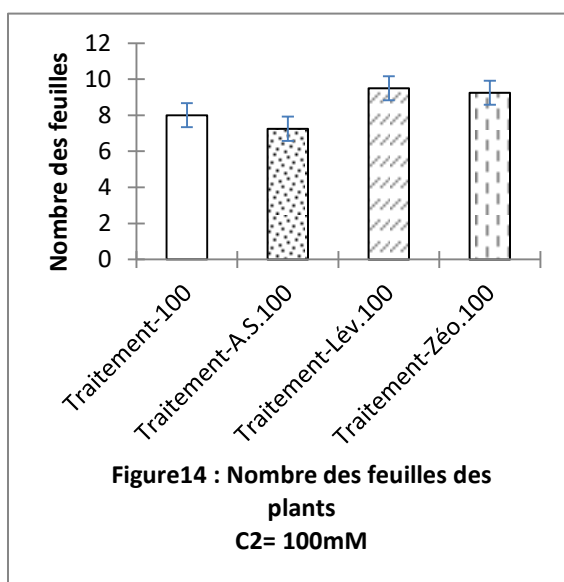
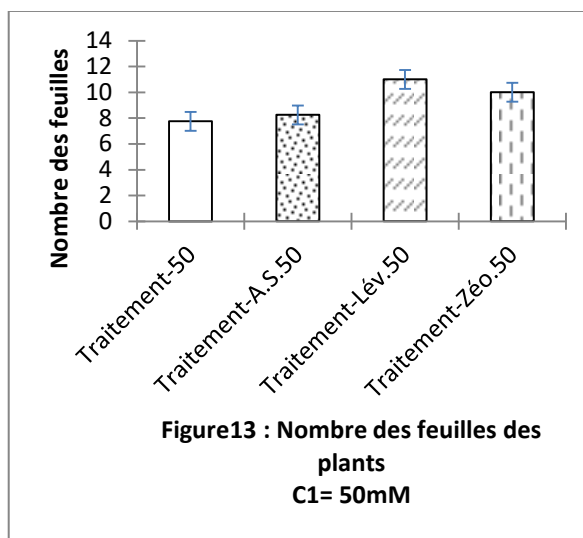
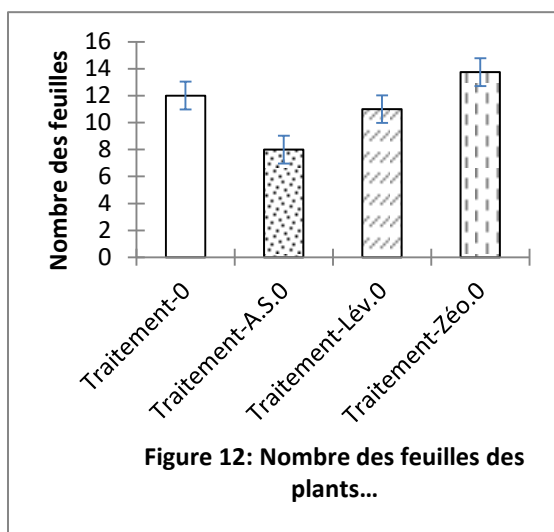


Figure 11: hauteur des plants C3= 150mM

Les résultats recueillis indiquent nettement que l'acide salicylique augmente la hauteur des plants en présence du stress salin par rapport au témoin, levure et Zéolithe. L'application de l'acide salicylique exogène a également montré différents effets sur le développement des plantes, y compris la germination des graines, le bourgeonnement, la floraison, la nouaison et la maturation des fruits. Dans les plants de millet, l'acide salicylique a stimulé la floraison (**Appu et Muthukrishnan, 2014**). Une nouaison et un poids accrus des fruits induits par l'AS ont été observés dans les fraises (**Kazemi, 2013**), les pommes (**Shaaban et al, 2011**) et les mangues (**Ngullie et al, 2014**). La germination des graines d'orge et de maïs imbibées de >3 mM l'acide salicylique a été complètement bloquée (**Guan et Scandalios, 1995 ; Xie et al, 2007**). D'autre part, l'imbibition de graines de maïs dans ~0,3 mM à ~0,9 mM l'acide salicylique a montré une vitesse de germination, un pourcentage et une longueur de pousse plus élevés (**Sallam et Ibrahim, 2015**). Notamment, 0,43 mM l'acide salicylique présentait le meilleur effet de stimulation de la germination, mais son effet était diminué aux concentrations les plus élevées. De ce fait, différentes concentrations de l'acide salicylique dans différentes plantes ont des effets stimulants ou bloquants sur le développement des plantes.

Le Zéolithe donne des résultats meilleurs à l'absence du stress salin. La hauteur des plants est significativement supérieure chez le lot traité par Zéolithe par rapport au témoin ( $P=0,043$ ). Contrairement, la levure manifeste un effet positif sur la hauteur de la laitue aux concentrations de salinité les plus élevées. Au-delà de la concentration de 100 mM NaCl, la moyenne de la hauteur est significativement plus importante en comparaison avec le témoin ( $P<0,0001$ ).

## 4-1-3 Nombre des feuilles :

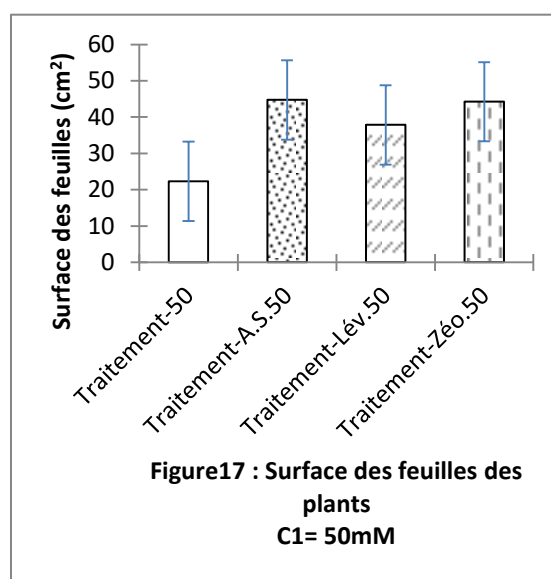
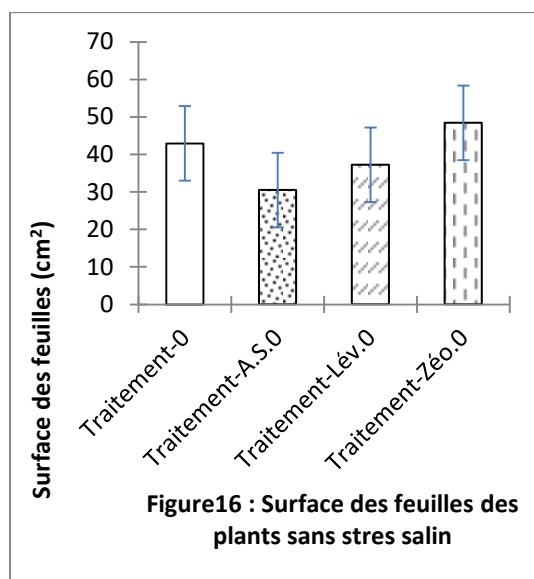


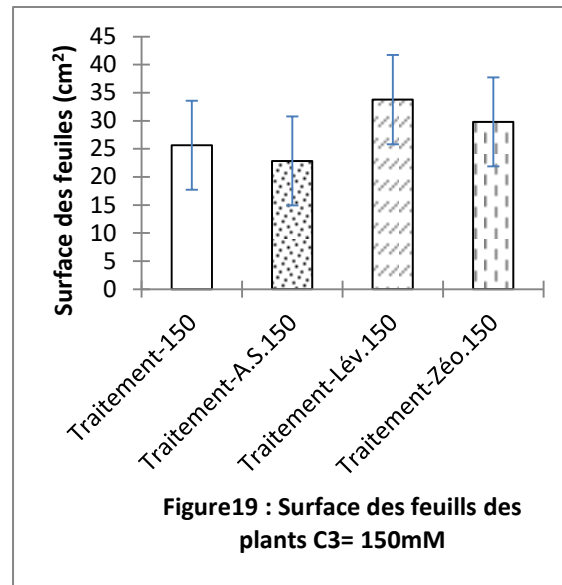
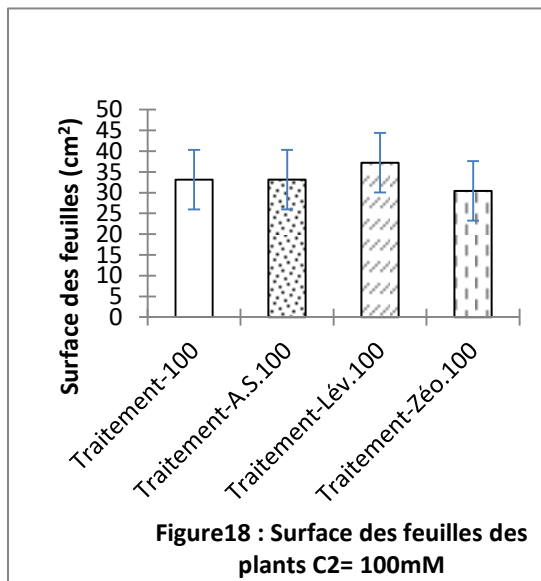
Le Zéolithe augmente le feuillage de la laitue, ce qu'on peut clairement le constater d'après les figures (12-13-14-15). L'analyse *Post hoc* de LSD Fisher confirme aussi cette affirmation, les valeurs de P étaient inférieures à 0,05 dans chaque comparaison entre les lots traités et non traités par le Zéolithe et avec toutes les concentrations de salinité testées (0, 50, 100, 150 Mm Na Cl). De même, l'effet de levure est très proche à ce de Zéolithe, sauf à l'absence de l'application du stress salin, une diminution de nombre des feuilles est notée par rapport au témoin.

Les zéolites améliorent l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs en augmentant la disponibilité du P de la roche phosphatée, l'utilisation de N-NH<sub>4</sub> + et N-NO<sub>3</sub> - et en réduisant les pertes par lessivage des actions échangeables, en particulier K<sup>+</sup> (**Leggo2000 ; et Pickering et al. 2002**). Les zéolites améliorent également l'efficacité de l'utilisation de l'eau en augmentant la capacité de rétention d'eau du sol et sa disponibilité pour les plantes (**Xiubin et Zhanbin 2001 ; Bernardi et al. 2008**).

Dans la majorité des cas, le nombre des feuilles le plus bas est enregistré chez les plants provenant du traitement acide salicylique. Ce dernier exerce donc en effet négatif sur le nombre des feuilles. Il n'y a pas une différence significative de nombre des feuilles en comparaison avec le témoin ( $P > 0,05$ ) à la présence de salinité aux concentrations 50 et 100mM Na Cl. De plus, le nombre des feuilles est significativement inférieur par rapport au témoin en absence et à la concentration la plus forte de salinité 0 et 150mM Na Cl respectivement.

#### 4-1-4- Surface :

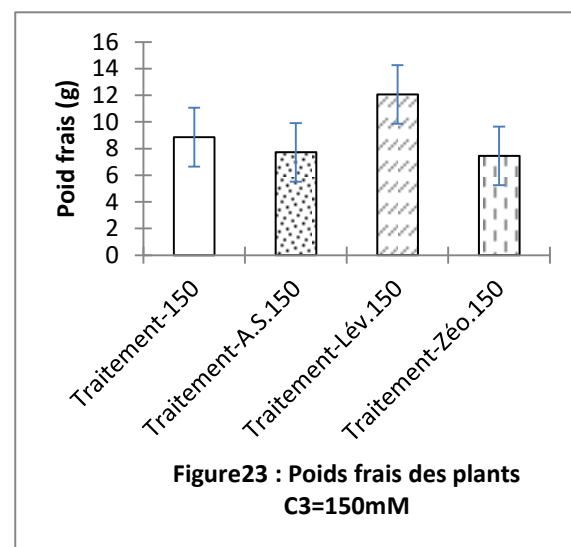
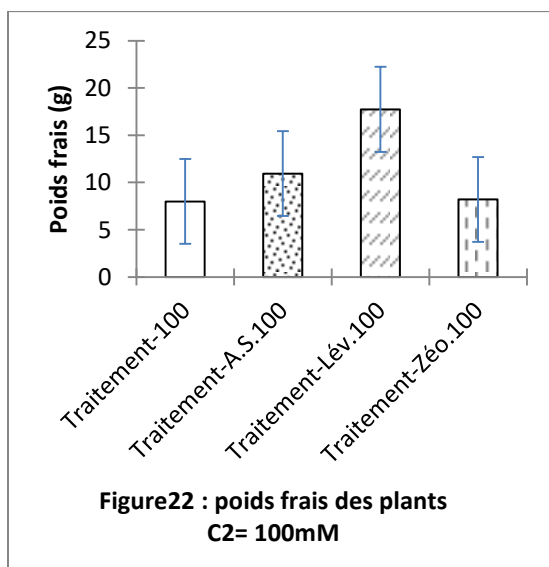
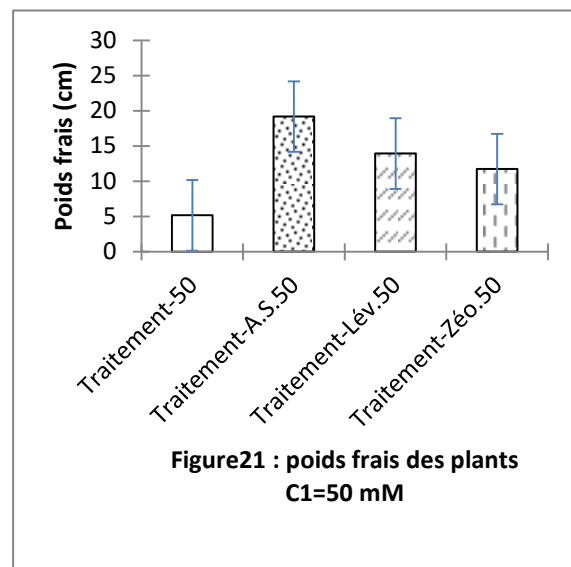
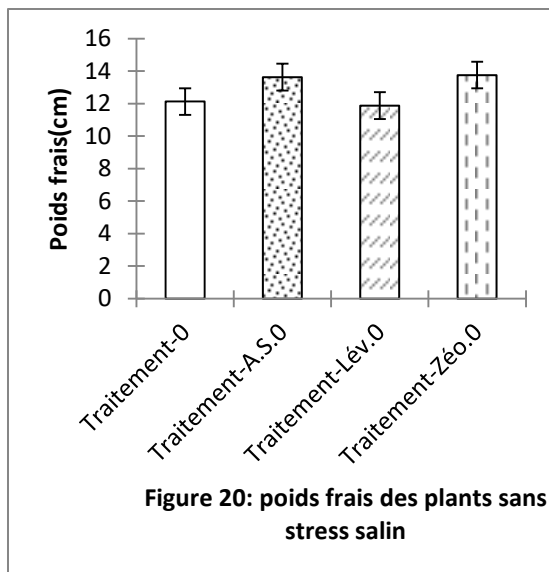




L'influence de salinité sur la surface foliaire de la laitue ne peut être pas soulevée facilement à limite des résultats ci-dessus. A travers les figures (16-17-18-19), on ne remarque pas une corrélation entre la concentration de salinité exercée et la surface foliaire de la laitue. De plus, même en ce qui concerne à l'effet de nos traitements, il n'y avait aucune différence statistiquement significative avec les témoins aux concentrations de salinité 100 et 150mM Na Cl. Pourtant, à ces concentrations, une augmentation légère de la surface foliaire chez les lots traités par la levure et Zéolithe est remarquée.

La salinité a affecté négativement la surface foliaire quels que soient les régulateurs de croissance, et cela est montré dans la Figure (19) de l'effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (AS, Lév, Zéo) sur la surface foliaire de la laitue plante en conditions salines et c'est-à-dire aux concentrations C 0, C 1, C 2, C 3 par valeurs 42,93cm ;22,29cm ;33,15cm ;25,64cm, respectivement par rapport au témoin, ce qui à nouveau indique la résistance de la plante à la salinité, et c'est à l'aide de traitements, où l'on remarque en utilisant AS en C1 = 50 mM une augmentation de la superficie de 22,29cm à 44,72cm. et cela affecte positivement et légèrement la niveau de C0 traité avec Zéo, et selon l'analyse statistique A nova, les résultats ne sont pas significatifs, et cet effet sur la surface foliaire correspond à (**Shahat, 200**), qui a prouvé que toutes les plantes cultivées dans les conditions de salinité diminuent la surface de ses feuilles, et son matériel concorde (**Al-Saedi 2005**) que le stress salin affecte à la fois la croissance, l'aspect et la structure anatomique des feuilles et réduit leur surface, ce qui correspond à (**Al-Kurdi 1977**). Une valeur de 0,0167 ce qui est significatif et généralement la surface change d'une concentration à l'autre.

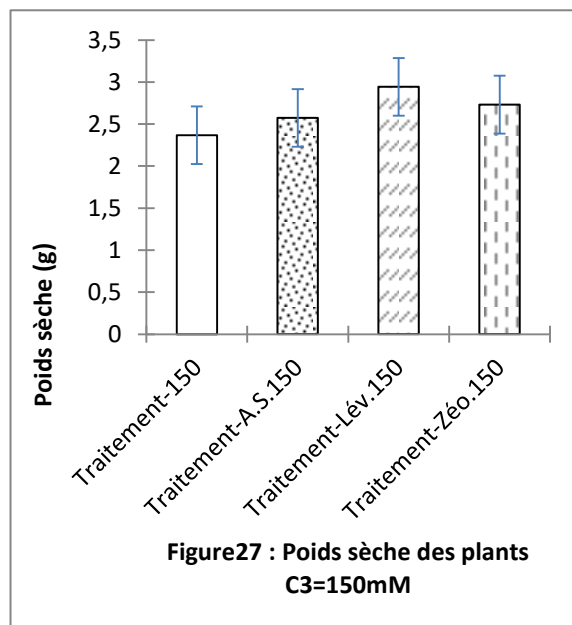
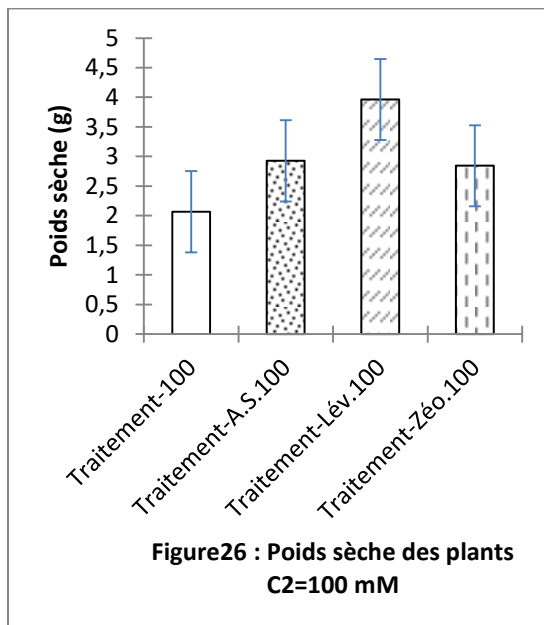
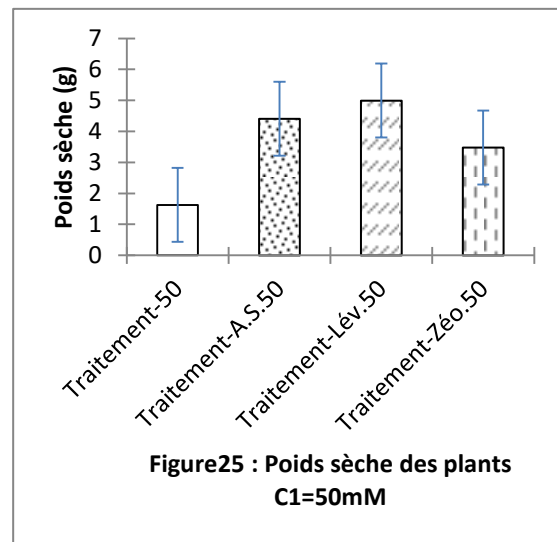
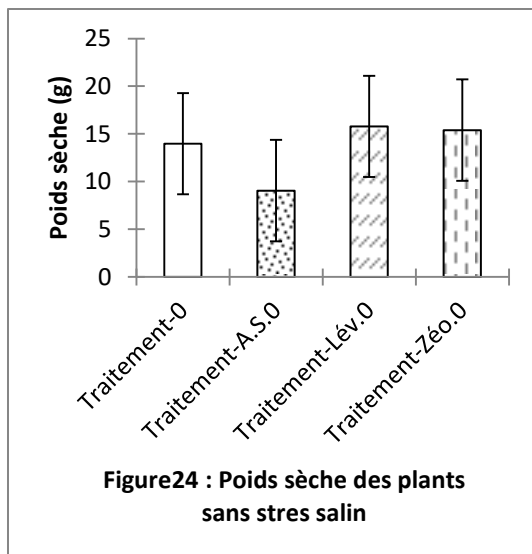
## 4-1-5 Poids Frais :



L'acide salicylique semble d'avoir une influence positive sur le poids frais de laitue à des concentrations faibles de salinité. Tandis qu'aux concentrations fortes (100 et 150 mM Na Cl) la levure donne les meilleurs résultats. Le poids était significativement plus important à ces concentrations par rapport à tous les autres traitements (témoins, Acide salicylique et Zéolithe)

Nos résultats sont comparable à ceux rapportés par d'autres auteurs ayant travaillé sur la croissance de plante en présence de stress salin (Manaa *et al.*, 2011)

## 4-1-6 poids sèche :



Les figures (24-25-26-27) montrent que nos traitements augmentent le poids sèche en présence du stress salin. D'une manière semblable à l'observation constatée pour le poids frais, la levure donne les meilleurs résultats qui sont statistiquement significatifs ( $P < 0,05$ ). Le Zéolithe et l'acide salicylique résultent à un poids sec de laitue qui ne diffère pas significativement avec ceux du témoin aux concentrations 100 et 150 mM mais on remarque quand même une légère augmentation du poids en comparaison avec le témoin.

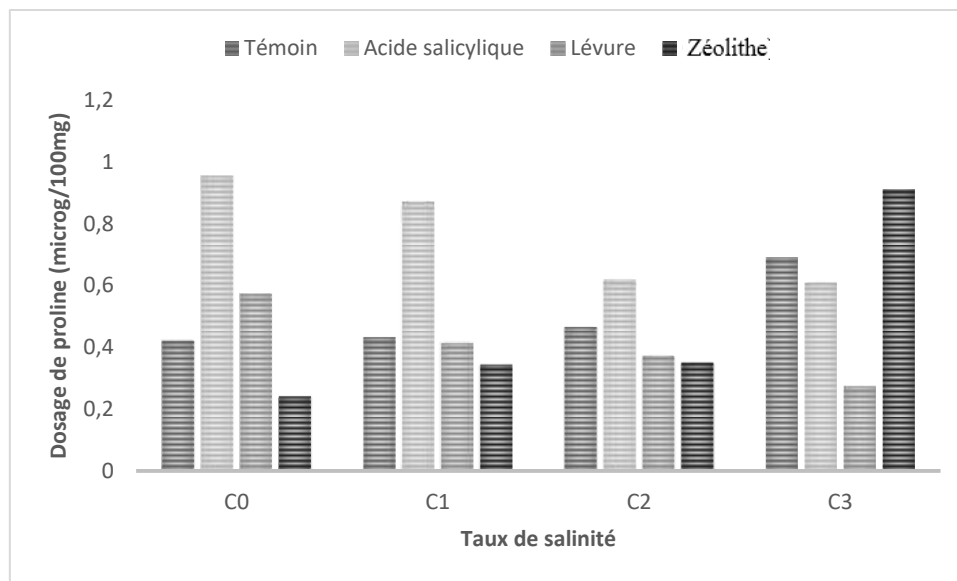
L'effet du poids sec de la partie végétative est également sur la salinité, où des différences sont apparues entre les différents niveaux de salinité, qui ont été montrées dans la figure (21) de l'effet de la pulvérisation avec des traitements (Zéo, AS, Lev) sur le poids sec de la laitue en conditions salines que la salinité utilisée quelle que soit les traitements ont eu un impact négatif à tous les niveaux avec les valeurs de 3,11g ; 1,62g ; 2,06g ; 2,36g dans les concentrations C0, C1, C2, C3, respectivement, car il s'est avéré que la plante n'a pas montré une grande résistance à la salinité, ce qui est en accord avec son étude (**Sharma et Agawala, 1986**) sur (**Ramzia, 2004**) qui a conclu que le stress salin entraîne une diminution de la croissance par une diminution du poids sec, et l'analyse Anova a montré qu'elle est significative. Quant aux plantes traitées, quelles que soient les concentrations de salinité, nous avons remarqué que le poids le plus important a été enregistré chez les plantes traitées avec Zéo, qui est estimé à 6,12g dans un la concentration C0 est significative pour le témoin, car nous avons remarqué que le plant de laitue présentait une résistance à la salinité lors du traitement au Lev à des concentrations élevées C1, C2, C3 par rapport au témoin et son évolution de 1,62g à 4,99g ; 2,06g à 3,96g ; 2,36g à 2,94g ; Et c'est un résultat significatif avec une valeur de 0,009 à la concentration C1, mais à la concentration C2, C3, ce n'est pas significatif. Si cela indique quelque chose, cela indique le rôle joué par les régulateurs de croissance dans l'inhibition du stress salin

#### 4-2 Paramètres biochimiques :

##### 4-2-1 Estimation de la proline dans les feuilles:

**Tableau (03):** Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, acide salicylique, levure) sur la quantité de proline micro g / 100 mg d'une substance végétale dans les feuilles en conditions salines.

Organe Conc	Le tém	AS	Lev	Zéo
<b>C0=0mM</b>	25.41	59.20	33.63	14.01
<b>C1=50mM</b>	26.107	53.89	24.90	19.84
<b>C2=100mM</b>	28.25	37.94	22.24	20.107
<b>C3=150mM</b>	42.43	37.3	16.04	25.41



**Figure(28)** : Effet de la pulvérisation des traitements (Zéolithe, acide salicylique, levure) sur la quantité de proline micro g / 100 mg d'une substance végétale dans les feuilles en conditions salines.

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus importantes associées au stress salin, comme on peut remarquer à travers le tableau (03) et la figure (28). L'analyse des résultats montre qu'il y a une corrélation positive entre la quantité de proline et la concentration de salinité chez les témoins, ce qui est conforme avec l'étude menée par **Khalef(1991)**, où ils sont remarqué une augmentation de taux de proline dans les vacuoles cytoplasmiques liée à l'augmentation des concentrations de salinité. En ce qui concerne les traitements de nos expériences, on constate que le Zéolithe provoque une sécrétion élevée du proline sous le stresse salin .La proline a des composés azotés; par conséquent, l'augmentation de la teneur en azote dans le sol augmente la production de proline dans la plante (**Marschner, 1995**). La zéolithe clinoptilolite est un adsorbant approprié du cation ammonium et réduit le lessivage de l'azote de la racine (**Polat et al. 2004**). Dans certaines études, l'utilisation de zéolite a conduit à une augmentation de la teneur en proline (**Mohammad zadeh et Pirzad, 2014**). Cependant, **Ramjerd et al. (2015)** ont montré dans une expérience que la zéolite entraînait la réduction de la proline.

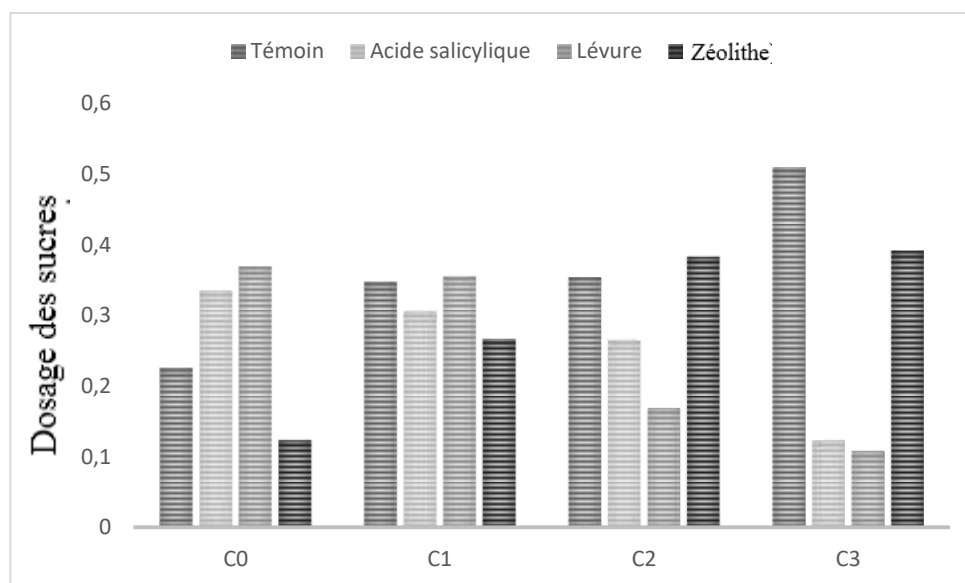
Contrairement, l'acide salicylique a conduit à la sécrétion la plus élevée 59,20 en absence de stresse salin. L'amélioration du métabolisme de la proline est corrélée au mécanisme de tolérance au stress chez les plantes soumises à la salinité (**Ahmadi et al. 2018**). De plus, **Khan et al. (2013)** ont étudié que l'application de 0,5 mmol de l'acide salicylique augmentait

la tolérance de la plante *Triticumaestivum* L. au stress thermique en améliorant le niveau de proline en réponse à l'application de l'acide salicylique, augmentait l'activité de la glutamyl kinase et réduisait l'activité de la proline oxydase. À cet égard, **Ahmad et al. (2018)** ont élucidé que le traitement l'acide salicylique améliorait l'activité enzymatique antioxydante ainsi que les niveaux de proline dans *Vicia faba* L stressée par le sel. De plus, il a été constaté que l'accumulation accrue de proline par le traitement l'acide salicylique favorise l'assimilation de l'azote et une meilleure photosynthèse *al. (2019)*.

#### 4-2-2 Estimation des sucres dans les feuilles:

**Tableau (04):** Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, levure, acide salicylique) sur la quantité de sucres micro g / 100 mg de matière végétale dans les feuilles de laitue en conditions salines.

Organ Conc	Tém	AS	Lév	Zéo
<b>C0=0mM</b>	0.226	0.334	0.369	0.213
<b>C1=50mM</b>	0.348	0.305	0.355	0.266
<b>C2=100mM</b>	0.354	0.265	0.169	0.382
<b>C3=150mM</b>	0.509	0.123	0.108	0.391



**Figure(29) :** Effet de la pulvérisation avec des régulateurs de croissance (Zéolithe, levure, acide salicylique) sur la quantité de sucres microg / 100 mg de matière végétale dans les feuilles de laitue en conditions salines.

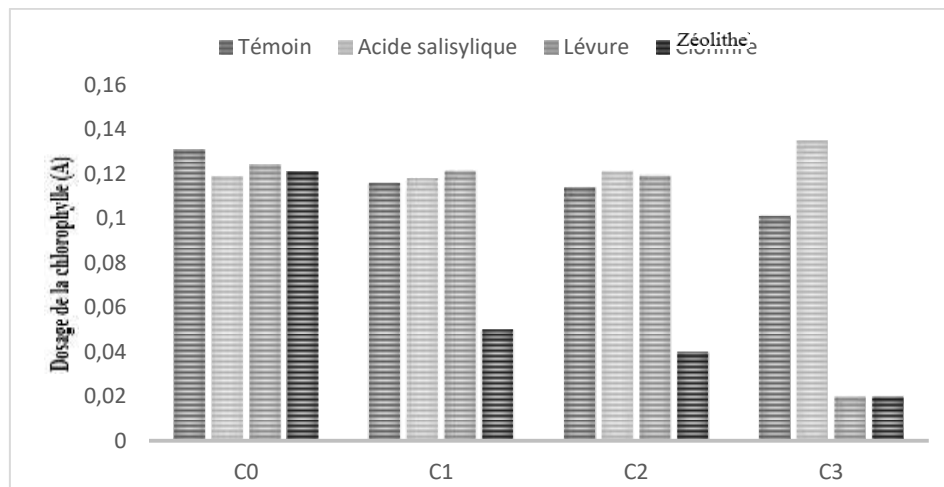
Nous avons observé à travers les résultats du tableau(04) et la figure (29) concernant l'effet de la pulvérisation avec les traitements (Zéolithe, acide salicylique, levure) sur la concentration en sucres dans les feuilles de laitue dans des conditions de salinité, l'effet de la salinité, quels que soient les régulateurs de croissance, a eu un effet positif sur tous les niveaux de salinité. Les rapports étaient de 20, 44, 5 et 46,54 à des concentrations de C0, C1, C2 et C3, respectivement, par rapport au groupe témoin. Concernant l'effet des régulateurs de croissance, quels que soient les régulateurs de croissance, on remarque l'effet supérieur du Zéolithe sur la levure et l'acide salicylique, et la concentration en sucres est élevée lors de l'utilisation de régulateurs acide salicylique et levure à faible salinité.

Le pourcentage de sucres dans les feuilles augmente en augmentant la salinité et cela correspond à ce qui est indiqué par (Elmekkaoui, 1990) que la quantité de sucres dans les feuilles de laitue augmente progressivement avec l'augmentation des concentrations de salinité. Quant à l'effet des régulateurs de croissance indépendamment des régulateurs de croissance, nous avons remarqué la supériorité du Zéolithe par rapport aux autres organisations, et le taux de sucres circulants est élevé chez les plantes soumises à une tension osmotique et cela est dû à un manque d'amidon, ce qui suggère une transformation intense de ce dernier en sucres persistants dans des conditions osmotiques.

#### 4-2-3 Dosage de la chlorophylle (A) dans les feuilles:

**Tableau (05):** Effet de la pulvérisation avec des régulateurs (acide salicylique, levure, Zéolithe) sur la quantité de chlorophylle (A) m mol / m F des plants de laitue dans des conditions salines.

Organ conc	Tém	AS	Lév	Zéo
C0=0mM	0.131	0.119	0.121	0.124
C1=50mM	0.122	0.118	0.05	0.121
C2=100mM	0.114	0.121	0.04	0.119
C3=150mM	0.100	0.135	0.02	0.02



**Figure (30):** L'effet de la salinité et des régulateurs de croissance sur la quantité de chlorophylle (A) mMol / mF dans les feuilles de laitue.

### Chlorophylle (A):

Ilya un effet négatif de stress salin sur le dosage chlorophylle(A). Chez les traitements témoin, levure et zéo, les valeurs de chl(A) ont été diminuées de 0,13 à 0,10 ; 0,12 à 0,02 ; 0,12 à 0,02 respectivement. Tandis que chez le lot traité par l'AS on remarque une augmentation légère des dosages de chl(A) de 0,11 à 0,13.

Donc il y a une corrélation négative entre le taux de salinité et la chl (A), et elle est plus importante chez les traitements Lév et zéo par rapport au lot témoin de laitue. Les valeurs de Chl(A) chez les lots irrigués par la concentration de salinité la plus élevée 150mM ont été 0,02 chez les lots traités par Lév et Zéo et de 0,10 chez le témoin.

Contrairement les résultats de **Moghimi (2015)** indiquent que la salinité et les zéolites et leurs interactions sur la chlorophylle a et la chlorophylle totale étaient significatives.

L'effet négatif des levures sur le chl. A et B est en contradiction avec les résultats obtenus par **Hayat (2007)** et **Stino et al. (2009)** qui n'ont déclaré que l'augmentation du chl. A et B entraînent une augmentation conséquente des glucides totaux, car l'application de levure pourrait renforcer le rôle dans la division cellulaire, l'élongation cellulaire produisant plus de surface foliaire. **Hussein et al. (2002)** ont rapporté que *Saccharomyces sp.* fait partie des micro-organismes qui améliorent la croissance et le rendement des cultures en augmentant la

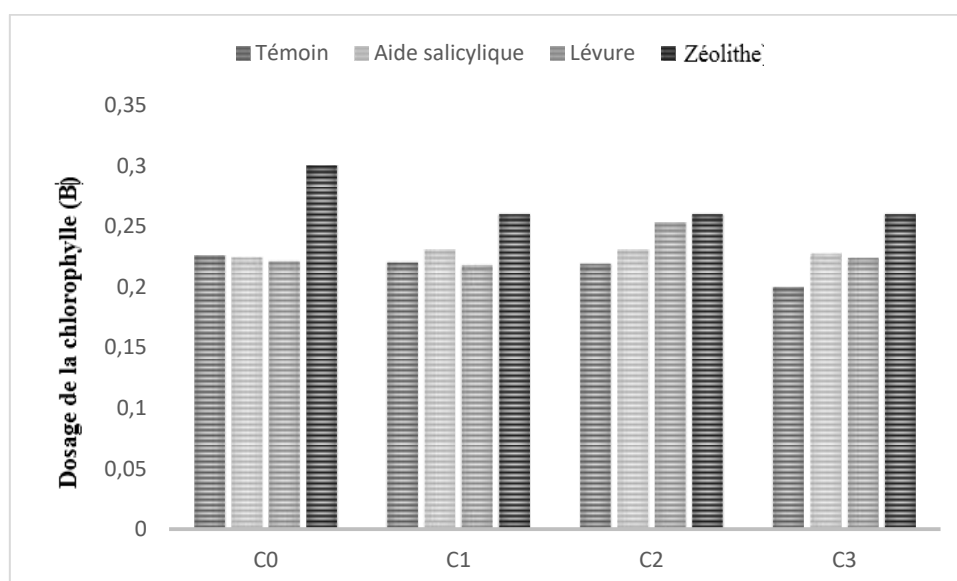
photosynthèse, en produisant des substances bioactives, telles que des hormones et des enzymes et en contrôlant les maladies du sol.

En analysant les résultats présentés sur la quantité de chlorophylle (A), qui a montré une diminution de la quantité de chlorophylle (A) avec l'augmentation de la salinité, cela est dû à l'effet du grana avec la salinité, ce qui est cohérent avec (Al-Shahat, 1990) qui a dit que les ions ammonium concentrés à la suite de leur collecte dans les feuilles peuvent agir pour décomposer la chlorophylle (A.) Pendant la décomposition des plastes et leur lacération dans la lame de plantes poussant dans un milieu à haute teneur en sel avec des sels d'ammoniaque, y compris des protubérances de sodium.

#### 4-2-4 Dosage de la chlorophylle(B) dans les feuilles:

**Tableau (06):** Effet de la pulvérisation avec des régulateurs (acide salicylique, levure, Zéolithe) sur la quantité de chlorophylle (B) m mol / m F des plants de laitue dans des conditions saline.

Organ Conc	Tém	AS	Lév	Zéo
C0=0mM	0.226	0.224	0.300	0.221
C1=50mM	0.220	0.230	0.260	0.218
C2=100mM	0.219	0.230	0.260	0.218
C3=150mM	0.200	0.227	0.260	0.253



**Figure (31):** L'effet de la salinité et des régulateurs de croissance sur la quantité de chlorophylle (b) mM / mF dans les feuilles du plant de laitue.

Nous avons remarqué que la quantité de chlorophylle en général était réduite dans des conditions salines, et c'est ici (**Taha, 1971**). Indique que la raison de l'inhibition du chlorure de sodium dans le processus de photo modulation est due à l'accumulation d'ions chlorure dans les feuilles de la plante de haricot, ainsi que le stress salin provoque une diminution de l'activité des enzymes qui stimulent l'inhibition du CO<sub>2</sub>.

On ce qui concerne le dosage de chl (B), il dimension légère a est remarqué (tableau 08) de 0.22à0.20et il dimension un peu importante chez traite par la levure, est concentration stable chez 0.22 chez l'AS.par contre une augmentation remarquable 0.22à0.25 aété enregistré dans les feuille de laitue traité par Zéo. L'interaction entre la zéolite sur la salinité et la chlorophylle b n'était pas significative. D'après les résultats obtenus à partir de l'utilisation de la chlorophylle a, les traits de la chlorophylle b et de la chlorophylle totale de la zéolite étaient significatif **Moghimi (2015)**.

Nos résultats exprimés suggèrent que la levure à un effet positif sur le taux de Chl (B).D'ailleurs, le dosage le plus fort de ce dernier été de 0.300, enregistre chez le lot traité par la levure à 0Mm Na Cl .cette concentration dépasse le double en comparaison avec le lot témoin à 0Mm Na Cl, où la valeur été de 0.131.Même avec l'application du stress salin, la concentration de Chl (B) reste toujours supérieur aux cette enregistrées chez les autres lits subi à une concentration de Na Cl identique.

## **Conclusion**

## Conclusion

---

### Conclusion

A travers les résultats obtenus pour les différents critères étudiés, il est clair que la salinité a des effets négatifs sur le développement du plant de laitue, et comme notre étude a prouvé que nos traitements ont donné des résultats positifs en aidant le plant de laitue à résister au stress salin par rapport au témoin.

Des résultats positifs ont été enregistrés pour les plantes pulvérisées avec nos traitements sur les paramètres morphologiques (hauteur, longueur des racines, nombre de feuilles... etc.). Le degré d'effet était différent entre les traitements, où les plantes traitées avec de l'acide salicylique ont montré des résultats positifs en ce qui concerne la hauteur et le poids sec, tandis que les plantes traitées avec Zéolithe ont affecté positivement la surface et le nombre de feuilles ainsi que le poids sec, et pour les plantes traitées avec la levure ont montré une résistance à tous les paramètres physiologiques sauf pour la hauteur.

A travers des résultats obtenus, il nous apparaît clairement que les plantes traitées avec de la levure ont donné une résistance positive et opposée à la salinité chez le plant de laitue, tandis que les plantes traitées avec du Zéolithe ont montré une résistance moyenne, notamment en nombre et en surface de la feuille. et poids sec, tandis que les plantes traitées à l'acide salicylique avaient une faible résistance pour les paramètres mesurés à l'exception de la hauteur et poids sec.

En ce qui concerne les paramètres biochimiques, les résultats de l'étude ont enregistré que les plantes traitées avec Zéolithe contiennent une grande quantité de proline, de sucre et de chlorophylle B, tandis que les plantes traitées avec de l'acide salicylique contiennent une grande quantité de chlorophylle A. Les plantes traitées avec de la levure ont enregistré les valeurs les plus basses dans tous les paramètres chimiques étudiés par rapport aux autres traitements.

De ce fait, nous concluons que le traitement Zéolithe agit pour augmenter les éléments chimiques, suivi de l'acide salicylique et enfin de la levure, le tout sous l'influence du stress salin. En fonction des résultats des paramètres morphologiques et biochimiques étudiés, on peut dire que les traitements Zéolithe et levure sont les plus résistants au stress salin chez le plant de laitue.

## Conclusion

---

En général, nous disons que la réduction du stress salin à l'aide de (Levure, Acide salicylique et Zéolithe) dans la laitue a montré un succès relatif dans l'amélioration de la croissance des plantes, et à partir de là, nous recommandons ce qui suit :

- Prendre en considération les résultats de cette étude et en tirer profit à l'avenir, notamment la levure, pour améliorer les paramètres morphologiques
- Nous recommandons également d'essayer de mélanger deux traitements ensemble, nous obtiendrons peut-être de bons résultats cohérents
- Essayer avec des concentrations autres que celles utilisées dans nos recherches.

# Référence

## REFERENCES

**Ahmadi S.H., Vafae Y., Saba M.K., Zarei L. (2018):** Mitigation influence of salicylic acid on physiological attributes of tomato cv. Namib under salinity stress in soilless culture. *Journal of Science and Technology of Green house Culture*, 9: 79–91.

**Alem C., Amri A.,( 2005).** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Biologie and Biotechnologie*, 4. 1: 20-31.

**Al-Shahat Nasr Abu Zaid (1990) :** Hormones végétales et applications agricoles, Bibliothèque Madbouly. Fondation Ezz El-Din pour l'impression et l'édition, Égypte.

**Al-Shahat Nasr Abu Zaid (2000) :** Hormones végétales et applications agricoles Maison arabe pour l'édition et la distribution.681, p.191-238, 547-577.

Annaba, 108p.

**Anonyme., (2009).** Salinisation et sodification. L'agriculture durable et la conservation des sols. Processus de dégradation des sols. Fiche technique N°4. 4P

**Appu, M. and Muthukrishnan, S. (2014).** Foliar application of salicylic acid stimulates flowering and induced senescence late proteins in finger millet plants. *Universe. J. Plant Sci.* 2:14-18.

**Asloum H., (1990).** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum*.) 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

**BAIZE D., (2000)-** Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206- 207

**Ben Ahmed H., Zid E., EL Gazzah C., Grignon C., 1996.** Croissance et accumulation ionique chez *Atriplexhalimus* L. *Cahiers d'Agricultures*, 5: 367- 372.

**Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M., et Selmi M.,( 2001).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé .*Sècheresse*, 12. 3: 167-174

**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.

**Bohnert H.J. & Shen B., (1999).** Transformation and compatible solutes. *Scientia Horticulturae*, 78:237-260.

**Blancard D., Lot H. et Maisonneuve B. (2003)** - Maladies des salades - Identifier, connaître et maîtriser. Ed. INRA, Paris, 375p.

**Boualla N., Benziane A., Derrich Z., (2012).** Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'lé ta (bordure sud du bassin sebkha Oran). *Journal of Applied Biosciences* 53: PP 3787 – 3796

**Bouaziz E., (1980).** Tolérance à la salure de la pomme de terre, *Physio. Vég.*, 18, 1.

**Boukachabia E., (1993).** Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister en production et physiologie végétale. Université Badji Mokhtar,

**C.T.A. (2009)** – les cultures maraichères, tome1, produire mieux. Bureau National Information/Burkina, 110p.

**Carter D.I., (1975):** Problems of salinity in agriculture. *Plants in Saline Environments* .Springer- Verlag Berlin. Pp.25-35.

**Chalayer P., Guze M. et Lizot J.F., (1998)** - Les salades d'automne-hiver sous abri froid, conduite en agriculture biologique, Laitue – Batavia - Feuilles de chêne - Lello. Fiche Tec. GRABITAB, 4p.

**Coelho AFS, Gomes EP, Sousa AP, Gloria MBA (2005).** Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. *J. Sci. Food Agric.*85: 1026-1032

**Colin F, Lizot J.F., (2003)** - Produire des semences de laitue dans un itinéraire agrobiologique. Fiche Tec. ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), 4p

**Collin F, Lizot J.F., (2003)** - Produire des semences de laitue dans un itinéraire agrobiologique. Fiche Tec. ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), 4p

**Colmer T.D., Epstein E. and Dvorak J., (1995).** Differential solute regulation in leaf lad of various age in salt sensitive wheat and asalttolerant wheat x *Lophopyrum eulogium* (Host) A. Levee haploid. Plant physio, 108: 1715-1724.

**Dubois M .Hamilton J, Rebes p Smith F /(1956):** Colorimétrique méthode for détermination of sogar and Related Substance Analytical chemisera.

**El Makkaoui M., (1990):** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur et l'org: recherches de test précoces de sélection. Thèse docte. Sci Agr.montpellier.191p.

**Elattir H., Skirdj A. et Elfadl A., (2003)-**Transfert de technologie en agriculture, La laitue, l'endive, le topinambour, la verveine, la tomate industrielle. Fiche Tec. Institut Agronomique et Vétérinaire-HASSAN II, Rabat, 4p.

**El-Mekkaoui M., (1990).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*I. durum*des f) et l'orge (*H. vulgare*): recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. 191p.

**Elmhirst J., (2006).** Profil de la culture de la laitue de serre au Canada, CLAPC (Centre de lutte anti parasitaire. Canada), 38p.

**Farsha A.D. (2001) :** Etude de l'effet de la salinité sur la croissance et la production de blé dur et la possibilité de l'inverser par les hormones végétales. Maîtrise - Université de Constantine.

**Fathalli N., Bizid, E., (1986).** Effect of sodium chloride on the growth and the content in glucides inmedicagociliaris. *In*: colloquium about plants in arid environment, faculty of sciences, Tunis, pp: 416-429.

**Fouad Al-Kurdi (1977) :** Fondements de la chimie des terres et de la fertilité, section pratique, direction des livres universitaires, 192 p. Presse Khaled bin Al-Walid, Damas.

**Francesca, S., Arena, C., Mele, B.H., Schettini, C., Ambrosino, P., Barone, A. and Rigano, M.M. (2020)** The Use of a Plant-Based Bio stimulant Improves Plant Performances and Fruit Quality in Tomato Plants Grown at Elevated Temperatures. *Agronomy*, 10, 363.

**Gill K.S., (1979).** Effects of soil salinity on grain filing and grain development in burly. *Biologiaplantarum*, 24, 4: 266-269.

**Goring M; Dreier X, (1974):** Der enflés houer Salzkonzentratimen auf Verschueren physiologies hé parametr Von maiswuzeen. Winz. Der HU. Berlin. Nath. Naturwiss R.23: 641-644.

**Gouia H., Ghorbal M. H. et Touraine B., (1994).** Effects of Na Cl on flows of N and mineral ion son NO<sub>3</sub><sup>-</sup> reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-sensitive cotton. *Plant Physiol*, 105: 1409-1418

**Grasset D., (2008)**-Les engrais organon- minéraux. La lettre de l'UNIFA n°17, Paris, 12p.

**Guan, L. and Scandalios, J. G. (1995).** Develop mental yrelatedresponses of maize catalase genes to salicylic acid. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 92:5930-5934.

**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'*Atriplexhalimus L.* et d'*Atriplexcanescens (Pursh) Nutt.* Mémoire de Magister en Biochimie et analyse des bioproducts, Univers Kasdi Merbah Ouargla, 100 P.

**Hajlaoui H., Denden M., Bouslama M., (2007).** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) au stade germination. *Tropicultura*. PP 168-173.

**Hamed Al-Saeedi (2005) :** Amélioration des plantes sous différents stress et conditions de faible inpot et leurs bases physiologiques, 0-156-316-N:977 - Universités Publishing House, Egypte.

**Hamza M.,( 1967).** Influence de diverses concentrations de chlorure de sodium sur la croissance déjeunes plantes de *Tritium sativum*. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 176: 1997- 2000.

**Harath, (2003).** Etude de l'hérédité du broyage à vide et de la vitesse de déperdition foliaire en blé. Université de Constantine, p 03-58.

**Hernandez S., Deleu C., Larher F.,( 2000).** Accumulation de proline dansles tissus foliaires de tomate en réponse à la salinité. *Comptes Rendus Académie des Sciences. Paris, Sciences de la Vie/ Life Sciences*, 323:551- 557

**Ismail A.M.A., (1990).** Germination Eco physiology in population of *Zygophyllum qatarenses* Hadidifrom contrasting habitats. *J. Arid. Environ* 18: 185-194.

**Issaad Ghozlen, .(2015)** statut nutritionnel et plasticité de réponses aux stress chez un model végétal : tritium durum des ftheseen vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat lm d, université badjimokhtar – Annaba.

**Itmi, (2010)**-La culture de laitue .Fiche Tec. (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles) Alger. 5p.

**Iyengar E. R. R., Reddy M.P.,( 1996).** Photosynthesis in high salt tolerant plants. *In:* Pesser kali, M.(Ed.). Hand Book of Photosynthesis. Marshal Deker. Baten Rose, USA: 56-65.

**Jenni, S. ET Bourgeois G. 2008.** Quantifying Phenology and Maturity in Crisp head Lettuce. Hort Technology 18(4): 553-558 .

**Johnson WC, Jackson LE, Ochoa O, Peleman J, van Wijk R, St.Clair DA, Michelmore RW (2000)** a shallow-rooted crop and its wild progenitor differ at loci determining root architecture and deep soil water exploitation. Theor Appl Genet 101: 1066-1073.

**Johnson WC, Jackson LE, Ochoa O, Peleman J, van Wijk R, St.Clair DA, Michelmore RW (2000)** A shallow-rooted crop and its wild progenitor differ at loci determining root architecture and deep soil water exploitation. Theor Appl Genet 101: 1066-1073.

**KABAR K., (1986)**-Alleviation of salinity stress by growth regulators on see d germination. J Plant. Phyiol.128.p79-83.

**Kamrudin, K.S., Hamdan, H. and Mat, H. (2003).** Methane adsorption characteristic dependency on zeolites structures and properties. Paperpresentedat the 17 the symposium of Malaysian chemical Engineers, 29-30 December 2003, Copt Horne Orchid Hotel, Penang.-  
**Polat, E., Karaca, M., Demir, H., NaciOnus, N. (2004).** Use of natural zeolite (clinoptilolite) ingrain culture. Journal of Fruit Ornam. Plant Research. Special. 12, 183-189.

**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 factorin pc12 cells. J. Biol. Chem, 276: 18169–18177.

**Kazemi, M. (2013).** Foliar application of salicylic acid and calcium on yield, yield component and chemical properties of strawberry. *Bull. Environ. Pharmacology. Life Sci.* 2:19-23.

**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.

**Kesseli RV, Paran I, Michelmore RW (1994)** Analysis of a detailed genetic linkage map of *Lactuca sativa* (lettuce) constructed from RFLP and RAPD markers. *Genetics* 136: 1435-1446.

**Khalaf Nadia (1991) :** L'effet de la salinité sur le piment doux. Mémoire de maîtrise.

**Khan M.A., Hamid A., Salahuddin A. B.M., Quasem A., Karim M.A., (1997).** Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Oryza sativa*). *J. Agronomy and Science*, 149- 161.

**Khan M.I.R., Iqbal N., Masood A., Per T.S., Khan N.A.(2013).** Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. *Plant Signal. Behav.* 8:263-274.

**Kurban H.H., Saneoka K., Nehira R., Adila G.S., Premachandra and K. Fujita., (1999).** Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (biel.). *SoilSci. Plant Nutr.*, 45: 851–862.

**Lakhdari K., Kherfi Y. et Boulassel A., (2010)-**Atlas des semences locales ou acclimatées dans les oasis de l'Oued Righ .CRSTRA (Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides), 78p.

**Landryb., S. and R. W. Michelmore. (1987)** Methods and applications of restriction fragment length polymorphism analysis to plants. pp. 25-44. In: *Tailoring Genes for Crop Improvement: An Agricultural Perspective*, Edited by G. BRUENINGJ., HARADA and A. HOLLANDER. Plenum Press, New York.

**Lavicoli, I., Leso, V. Ricciardi,W., Hodson, L.L. and Hoover, M.D. (2014).** Opportunities and challenges of nanotechnology in the green economy. *Environmental Health* 13: 78.

**Leggo, P.J. (2000).** An investigation of plant growth in an organo- zeolite substrate and its ecological significance. *Plant and Soil* 219: 135-146.

**Manaa Arafet, Hela Ben Ahmed, Samira Smiti.(2011).** Salt-Stress Induced Physiological and Proteomic Changes in Tomato (*Solanum lycopersicum*) Seedlings.

**Marschner, H. (1995).** Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd édition, Académique Presse. Ltd. ,London. 862 P.

**Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A., (2001).** Contribution of proline and inorganic csolutes to osmotic adjustment in cottonundersalt stress. J. Plant Nutr, 24: 599-612.

**Michaelson MJ, Price HJ, Ellison JR, Johnston JS (1991)** Comparison of plant DNA contents determined by feulgen micro spectrophotometry and laser flow cytometer. Am J Bot 183-188.

**Moghimi S.M1,\* , Ghavami S. H2 (2015)** Effect of Zeolite and salinity on growth indices of marigold (*Calendula officinal is L.*) Cumhuriyet University Faculty of Science Journal (CSJ), Vol. 36, No: 3 Special Issue (2015) ISSN: 1300-1949.

**Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L., (1998).** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. J. Plant Nutr, 21: 1667–1680.-

**Mohammad zadeh, S., and Pirzad, R. (2014).** The Effect of Using Zeolite on the Production and Performance of Lentil Protein under Drought Stress Conditions. The Thirteenth Iranian Agricultural Sciences and Seed and Plant Improvement and the Third Iranian Seed Science and Technology Conference. 220 P.

**Munns R. et Termaat A., (198.** Whole plant response to salinity. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 143-160.

**Nassar, R.M.A., Shanan, N.T. and Reda, F.M. (2016)** Active Yeast Extract Counteracts the Harmful Effects of Salinity Stress on the Growth of *Leucaena* Plant. Sciatica Horti culture, 201, 61-67. doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.037.

**Ngullie, C. R., Tank, R. V. and Bhanderi, D. R. (2014).** Effect of salicylic acid and fungicide on flowering, fruiting, yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. KESAR. *Adv. Res. J. CropImprov.* 5:136-139.

**Niu X., Rsehan R.A., Hasegawa P.M., Pardo J.M., (1995).** Ion homeostasis in Na Cl stress environments. Plant Physiology, 109. 3: 735- 742.

**Pitrat M, Foury C (2004)** Histoires de légumes - Des origines à l'orée du XXIe siècle - Chapitre 12: Laitues (Maisonneuve B). INRA, Paris.

**Plamondon-Duchesne au, L. 2011.** Gestion de l'irrigation des laitues romaines (*lactuca sativa* L.) cultivées en sol organique. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval. Québec. Canada.80 p.

**Ramirez, JC. 2015.** Développement d'une culture durable de laitue de transformation en sol minéral. Mémoire de maîtrise. Université Laval 72.

**Ramzia bint Saad Al-Qahtani (2004) :** L'effet de la salinité du chlorure de sodium sur la germination, la croissance et le métabolisme des graines de séné Mémoire de maîtrise –

**Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., (2006).** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus*(L.) en présence du Na Cl. Revue des Régions Arides, 17.1 : 65-78

**Renard HA. (1986).** La conservation des semences potagères. In La diversité des plantes légumières : Hier, aujourd'hui et demain. Lavoisier, Paris, 99-110.

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

**Sallam, A. M. and Ibrahim, H. I. M. (2015).** Effect of grain priming with salicylic acid on germination speed, seedling characters, anti-oxidant enzyme activity and forage yield of teosinte. *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 15:744-753.

**Sairam R. K., Tyagi Aruna. (2004).** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. CURRENT SCIENCE, Vol 86, N° 3. PP 407-421.

**Shaaban, M. M., Abd El-Aal, A. M. K. and Ahmed, F. F. (2011).** Insight into the effect of salicylic acid on apple trees growing de rsandy saline soil. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 7:150-156.

**SUN F et al.,( 2007):** Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* Pp178-188.

**Taha E., (1971):** MSC. Thusis. fac. Agric. Ain chams Univ. Egypt.

**Thicoipe JP. (1997).** Laitues. Editions CTIFL, Paris, 281p.

**Tremblin G., Coudret A., (1986):** Salinité, transpiration et échanges de CO<sub>2</sub> chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl.) Ung. *Oecol. Plant*, 7. 21: 417-431.

**Truco MJ, Antonise R, Lavelle D, Ochoa O, Kozik A, Witsenboer H, Fort SB, Jeuken MJ, Kesseli RV, Lindhout P, Michelmore RW, Peleman J (2007)** A high-density, integrated genetic linkage map of lettuce (*Lactuca* spp.). *Theor Apple Genet* 115:735–746.

Université de Constantine.

Université du Roi Souad.

**Verolet, J. Raffin, R. Jagu, L. (2001)** Fiche technique en agriculture biologique: Cas de la tomate Lycos persiques culent Um Mill. A.D.A.B. 9p.

**Wang Y., Nil N., 2000.** Changes in chlorophyll, ribulosebi phosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus* colorlea vesduringsalt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*, 75: 623–627.

**Waycott W, Fort SB, Ryder EJ, Mitchelmore RW (1999)** Mapping morphological genes relative to molecular markers in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Heredity* 82:245–251.

**Wu J.L., Seliskar D.M., Gallagher J.L., (1998).** Stress tolerance in the marsh plane *Spartinapatens*: impact of Na Cl on growth and root plasma membrane lipid composition. *Physiol. Plant*, 102: 307–317.

**Xiubin, H. and Zhanbin, H.** Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Retour. Conserve. Recycl.* 2001, 34, 45–52.

**Zid E., (1982).** Mécanismes de la nutrition minérale de la feuille de citrus et son agression par le sodium. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Faculté des sciences. Université de Tunis. 419p.

**Zorrig, (2011).** Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "*Lactuca sativa*". Thèse doctorat en agronomie. pp 250.

# Annexes

## ANNEXE

Traitement / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

### Anova « Sans strass »

#### A-Longueur des racines :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.0 vs Lév.0	-2,8750	-8,3984	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.0 vs Zéo.0	-2,7500	-8,0333	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.0 vs 0	-1,7500	-5,1121	2,1788	0,0003	Oui
0 vs Lév.0	-1,1250	-3,2863	2,1788	0,0065	Oui
0 vs Zéo.0	-1,0000	-2,9212	2,1788	0,0128	Oui
Zéo.0 vs Lév.0	-0,1250	-0,3651	2,1788	0,7214	Non
LSD-value :			0,7459		

#### B-nombre des feuilles :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.0 vs Zéo.0	-5,7500	-8,5915	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.0 vs 0	-4,0000	-5,9767	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.0 vs Lév.0	-3,0000	-4,4825	2,1788	0,0007	Oui
Lév.0 vs Zéo.0	-2,7500	-4,1090	2,1788	0,0014	Oui
Lév.0 vs 0	-1,0000	-1,4942	2,1788	0,1610	Non
0 vs Zéo.0	-1,7500	-2,6148	2,1788	0,0226	Oui
LSD-value :			1,4582		

#### C-poids sèche :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.0 vs Zéo.0	-3,5575	-3,8976	2,1788	0,0021	Oui
A.S.0 vs Lév.0	-1,5775	-1,7283	2,1788	0,1095	Non
A.S.0 vs 0	-0,5450	-0,5971	2,1788	0,5615	Non
0 vs Zéo.0	-3,0125	-3,3005	2,1788	0,0063	Oui
0 vs Lév.0	-1,0325	-1,1312	2,1788	0,2801	Non

Lév.0 vs Zéo.0	-1,9800	-2,1693	2,1788	0,0509	Non
LSD-value :			1,9887		

#### D- surface des feuilles :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.0 vs Zéo.0	-17,9150	-2,7800	2,1788	0,0167	Oui
A.S.0 vs 0	-12,4450	-1,9312	2,1788	0,0774	Non
A.S.0 vs Lév.0	-6,7200	-1,0428	2,1788	0,3176	Non
Lév.0 vs Zéo.0	-11,1950	-1,7372	2,1788	0,1079	Non
Lév.0 vs 0	-5,7250	-0,8884	2,1788	0,3918	Non
0 vs Zéo.0	-5,4700	-0,8488	2,1788	0,4126	Non
LSD-value :			14,0408		

#### E-poids frais :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.0 vs Lév.0	-6,7425	-1,9544	2,1788	0,0744	Non
A.S.0 vs Zéo.0	-6,3450	-1,8392	2,1788	0,0907	Non
A.S.0 vs 0	-4,9325	-1,4298	2,1788	0,1783	Non
0 vs Lév.0	-1,8100	-0,5247	2,1788	0,6094	Non
0 vs Zéo.0	-1,4125	-0,4094	2,1788	0,6894	Non
Zéo.0 vs Lév.0	-0,3975	-0,1152	2,1788	0,9102	Non
LSD-value :			7,5166		

#### F-Hauteur :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Lév.0 vs Zéo.0	-1,8750	-3,5193	2,1788	0,0042	Oui
Lév.0 vs A.S.0	-1,7500	-3,2847	2,1788	0,0065	Oui
Lév.0 vs 0	-0,2500	-0,4692	2,1788	0,6473	Non
0 vs Zéo.0	-1,6250	-3,0500	2,1788	0,0101	Oui
0 vs A.S.0	-1,5000	-2,8154	2,1788	0,0156	Oui
A.S.0 vs Zéo.0	-0,1250	-0,2346	2,1788	0,8185	Non

## Anova « C1=50mM »

### A-Poids frais :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs A.S.50	-14,0075	-4,3054	2,1788	0,0010	Oui
50 vs Lé.v.50	-8,7650	-2,6940	2,1788	0,0195	Oui
50 vs Zéo.50	-6,5650	-2,0178	2,1788	0,0665	Non
Zéo.50 vs A.S.50	-7,4425	-2,2876	2,1788	0,0411	Oui
Zéo.50 vs Lé.v.50	-2,2000	-0,6762	2,1788	0,5117	Non
Lé.v.50 vs A.S.50	-5,2425	-1,6114	2,1788	0,1331	Non
LSD-value :			7,0887		

### B-Hauteur :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs A.S.50	-6,6250	-10,7442	2,1788	< 0,0001	Oui
50 vs Zéo.50	-3,2500	-5,2708	2,1788	0,0002	Oui
50 vs Lé.v.50	-2,3750	-3,8517	2,1788	0,0023	Oui
Lé.v.50 vs A.S.50	-4,2500	-6,8925	2,1788	< 0,0001	Oui
Lé.v.50 vs Zéo.50	-0,8750	-1,4190	2,1788	0,1813	Non
Zéo.50 vs A.S.50	-3,3750	-5,4735	2,1788	0,0001	Oui
LSD-value :			1,3435		

### C-Longueur des racines :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs Lé.v.50	-3,2500	-9,4939	2,1788	< 0,0001	Oui
50 vs Zéo.50	-1,5000	-4,3818	2,1788	0,0009	Oui
50 vs A.S.50	-1,1250	-3,2863	2,1788	0,0065	Oui
A.S.50 vs Lé.v.50	-2,1250	-6,2075	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.50 vs Zéo.50	-0,3750	-1,0954	2,1788	0,2948	Non
Zéo.50 vs Lé.v.50	-1,7500	-5,1121	2,1788	0,0003	Oui
LSD-value :			0,7459		

**D-Nombre des feuilles :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs Lév.50	-3,2500	-6,7890	2,1788	< 0,0001	Oui
50 vs Zéo.50	-2,2500	-4,7001	2,1788	0,0005	Oui
50 vs A.S.50	-0,5000	-1,0445	2,1788	0,3169	Non
A.S.50 vs Lév.50	-2,7500	-5,7446	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.50 vs Zéo.50	-1,7500	-3,6556	2,1788	0,0033	Oui
Zéo.50 vs Lév.50	-1,0000	-2,0889	2,1788	0,0587	Non
LSD-value :			1,043		

**E- Poids sèche :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs Lév.50	-3,3675	-4,3493	2,1788	0,0009	Oui
50 vs A.S.50	-2,7825	-3,5938	2,1788	0,0037	Oui
50 vs Zéo.50	-1,8550	-2,3958	2,1788	0,0338	Oui
Zéo.50 vs Lév.50	-1,5125	-1,9535	2,1788	0,0745	Non
Zéo.50 vs A.S.50	-0,9275	-1,1979	2,1788	0,2541	Non
A.S.50 vs Lév.50	-0,5850	-0,7556	2,1788	0,4645	Non
LSD-value :			1,687		

**F-Surface des feuilles :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
50 vs A.S.50	-22,4225	-3,1619	2,1788	0,0082	Oui
50 vs Zéo.50	-21,9200	-3,0911	2,1788	0,0093	Oui
50 vs Lév.50	-15,5450	-2,1921	2,1788	0,0488	Oui
Lév.50 vs A.S.50	-6,8775	-0,9698	2,1788	0,3513	Non
Lév.50 vs Zéo.50	-6,3750	-0,8990	2,1788	0,3863	Non
Zéo.50 vs A.S.50	-0,5025	-0,0709	2,1788	0,9447	Non
LSD-value :			15,4508		

## Anova « C2=100mM »

### A-Poids frais :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
100 vs Lév.100	-9,7475	-3,3454	2,1788	0,0058	Oui
100 vs A.S.100	-2,9500	-1,0125	2,1788	0,3313	Non
100 vs Zéo.100	-0,2300	-0,0789	2,1788	0,9384	Non
Zéo.100 vs Lév.100	-9,5175	-3,2665	2,1788	0,0067	Oui
Zéo.100 vs A.S.100	-2,7200	-0,9335	2,1788	0,3689	Non
A.S.100 vs Lév.100	-6,7975	-2,3330	2,1788	0,0379	Oui
LSD-value :			6,3483		

### B-Hauteur :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
100 vs A.S.100	-4,8750	-8,3785	2,1788	< 0,0001	Oui
100 vs Lév.100	-4,2500	-7,3044	2,1788	< 0,0001	Oui
100 vs Zéo.100	-0,8750	-1,5038	2,1788	0,1585	Non
Zéo.100 vs A.S.100	-4,0000	-6,8747	2,1788	< 0,0001	Oui
Zéo.100 vs Lév.100	-3,3750	-5,8005	2,1788	< 0,0001	Oui
Lév.100 vs A.S.100	-0,6250	-1,0742	2,1788	0,3039	Non
LSD-value :			1,2677		

### C-Longueur des racines :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
100 vs Lév.100	-3,1250	-5,7354	2,1788	< 0,0001	Oui
100 vs A.S.100	-2,1250	-3,9001	2,1788	0,0021	Oui
100 vs Zéo.100	-0,7500	-1,3765	2,1788	0,1938	Non
Zéo.100 vs Lév.100	-2,3750	-4,3589	2,1788	0,0009	Oui
Zéo.100 vs A.S.100	-1,3750	-2,5236	2,1788	0,0267	Oui
A.S.100 vs Lév.100	-1,0000	-1,8353	2,1788	0,0914	Non
LSD-value :			1,1872		

**D-Nombre des feuilles :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.100 vs Lé.v.100	-2,2500	-5,1962	2,1788	0,0002	Oui
A.S.100 vs Zéo.100	-2,0000	-4,6188	2,1788	0,0006	Oui
A.S.100 vs 100	-0,7500	-1,7321	2,1788	0,1089	Non
100 vs Lé.v.100	-1,5000	-3,4641	2,1788	0,0047	Oui
100 vs Zéo.100	-1,2500	-2,8868	2,1788	0,0137	Oui
Zéo.100 vs Lé.v.100	-0,2500	-0,5774	2,1788	0,5744	Non
LSD-value :			0,9435		

**E-Poids sèche :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
100 vs Lé.v.100	-1,8950	-4,2645	2,1788	0,0011	Oui
100 vs A.S.100	-0,8600	-1,9353	2,1788	0,0769	Non
100 vs Zéo.100	-0,7775	-1,7497	2,1788	0,1057	Non
Zéo.100 vs Lé.v.100	-1,1175	-2,5148	2,1788	0,0272	Oui
Zéo.100 vs A.S.100	-0,0825	-0,1857	2,1788	0,8558	Non
A.S.100 vs Lé.v.100	-1,0350	-2,3291	2,1788	0,0381	Oui
LSD-value :			0,9682		

**F-Surface des feuilles :**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Zéo.100 vs Lé.v.100	-6,7900	-1,4563	2,1788	0,1710	Non
Zéo.100 vs A.S.100	-2,7250	-0,5844	2,1788	0,5698	Non
Zéo.100 vs 100	-2,7250	-0,5844	2,1788	0,5698	Non
100 vs Lé.v.100	-4,0650	-0,8718	2,1788	0,4004	Non
100 vs A.S.100	0,0000	0,0000	2,1788	1,0000	Non
A.S.100 vs Lé.v.100	-4,0650	-0,8718	2,1788	0,4004	Non
LSD-value :			10,159		

### Anova « C3=150mM »

#### A-Poids frais:

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Zéo.150 vs Lé.v.150	-4,6100	-3,2309	2,1788	0,0072	Oui
Zéo.150 vs 150	-1,4050	-0,9847	2,1788	0,3442	Non
Zéo.150 vs A.S.150	-0,2750	-0,1927	2,1788	0,8504	Non
A.S.150 vs Lé.v.150	-4,3350	-3,0382	2,1788	0,0103	Oui
A.S.150 vs 150	-1,1300	-0,7920	2,1788	0,4438	Non
150 vs Lé.v.150	-3,2050	-2,2462	2,1788	0,0443	Oui
LSD-value :			3,1088		

#### B-Hauteur:

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
150 vs A.S.150	-5,5250	-12,2338	2,1788	< 0,0001	Oui
150 vs Lé.v.150	-5,0250	-11,1267	2,1788	< 0,0001	Oui
150 vs Zéo.150	-1,6500	-3,6535	2,1788	0,0033	Oui
Zéo.150 vs A.S.150	-3,8750	-8,5803	2,1788	< 0,0001	Oui
Zéo.150 vs Lé.v.150	-3,3750	-7,4731	2,1788	< 0,0001	Oui
Lé.v.150 vs A.S.150	-0,5000	-1,1071	2,1788	0,2899	Non
LSD-value :			0,984		

#### C-Longueur des racines:

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Zéo.150 vs Lé.v.150	-2,2500	-5,1255	2,1788	0,0003	Oui
Zéo.150 vs A.S.150	-1,1250	-2,5627	2,1788	0,0249	Oui
Zéo.150 vs 150	-0,1250	-0,2847	2,1788	0,7807	Non
150 vs Lé.v.150	-2,1250	-4,8407	2,1788	0,0004	Oui
150 vs A.S.150	-1,0000	-2,2780	2,1788	0,0418	Oui
A.S.150 vs Lé.v.150	-1,1250	-2,5627	2,1788	0,0249	Oui
LSD-value :			0,9565		

**D-Number des feuilles:**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.150 vs Zéo.150	-3,2500	-5,8138	2,1788	< 0,0001	Oui
A.S.150 vs Lé.v.150	-2,0000	-3,5777	2,1788	0,0038	Oui
A.S.150 vs 150	-1,7500	-3,1305	2,1788	0,0087	Oui
150 vs Zéo.150	-1,5000	-2,6833	2,1788	0,0199	Oui
150 vs Lé.v.150	-0,2500	-0,4472	2,1788	0,6627	Non
Lé.v.150 vs Zéo.150	-1,2500	-2,2361	2,1788	0,0451	Oui
LSD-value :			1,218		

**E-Poids sèche:**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
150 vs Lé.v.150	-0,5750	-2,5742	2,1788	0,0244	Oui
150 vs Zéo.150	-0,3625	-1,6229	2,1788	0,1306	Non
150 vs A.S.150	-0,2050	-0,9178	2,1788	0,3768	Non
A.S.150 vs Lé.v.150	-0,3700	-1,6565	2,1788	0,1235	Non
A.S.150 vs Zéo.150	-0,1575	-0,7051	2,1788	0,4942	Non
Zéo.150 vs Lé.v.150	-0,2125	-0,9514	2,1788	0,3602	Non
LSD-value :			0,4867		

**F-Surface des feuilles:**

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
A.S.150 vs Lé.v.150	-10,9475	-2,1252	2,1788	0,0550	Non
A.S.150 vs Zéo.150	-6,9700	-1,3531	2,1788	0,2010	Non
A.S.150 vs 150	-2,8125	-0,5460	2,1788	0,5951	Non
150 vs Lé.v.150	-8,1350	-1,5792	2,1788	0,1403	Non
150 vs Zéo.150	-4,1575	-0,8071	2,1788	0,4353	Non
Zéo.150 vs Lé.v.150	-3,9775	-0,7721	2,1788	0,4550	Non
LSD-value :			11,2236		