

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
N° : 27/DSA/VCDPGR/2023



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PRODUCTION VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

par: **LACHACHE Amal** et **SENOUCI Achwak**

Intitulé

Variations morpho-physiologiques chez
deux cultivars de *Medicago sativa*.L
sous stress salin.

Soutenu devant le jury composé de:

M. GUENDOUZEN Omar	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
M. TORCHIT Nadir	MAA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Promoteur
M. HADJ KOUIDER Boubakr	MCA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examineur

Année universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah pour sa grâce infinie et sa grande miséricorde, et qui m'a donnée la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

*Au terme de ce travail, Nous tenons tout d'abord à remercier notre promoteur monsieur **TORCHIT** Maître assistant au département des sciences agronomiques à l'université de M'sila pour avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, son aide, sa modestie, et sa patience.*

Aux membres de jury qui ont eu l'obligeance de bien vouloir examiner et juger ce modeste travail :

M^r GUENDOUZEN O pour avoir accepté la présidence de ce jury.

M^r HADJ KOUIDER B d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes du laboratoire pour leur précieuse aide et leur compréhension.

Nous adressons aussi nos remerciements à l'ingénieur de la serre monsieur **M^r AROUSSI B.** et les jardiniers de la ferme expérimentale (**Aissa et Abdessamed**) pour leur aide pratique et leur disponibilité durant notre préparation de ce travail.

A tous ceux qui ont participé de près ou loin pour la réalisation de ce travail.

DEDICACE

ALHAMDULILLAH

Tout puissant de m'avoir donnée le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices.

A mon très cher père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

A mes chers frères

Ismail, Hamza, Mouhamed, Rabel

A mes chères soeurs

Hayat, Ahlam, Warda, Merzaka

*A tous mes amies, en particulier : *Sarra, Lamia, Dounia**

Pour leurs encouragements dans les moments difficiles

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

AMAL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

A la plus merveilleuse de toutes les femmes du monde, celle qui m'a soutenue durant toutes mes années d'études, à celle qui m'a donné la vie à ma très chère mère qui me donne toujours de l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

À mon cher père pour lequel je souhaite une longue et heureuse vie pleine de bonheur, pour leurs sacrifices sans limites, et leur amour et leur encouragement.

A ma grande sœur Ahlam et son fiancé Moustafa je te souhaite une vie heureuse, A mon bras droit ma sœur Jasmine mon soutien et ma force et ma chère petite sœur Basma.

A toute ma famille pour leur aide tout au long de mon parcours
Universitaire.

A toutes mes amis, mes camarades et mes collègues
Qui m'ont soutenue et encouragée.

Achwak

TABLE DES MATIERS

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction **1**

Première partie : Synthèse bibliographique.

Chapitre I: Présentation de l'espèce.

I.1. Description botanique de l'espèce.	2
I.2. Centres d'origine.	5
I.3. Taxonomie et génétique.	5
I.4. Cycle biologique de la luzerne.	6
I.4.1. Physiologie et croissance.	6
I.4.1.1. Germination et levée.	6
I.4.1.2. Croissance végétative.	7
I.4.1.2.1. Nombre et taille des pousses de luzerne.	7
I.4.1.2.2. La croissance des tiges.	7
I.4.1.2.3. La croissance des racines.	8
I.4.1.2.4. La mise à fleur.	8
I.4.2. Ennemies de la culture.	8
I.4.2.1. Lutte contre les adventices.	8
I.4.2.2. Maladies.	9
I.4.2.3. Ravageurs.	9
I.4.3. Utilisation.	9
I.5. Exigences édapho-climatique.	10

I.5.1 Exigences édaphiques.	10
I.5.2. Exigences climatiques.	10
I.5.2.1. La température.	10
I.5.2.2. La lumière.	10
I.6. Situation de la luzerne en Algérie.	11
I.7. Composition chimique de <i>Medicago sativa</i> . L.	11
I.7.1. Composition nutritionnelle.	11
I.7.1.1. Composition en protéines et acides aminés.	12
I.7.1.2. Les lipides.	12
I.7.1.3. Les hydrates de carbone.	12
I.7.1.4. Les fibres.	12
I.7.1.5. Les vitamines.	13
I.7.1.6. Les éléments minéraux.	13
I.8. Intérêt de l'espèce.	14
I.8.1. Importance nutritionnelle.	14
I.8.2. Importance pharmaceutique.	14
I.8.3. Importance industrielle et biotechnologique.	14
I.8.4. Importance écologique.	15
I.8.5. Importance environnementale.	15

Chapitre II : La salinisation des sols.

II.1. Définition de la salinisation des sols.	16
II.2. Forme de salinisation des sols.	16
II.2.1. La Salinisation primaire.	17
II.2.1.1. Salinisation géologique.	17

II.2.1.2. Salinisation marine et lagunaire.	17
II.2.2. La Salinisation secondaire.	17
II.3. Effets de la salinisation.	18
II.3.1. Effets sur les sols.	18
II.3.1.1. Sur les propriétés physiques.	19
II.3.1.2. Sur les propriétés chimiques.	21
II.3.2. Effets sur la plante.	21
II.4. La salinisation dans le monde.	22
II.5. La salinisation en Algérie.	22

Chapitre III : Le stress salin.

III.1. Définition du stress chez les plantes.	24
III.2. Définition du stress salin.	24
III.3. L'impact du stress salin sur la plante.	25
III.3.1. Sur la germination.	25
III.3.2. Sur la croissance et le développement.	27
III.3.3. Sur l'état hydrique.	27
III.3.4. Sur la nutrition minérale.	28
III.4. Adaptation des plantes au stress salin.	28
III.4.1. Stratégies d'adaptation.	28
III.4.1.1. Adaptation à la salinité.	28
III.4.2. Catégories d'adaptations.	29
III.4.2.1. Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes.	29
III.4.2.2. Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes.	29
III.4.3. Mécanismes d'adaptation.	29

III.4.3.1. Adaptations morphologiques.	29
III.4.3.2. Adaptations physiologiques.	30
III.4.3.2.1. Aptitude des halophytes à protéger le système photosynthétique.	30
III.4.3.2.2. Perméabilité membranaire.	30
III.4.3.3. Adaptations biochimiques.	30

Deuxième partie : Etude expérimentale.

Chapitre I : Matériels et Méthodes.

I.1. Le but de l'étude.	31
I.2. Matériel végétal.	31
I.2.1. Caractéristiques des variétés étudiées.	31
I.3. Méthodologie.	32
I.3.1. Essai de germination.	32
I.3.2. Essai en serre.	32
I.4. Le dispositif expérimental.	34
I.5. Les paramètres mesurés.	36
I.6. Les analyses statistiques.	38

Chapitre II : Résultats et Discussion.

II.1. La longueur de la partie aérienne.	39
II.2. La longueur de la partie racinaire.	40
II.3. Le poids frais de la partie aérienne.	42
II.4. Le poids frais de la partie racinaire.	43
II.5. La teneur en proline des feuilles.	44
II.6. La teneur en sucres totaux des feuilles.	46
II.7. Le taux de germination final.	47

II.8. T50 de la germination.	48
Discussions générales	50
Conclusion	53
Référence bibliographique	
Annexe	
Résumé	

Liste des abréviations :

mM : Millimol .

Na⁺: Ion sodium.

Cl⁻ : Ion chlorure.

NaCl : Chlorure de sodium.

mm : Millimètre.

°C : Degré Celsius.

UF / Kg : Unités Fourragères/kilogrammes.

pH : Potentiel Hydrogène.

µg : Microgramme.

Kg : kilogramme.

M. sativa : Medicago sativa.

mg/g : Milligramme/ Gramme.

Na⁺ : Ion sodium.

Cl⁻ : Ion chlorure.

B : Bore.

Se : Selenium.

CE: Conductivité électrique.

Ca⁺ : Ion calcium.

Mg⁺ : Ion Magnésium.

K⁺ : Ion Potassium.

Na⁺ /Ca⁺⁺ : Ion sodium/ Ion calcium.

ESP : Le taux de sodium échangeable.

ER : Escorteur rapide.

Liste des figures.

Partie bibliographique :

- Figure I.1** : La morphologie de la fleur de *Medicago sativa.L.* 3
- Figure I.2** : La morphologie de la luzerne (*Medicago sativa.L.*) 4
- Figure I.3** : Les différents organes de *Medicago sativa.L.* 4
- Figure II.1** : Processus des différentes voies de la salinisation et leur impact sur la dégradation des sols et sur les cultures. (Tabet, 1999). 19
- Figure II.2** : Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde (FAO, 2006). 22
- Figure II.3** : Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le Nord de l'Algérie (Djili, 2000). 23

Partie expérimentale :

- Figure I.1** : Test de germination (CUF101, SPEED). 32
- Figure I.2** : Scarification des graines (CUF101, SPEED). 33
- Figure I.3** : Désherbage manuelle. 33
- Figure I.4** : Mesure de la conductivité électrique des solutions salées. 34
- Figure I.5** : Représentation schématique du dispositif expérimentale adopté. 35
- Figure I.6** : Le dispositif expérimental adopté dans la serre. 35
- Figure I.7** : Effet de la salinité sur la partie aérienne et racinaire de deux variétés testées après 45 jours de stress. 36
- Figure I.8** : Mesure de la longueur de la partie aérienne et racinaire. 36
- Figure I.9** : Mesure du poids frais de la partie aérienne et racinaire. 37
- Figure I.10** : Dosage de la proline. 37
- Figure I.11** : Dosage des sucres totaux. 38

Figure I.12 : Effet de la salinité sur les deux variétés de luzerne testées (CUF101 et SPEED) après 45 jours de stress.	38
Figure II.1 : Effet de la salinité sur la longueur de la partie aérienne.	40
Figure II.2 : Effet de la salinité sur la longueur de la partie racinaire.	41
Figure II.3 : Effet de la salinité sur le poids frais de la partie aérienne.	43
Figure II.4 : Effet de la salinité sur le poids frais de la partie racinaire.	44
Figure II.5 : Effet de la salinité sur la teneur en proline des feuilles.	45
Figure II.6 : Effet de la salinité sur la teneur en sucre totaux des feuilles.	47
Figure II.7 : Effet de la salinité sur le taux de germination final.	48
Figure II.8 : Effet de la salinité sur T50 de la germination.	49

Liste des tableaux.

Partie bibliographique :

Tableau I.1 : Composition nutritionnelle de <i>Medicago sativa</i> .L.	13
---	----

Partie expérimentale :

Tableau I.1 : Composition des solutions salines et la conductivité électrique correspondante.	34
Tableau II.1 : Analyse de la variance de la longueur de la partie aérienne.	39
Tableau II.2 : Analyse de la variance de la longueur de la partie racinaire.	40
Tableau II.3 : Analyse de la variance du poids frais de la partie aérienne.	42
Tableau II.4 : Analyse de la variance du poids frais de la partie racinaire.	43
Tableau II.5 : Analyse de la variance pour le teneur en proline des feuilles.	44
Tableau II.6: Analyse de la variance pour la teneur en sucres totaux des feuilles.	46
Tableau II.7: Analyse de la variance pour le taux de germination final.	47
Tableau II.8: Analyse de la variance pour T50 de la germination.	48

INTRODUCTION

La salinisation des sols est l'une des principales causes limitant la production agricole, particulièrement en régions arides et semi arides, ces régions sont caractérisées par un climat de faible pluviométrie et de forte évaporation (Epstein et *al.*, 1980). Cette variabilité climatique est souvent à l'origine d'une accumulation de sels solubles dans la rhizosphère (Bohnert et *al.*, 1995).

La conséquence générale de la présence de sels dans les sols est une limitation de la croissance qui provoque une baisse de rendement. Dans les régions semi-arides et arides la concentration de sels dans la solution du sol peut atteindre 100mM, condition qui inhibe la croissance de la quasi-totalité des plantes cultivées (Greenway et Munns, 1980).

En milieux difficiles, tel que la salinité la capacité de production est liée au potentiel génétique de tolérance des plantes au stress salin. De nombreuses caractéristiques sont utilisées pour le criblage des plantes pour la réponse au stress salin. Parmi ces caractères figurent entre autres le pourcentage de germination, la croissance des racines et celle de la tige et l'accumulation d'osmorégulateurs tels que la proline et les sucres solubles, ainsi que des ions Na⁺ et Cl⁻ au niveau des feuilles et/ou des racines (Brini et *al.*, 2013)

Une très grande variabilité génétique de réponses aux stress est rapportée chez la luzerne (Lemaire et Allirand, 1993). La luzerne est, parmi les plantes cultivées les plus écologiques. En fixant naturellement l'azote de l'air comme les autres légumineuses, elle ne consomme pas d'engrais azoté. Elle stabilise les sols en évitant ruissellement ou érosion. Cette espèce produit du fourrage de bonne qualité et en grande quantité dont son l'activité biologique est élevée.

A cet effet nous nous sommes intéressées à cette espèce, qui a un intérêt stratégique, comme source d'aliment pour les troupeaux, dans les zones aride et semi-aride et comme étant un objet d'une utilisation importante au niveau de certaines régions ; de mise en valeur et de restauration des parcours steppiques touchés par la salinité.

Dans le présent travail, nous avons cherché à étudier les effets du NaCl à des concentrations croissantes sur la germination, la croissance et l'accumulation d'osmorégulateurs (proline et sucres solubles) chez deux variétés de luzerne à savoir : Speed et CUF101. Notre travail consiste aussi à déterminer si la salinité induit des modifications morphologiques et physiologiques similaire ou distinctes chez les deux cultivars testés.

Première partie : Synthèse bibliographique.

Chapitre I: Présentation de l'espèce.

I.1. Description botanique de l'espèce :

C'est une plante herbacée vivace à tige dressée dès la base puis rameuse et anguleuse. Sa hauteur varie de 30 à 90 cm (Messioughi, 2016).

□ Racine :

La racine pivotante, en sol profond et bien drainé, descend habituellement à 2 m de profondeur. On voit nettement la partie supérieure de la racine de la luzerne, son fort pivot et les grosses racines secondaires. Ces racines portent des petites excroissances isolées ou en grappes, ce sont des nodosités ovoïdes ou d'aspect globuleux dont la taille ne dépasse pas 02 à 03 mm (Ghediri, 2007).

□ Tige :

Les tiges sont plus ou moins dressées, elles portent des feuilles nombreuses, portant à leur extrémité un mucron. Les luzernes de type non dormant produisent plus de tiges secondaires à partir du niveau des cotylédons que les types dormants dont la croissance est stoppée en hiver (Mauriès, 1994).

□ Feuille :

La première feuille est unifoliée. Les feuilles suivantes alternes, sont composées de trois folioles égales, glabres, obtuses, un peu échancrées et denticulées (Messioughi, 2016).

□ Fleur :

La luzerne est allogame. Les fleurs hermaphrodites, symétriques, sont longues (7 à 11 mm). Elles sont regroupées en inflorescences en grappe longues de 20 à 40 mm et de 15 à 30 fleurs (Camille, 1980) et à corolle bleu violacé, un pédicelle généralement plus court que le tube du calice et dont les gousses sont contournées en hélice à 1,5- 3,5 tours.

La couleur des fleurs sont très diversifiées. La plus fréquente chez les *M. sativa* est mauve-violet alors que les *M. falcata* ont des fleurs jaunes (Mauriès, 1994).



Figure I.1 : La morphologie de la fleur de *Medicago sativa.L* (Perron, 2015).

□ **Fruit :**

Le fruit est une gousse non épineuse, recourbée en spirale à 2 –3 tours de spires renfermant plusieurs grains réniformes, luisants, nombreux de couleur jaune- verdâtre (Midoun, 2015), le poids de 1000 grains est d'environ deux grammes (Foury, 1954).

□ **Graine :**

La luzerne a des graines de petite taille (environ 500 000 graines/kg). (Sica, 1990).

* Les parties aériennes sont les parties de la plante utilisées en médecine (Malinow, 1981 ; Gray, 1997 ; Hwang, 2001). La luzerne est une plante pérenne qui dure 2 à 10 ans selon son mode d'exploitation.

C'est une plante qui résiste très bien au gel. Durant la période de froid, elle entre en dormance. Au printemps, elle crée de nouvelles tiges à partir de son pivot central. Elle repousse après l'hiver ou après chaque coupe grâce aux réserves constituées dans ses racines durant les périodes de végétation. Ces réserves durent jusqu'à 10 mois. Elle pousse de Mars à octobre avec en moyenne de quatre coupes par an espacées de 35 à 45 jours selon la température (Mauriès, 2003).

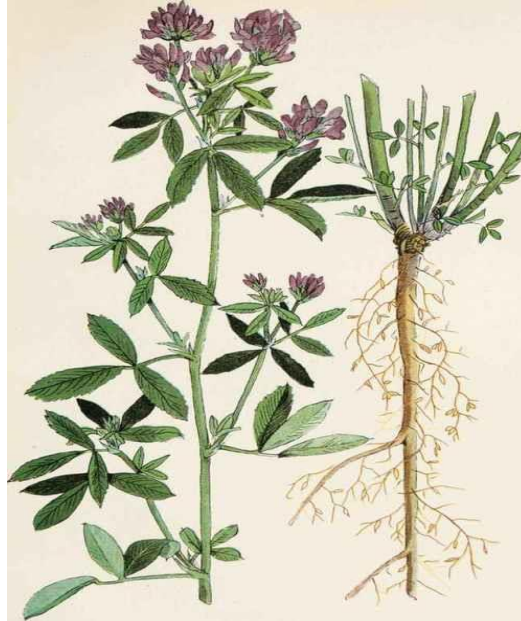


Figure I.2 : La morphologie de la luzerne (*Medicago sativa*.L). (Clark et al., 1913).

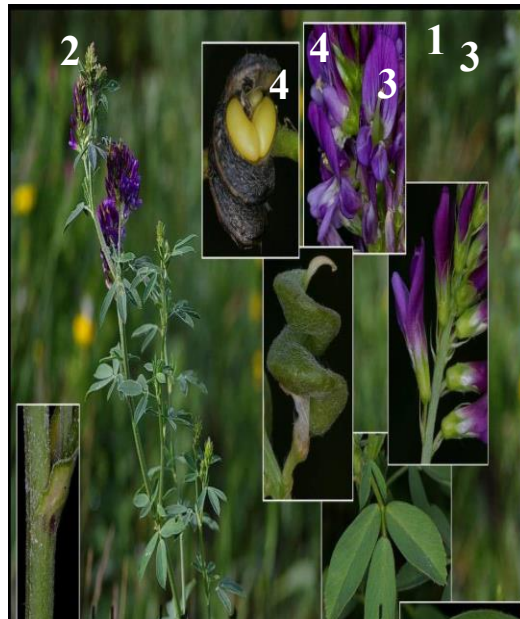


Figure I.3 : Les différents organes de *Medicago sativa*.L (Papeux, 2015).

1. Feuille.

2. Tige.

3. Fleur.

4. Fruit.

I.2. Centres d'origine :

La luzerne cultivée ainsi que les sous-espèces étroitement apparentées sont originaires d'Asie Mineure, de Transcaucasie, du Turkménistan et d'Iran. L'espèce pousse à l'état endémique dans tout le Bassin méditerranéen, en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, dans la plus grande partie de l'Europe, en Sibérie, dans le nord de l'Inde et en Chine (Ivanov, 1988 ; Michaud *et al.*, 1988 ; Quiros et Bauchan, 1988).

I.3. Taxonomie et génétique :

Le *Medicago sativa* L. appartient à l'ordre des Fabales, à la famille des Fabacées, à la tribu des Trifoliées et au genre *Medicago*. Ce très grand genre comprend plus de 60 espèces, dont les deux tiers sont annuels et les autres, vivaces (Quiros et Bauchan, 1988).

La luzerne cultivée à l'échelle commerciale appartient plus précisément au complexe du *M. sativa*, qui réunit plusieurs sous-espèces étroitement apparentées pouvant s'hybrider et ayant le même caryotype. La sous-espèce la plus communément cultivée est le *M. sativa* ssp. *sativa*, mais la sous-espèce *falcata* est également cultivée, de manière limitée, principalement dans les grands pâturages et les régions froides. Le complexe comprend en outre les sous-espèces *glutinosa*, *coerulea*, *x tunetana*, *x varia*, *x polychroa* et *x hemicycla* (Quiros et Bauchan, 1988). Deux espèces distinctes mais étroitement apparentées, le *M. prostrata* et le *M. glomerata*, peuvent être considérées comme capables d'hybridation naturelle limitée avec le *M. sativa* (Quiros et Bauchan, 1988), mais ces deux espèces ne poussent pas naturellement en Amérique du Nord. Le *M. glomerata* est généralement considéré comme un des parents de la sous-espèce *x tunetana*, qui pousse en Afrique du Nord (Lesins et Lesins, 1979).

La luzerne cultivée, *M. sativa* ssp. *sativa*, est tétraploïde ($2n = 4x = 32$) et se caractérise par des fleurs violettes et des gousses spiralées (Quiros et Bauchan, 1988). La sous-espèce *falcata* comprend à la fois des sujets tétraploïdes et des sujets diploïdes ($2n = 2x = 16$) et se caractérise par des fleurs jaunes et des gousses droites à falciformes. Le *M. sativa* ssp. *coerulea*, à fleurs violettes, est une forme diploïde du *M. sativa* ssp. *sativa*. La production de gamètes à nombre chromosomique non réduit ($2n$) permet un flux génétique entre sujets de ploïdies différentes (McCooy et Bingham, 1988). La pollinisation croisée

s'effectue librement entre la luzerne cultivée et tous les autres taxons du complexe du *M. sativa*. La sous-espèce *x varia* est en fait un hybride entre les sous-espèces *sativa* et *falcata*.

I.4. Cycle biologique de la luzerne.

I.4.1. Physiologie et croissance.

I.4.1.1. Germination et levée :

La germination de la luzerne dépend de plusieurs facteurs : la disponibilité en eau, la température et la lumière.

Les plants provenant de lignées *M. sativa* sont plus résistants à un stress hydrique à la levée que les plants d'origine *M. falcata*. Il existe une relation forte entre la disponibilité en eau des sols et le pourcentage de germination des graines.

La germination se produit entre 2 et 10°C, avec un optimum situé entre 19 et 25 °C. La présence du sel dans le sol réduit plutôt la germination dans des zones de températures élevées.

La réduction de la disponibilité en eau affecte fortement le développement des plantes. Le développement de l'appareil végétatif et celui des racines sont pareillement affectés : la hauteur des tiges, leur nombre, le poids des racines et celui de l'ensemble feuilles plus tiges diminuent.

A l'opposé, un excès d'eau est aussi nuisible car il favorise le développement des maladies fongiques qui détruisent les semis. L'excès d'eau place le sol en conditions anaérobies privant les racines de l'oxygène qui est nécessaire à leur développement. Cet effet est d'autant plus néfaste que les températures sont élevées. (Mauriès, 2003). La croissance des jeunes semis est rapide entre 20 et 30°C. Cette température optimale diminue ensuite pour se situer à 15-25°C chez les plantes plus âgées. En dessous de 10°C et au-delà de 37°C, la croissance est fortement réduite.

I.4.1.2. Croissance végétative :

Il est important de faire la différence entre le stade de développement de la plante et son âge. La répartition entre la respiration propre de la plante, et la photosynthèse qui conduit à l'accumulation de matière sèche, détermine son rendement.

I.4.1.2.1. Nombre et taille des pousses de luzerne :

Le rendement dépend de la croissance de la plante et de sa morphologie. Il est fonction du nombre de plantes par unité de surface, du nombre de pousses par plante et du poids respectifs de ces différentes pousses. Le nombre de pousses par pied de luzerne augmente avec l'âge de la plante. Le nombre de bourgeons et de tiges est réduit par le stress hydrique, en effet lorsque les plantes sont placées en condition de concurrence pour l'alimentation en eau ou l'accès à la lumière, le rendement diminue et on observe une augmentation du rapport feuilles/tiges (Mauriès, 1994).

Le nombre de bourgeons et de tiges est réduit par le stress hydrique. Les conséquences apparaissent dans les deux premières semaines de repousse. Au-delà, le stress hydrique ne modifie pas le nombre de tiges par plante. La submersion de la luzerne provoque également une diminution du nombre de tiges par plante d'autant plus qu'elle intervient juste après la récolte.

Les repousses sont issues du développement de bourgeons axillaires. La suppression de ces bourgeons se traduit par un retard de croissance, et une diminution du nombre de tiges. (Mazoyer et *al.*, 2002).

I.4.1.2.2. La croissance des tiges :

Le diamètre des tiges diminue avec l'élévation de température, ce phénomène étant probablement associé à la lignification. C'est l'allongement des entre-nœuds qui explique principalement les différences de production entre pousses au cours d'une année. Cet allongement des tiges est favorisé par un régime de jours longs (Mauriès, 1994). C'est l'allongement des entre-nœuds qui explique principalement les différences de production entre pousses au cours d'une année. Pour une même photopériode, la température joue sur la vitesse de réalisation du potentiel d'élongation alors que la contrainte hydrique est un élément de blocage de l'élongation (Mazoyer et *al.*, 2002).

I.4.1.2.3. La croissance des racines :

En sol sec, la luzerne a un enracinement plus profond et plus développé qu'en sol frais. L'excès d'eau arrête immédiatement la croissance des racines. Une stagnation de l'eau détériore le système racinaire (Mauriès, 1994).

La luzerne se caractérise par une forte capacité à l'enracinement ; sa racine d'abord pivotante développe des racines secondaires plus ou moins ramifiées et l'ensemble peut descendre à plusieurs mètres de profondeur ce qui lui permet de résister à la sécheresse. Comme dans le cas des autres légumineuses, des nodosités abritant des bactéries symbiotiques fixant l'azote atmosphérique se développent sur les racines. (Mazoyer et *al.*, 2002).

I.4.1.2.4. La mise à fleur :

La mise à fleur chez la luzerne peut se réaliser quelles que soient les températures. Cependant un régime de jours longs amène une mise à fleur plus rapide. Elles apparaissent entre le 6^{ème} et le 14^{ème} entre nœud. Elles sont regroupées en inflorescence de 15 à 30 fleurs (Mauriès, 1994).

La luzerne est allogame, c'est-à-dire que la fécondation des ovules d'une fleur est surtout réalisée par du pollen venant d'une autre plante. Ce sont les insectes qui permettant la pollinisation en déclenchant, de façon mécanique, la fleur pour permettre le contact entre le pollen qu'ils transportent et le pistil.

I.4.2. Ennemies de la culture.

I.4.2.1. Lutte contre les adventices :

Il n'existe pas de méthode systématique de lutte contre les adventices. Celle-ci dépend des circonstances et de la flore parasite présente. Un désherbage avant le semis se justifie s'il y a une forte probabilité de développement d'adventices susceptibles de concurrencer la culture pendant sa phase végétative. Par la suite, les coupes permettent d'éliminer des adventices annuelles, aussi bien graminées que dicotylédones. Un désherbage par voie chimique est toutefois nécessaire en présence d'une flore persistante d'adventices

vivaces. Sur les luzernes installées, des désherbages de rattrapage sont possibles pendant la période de repos végétatif.

Une plante parasite peut causer des dégâts importants. Il s'agit de la cuscute (*Cuscuta trifoli*), plante sans feuilles à fleur blanches qui s'enroule étroitement autour des ramifications de la luzerne et entraîne son dépérissement. Pour enrayer son développement qui est rapide, la seule solution est un désherbage complet des zones parasitées.

I.4.2.2. Maladies :

Les deux principales maladies sont la verticilliose et *Pseudopeziza*. La verticilliose est la maladie la plus importante et se trouve responsable d'une grande partie des dépérissements de luzerne. Les pieds atteints sont généralement dispersés et parfois le flétrissement ne peut atteindre qu'une seule tige d'un pied. Les folioles, petites et étroites, jaunissent et s'enroulent (Duthil, 1967). Le choix de variétés offrant un certain degré de résistance à l'agent responsable (*Verticillium*) est le seul moyen de lutte, avec l'adoption de rotations longues, où la fréquence de retour de la luzerne n'excède pas 5 ans. *Pseudopeziza* est fréquente en été et à l'automne, sauf en année très sèche, cette maladie appelée souvent maladie des taches communes, s'exprime sous forme de nombreuses taches foliaires (0,5 à 2mm) marron foncé, à contour net, sans halo de couleur clair et réparties de façon régulière (Guillemot, 2016).

I.4.2.3. Ravageurs :

Le négril, petite chenille de couleur noire, cause des dégâts sur le feuillage et sur les tiges les plus fines. La cécidomie, dont les larves s'introduisent dans les bourgeons et les stérilisent, peuvent causer des dégâts importants dans les cultures de luzerne destinées à la production de graines.

I.4.3. Utilisation :

Destinée à l'alimentation animale, la luzerne peut être utilisée en vert, fanée, ensilée ou déshydratée.

Le pâturage est pratiqué dans de nombreux pays, mais il exige certaines précautions pour éviter le gaspillage et les risques de météorisation ; le rationnement et la préservation,

de la repousse sont alors nécessaires, à condition toutefois que la teneur de la luzerne en matière sèche soit au moins de 25 %, faute de quoi l'utilisation d'un conservateur acide est indispensable. La technique de l'enrubannage, qui consiste à ensiler les balles rondes sous un film étirable, permet de s'affranchir de la contrainte du conservateur. L'utilisation de foin en balles rondes de 250 à 300 kg, qui permet d'obtenir des foins de très bonne qualité, est cependant la pratique la plus répandue. La déshydratation de la luzerne a fortement progressé au cours des 30 dernières années. C'est le mode de récolte qui préserve mieux les qualités du fourrage. La luzerne déshydratée peut être conditionnée sous différentes formes (bouchons, fibres) qui permettent le mélange avec d'autres aliments concentrés (Mazoyer et al., 2002).

I.5. Exigences Edapho-climatique.

I.5.1 Exigences édaphiques :

Luzerne nécessite des sols profonds et bien drainés. La culture de Sa se développe dans des sols alcalins et neutres avec un pH allant de 6,5 à 8. En ce qui concerne la salinité, la luzerne a des niveaux de tolérance différents selon la variété. Pour les sols légèrement acides, les amendements calciques servent de mesure de précaution et l'inoculation est une possibilité.

Un minimum de 20 à 30 cm de travail est nécessaire pour un bon enracinement. Cependant, en terrain sec (Cesar, 2004), un ameublissement excessif (risque de formation d'une croûte de battance) doit être évité.

I.5.2. Exigence climatique.

I.5.2.1. La température :

Les températures optimales de croissance pour la luzerne se situent à un palier élevé de 20 à 30 °C. La température maximale autorisant la croissance est de l'ordre de 37 °C, ou la luzerne accuse un net fléchissement de production pendant les mois d'été en Afrique du Nord. La température minimale au-dessous de laquelle la plante suspende son activité définit une autre limite. Ce zéro de végétation est de l'ordre de 8 à 9 °C (Mehiri et Zahouani, 2018).

I.5.2.2. La lumière :

Le photopériodisme agit non seulement comme un facteur d'orientation, mais il affecte également la morphologie et la production de matière sèche. De longues périodes de croissance franche produisent une répartition des feuilles au détriment de leur taille.

La photopériode est l'indicateur le plus important de la floraison : elle varie selon les variétés.

I.6. Situation de la luzerne en Algérie :

La luzerne occupe une superficie très réduite au niveau des cultures fourragères en Algérie. Par contre dans les régions sahariennes, elle constitue la première culture fourragère et occupe la place la plus importante. Cette espèce est très utilisée dans l'alimentation du cheptel du Sahara (Chaabena et Abdelguerfi, 2001). Le comportement qualitatif des populations locales et des variétés introduites met en évidence l'intérêt de certaines populations locales pour certains caractères.

En Algérie, entre 1995 et 1997, la superficie dédiée à la luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) était comprise entre 0,37 et 0,71 pourcent de la superficie dédiée aux cultures à quatre rangs, contre 1,86 à 3,03 pourcents pour les cultures herbacées.

Étonnamment, dans le Sahara algérien, la luzerne est la première fortification et occupe la position la plus importante (Bouaboub-Mossab, 2001). Compte tenu des conditions microclimatiques à l'Oasis, elle garantit jusqu'à dix coupes, et parfois même plus.

Le cultivar local, Temacine, est le plus utilisé par les agriculteurs du sud, malgré le fait que ses graines sont nettement plus chères (3 à 4 fois) que celles des cultivars introduits. Les graines de temacine sont cultivées localement par les agriculteurs (Mehiri et Zahouani, 2018). Tandis que les graines de cultivars étrangers sont importées par des agences gouvernementales. Il apparaît que le cultivar Temacine est particulièrement résistant à la salinité.

I.7. Composition chimique de *Medicago sativa*. L.

I.7.1. Composition nutritionnelle :

Le concentré de la luzerne est un aliment intéressant du point de vue nutritionnel par sa forte teneur en protéines et la diversité des éléments nutritionnels (tableau n° 01).

I.7.1.1. Composition en protéines et acides aminés :

Les extraits de la luzerne contiennent entre 50 et 60% de la matière azotée totale. La protéine la plus abondante est une protéine chloroplastique soluble de 500 K Da : la rubisco (rubilose- 1,5 biphosphate carboxylase-oxygénase).

De nombreuses autres protéines solubles à fonction enzymatique sont également présentes mais en moindre proportion. Enfin l'extrait contient aussi des protéines membranaires et des polypeptides issus de l'hydrolyse des protéines lourdes (Bertin, 2002).

I.7.1.2. Les lipides :

L'extrait de la luzerne contient en moyenne 8 à 12% de lipides sous forme d'acides gras, de glycérides, de pigments de stérols et de quinones liposolubles essentiellement des lamelles chloroplastiques. Les lipides sont très importants pour l'organisme puisqu'ils participent à l'élaboration d'hormones de prostaglandines et sont aussi indispensables à l'absorption de certaines vitamines liposolubles (Bertin, 2002).

I.7.1.3. Les hydrates de carbone :

Les sucres constituent la principale et la plus économique source d'énergie pour l'organisme. Cette consommation d'énergie sous forme de glucose est quasi constante et nécessite un apport régulier de glucides par l'alimentation. Dans la luzerne, les glucides existent sous ces deux formes :

- Sucres simples : glucose (0.8%).
- Sucres complexes : saccharose (0.3%) et stachyose (0.1%), glucosanes (3.2%), pentosanes (2%), galactanes (2.7%) et mananes (0.1%) (Bertin, 2002).

I.7.1.4. Les fibres :

L'extrait de luzerne contient moins de 2% de fibres sous forme de cellulose, d'hémicelluloses, d'oses polymérisés et de lignine. Ce faible taux de fibres permet la

concentration des composants utiles (vitamines et minéraux) et améliore leur assimilation dans le tube digestif (Bertin, 2002).

I.7.1.5. Les vitamines :

La luzerne constitue une source importante de β carotène (précurseur de la vitamine A) mais aussi d'autres vitamines telles que les vitamines E, K, et B9, chacun de ces éléments assurent des fonctions spécifiques très importantes au sein de l'organisme. On trouve également dans la luzerne de la choline chlorhydrate à un taux de 6.4 mg pour 10g de concentré (Bertin, 2002).

I.7.1.6. Les éléments minéraux :

Les matières minérales contenues dans l'extrait de la luzerne représentent en moyenne 13 à 14% de la matière sèche (tableau n° 01). Elles sont en grande partie solubles dans l'eau et peuvent être partiellement éliminées par lavage acide (pH 3-4). Elles participent activement à de nombreux métabolismes et à la formation des tissus. Les uns sont uniquement catalytiques, d'autres ont un rôle mixte, plastique (structure des tissus) et catalytique. Tous ces éléments présentent des propriétés fonctionnelles importantes (Bertin, 2002).

Tableau I.1 : Composition nutritionnelle de *Medicago sativa*. L (1mg =167 μ g ER) (Bertin, 2002).

Acides Aminés	mg/g de protéines	Vitamines	Valeur pour 10g de la Luzerne
Histidine	24	A (β carotène)	750 μ g ER
Isoleucine	55	B1	0.03 mg
Leucine	95	B2	0.05 mg
Lysine	65	B3 (PP)	0.06 mg
Méthionine et cystéine	31	B5	0 mg
Phénylalanine et tyrosine	88	B6	0.84 mg
Thréonine	52	B8	2 μ g
Tryptophane	25	B9	7.5 μ g
Valine	62	B12	0.14 μ g

		C	6mg
		D	~ 0 µg
		E	9 mg
		K	1 mg
Oligo-éléments		Minéraux	
Cuivre	0.08 mg	Calcium	320 mg
Iode	3 µg	Magnésium	14 mg
Fer	5 mg	Phosphore	78 mg
Zinc	0.2 mg	Potassium	78 mg

I.8. Intérêt de l'espèce.

I.8.1. Importance nutritionnelle :

La luzerne est considérée dans tous les pays comme une plante fourragère de première importance et dont la culture est la plus ancienne. Elle est destinée à l'alimentation des animaux, ruminants et monogastrique, elle se caractérise par une valeur énergétique moyenne (0,7 UF/ Kg de matière sèche) et une teneur en protéines élevée (Mouafek, 2010). Elle apporte une combinaison intéressante de minéraux et d'oligoéléments. En effet elle est riche en acides aminés, vitamines B, C et E et en carotène provitamine A, favorable à la fertilité. La luzerne s'avère relativement pauvre en sucres et amidon.

I.8.2. Importance pharmaceutique :

Utilisée depuis longtemps en herboristerie pour lutter contre les rhumes, les abcès, les troubles digestifs, elle possède des propriétés reminéralisantes, anti-infectieuses, désintoxicantes (Bennja, 2014). Elle agirait comme élément protecteur contre le diabète et le cholestérol (Faye et *al.*, 2001).

I.8.3. Importance industrielle et biotechnologique :

La luzerne est une culture importante pour les fermes familiales et pour la production de plusieurs aliments biologiques. Par ailleurs, la luzerne n'est pas concernée par les avancées récentes en matière de biotechnologie et de production d'organismes génétiquement modifiés. Elle est un moyen de faciliter la traçabilité de l'alimentation des

bovins (Bourgeois et *al.*, 2010). La composition chimique, la régularité du rendement font de la luzerne une espèce industrialisable (luzerne déshydratée et concentré protéique foliaire destinés à l'alimentation animale). La Rubisco peut être favorablement utilisée dans la fabrication de cosmétiques, mais aussi de détergents.

I.8.4. Importance écologique :

La fonction écologique de la luzerne se manifeste sur la conservation du sol et de sa fertilité, sur le contrôle de la pollution par les nitrates, sur la durabilité des systèmes fourragers qui la comprennent et sur la limitation des intrants chimiques et de labour grâce à sa pérennité. La luzerne est surtout vulnérable à la concurrence des mauvaises herbes durant l'installation. Les mauvaises herbes peuvent concurrencer la luzerne de façon plus ou moins sévère, non seulement au moment de l'établissement lui-même (Mehiri et Zahouani, 2018).

I.8.5. Importance environnementale :

La valorisation de la valeur environnementale de la luzerne est probablement déterminante pour son maintien dans les systèmes de grandes cultures. C'est une légumineuse, capable de fixer l'azote de l'air, qui se passe d'engrais minéral azoté. Elle permet ainsi des économies et améliore le bilan environnemental par rapport à d'autres cultures fourragères.

La luzerne joue aussi un rôle important de couverture naturelle du sol pendant plusieurs années, qui le préserve des problèmes d'érosion ou de ruissellement. Enfin, ses racines jouent le rôle d'un filtre à nitrates. Si le sol est riche en azote, la luzerne est capable de l'utiliser préférentiellement au lieu de l'azote atmosphérique (Bourgeois et *al.*, 2010).

Chapitre II : La salinisation des sols.

II.1. Définition de la salinisation des sols.

Selon Sumner (1993) et Douaui (2005), la salinisation des sols est le processus d'accumulation de sels dans le profil. Cette accumulation qui se fait le plus souvent à la surface du sol et dans la zone racinaire occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'ensuit une diminution de rendement et, à long terme, une stérilisation du sol (Rata, 2010).

La salinisation des sols est l'accumulation excessive des sels très solubles (chlorures, Sulfates, carbonates de sodium et le magnésium) dans la partie superficielle des sols, ce qui se traduit par une diminution de la fertilité des sols. L'alimentation en eau des plantes est rendue plus difficile ; certains éléments peuvent avoir en outre un effet toxique spécifique (Na, Cl, B et Se) ; le sodium enfin peut se fixer sur les argiles et modifier du même coup leur comportement en présence d'eau. Les propriétés physiques globales du sol (capacité d'infiltration, conductivité hydraulique) sont alors dégradées.

La salinisation peut avoir une origine naturelle : faible précipitations, évaporation intense, existence d'une roche mère salée (Forster et *al.*, 1990), elle représente 80% des terres salines et est appelée salinisation primaire.

II.2. Forme de salinisation des sols.

***La salinisation.**

Le mécanisme de la salinisation des sols se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage insuffisant, altération des minéraux et accumulation...). Au-delà de ce seuil, les végétaux subissent une sécheresse physiologique due à une pression osmotique très forte et à une toxicité en certains éléments (Montoroi, 2005).

La teneur d'une solution de sol en sels solubles est déterminée par sa conductivité électrique (CE), rapportée à une température standard (en général 25°C) et exprimée en dS.m-1. Celle-ci est d'autant plus élevée que la concentration ionique de l'électrolyte l'est aussi (Montoroi, 2005).

On définit en général deux types de salinisation : la salinisation primaire et la salinisation secondaire.

II.2.1. La salinisation primaire :

La salinisation primaire est naturelle, d'origine variable : géologique, marine et lagunaire.

II.2.1.1. Salinisation géologique :

Les sels solubles peuvent provenir (Servant, 1978) :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques et magnésiques. En régions arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place, dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires (Trias, tertiaire et quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcaniques.

Près de **80** % des terres salinisées ont une origine naturelle << édaphique >>, on qualifie, alors la salinisation de << primaire >>. Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

* Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.

* Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.

* Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Memoud, 2006 in Hammia, 2012).

II.2.1.2. Salinisation marine et lagunaire :

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes, sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (Gaucher et Burdin, 1974).

II.2.2. La salinisation secondaire :

La salinisation secondaire ou anthropique affecte les sols ayant acquis une personnalité pédologique. Elle entraîne l'apparition du caractère halomorphe sur des sols exempts de salinité ou accentuent la salinité acquis naturellement (Abbanib, et Abdelaliy,

2005 in Hammia, 2012) par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (Memoud, 2006 in Hammia, 2012).

La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (Iptrib, 2006 in Hammia, 2012).

La salinisation liée à l'irrigation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par les eaux salées d'irrigation, aboutissant à la formation d'un sol salin.

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol, en générant un apport d'eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et avec les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (Lahlou et *al.*, 2002).

Près de **20** % des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de << secondaires>> du principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant invalid source specified. Et invalid source specified. Ou bien présence d'une nappe phréatique salée proche de la surface ; (Duchaufour, 1983) ; (Cherbuy, 1991) ; (Girard et *al.*, 2005).

II.3. Effets de la salinisation.

II.3.1. Effets sur les sols :

Dans les sols salins, la présence excessive de sels solubles neutres floccule la fraction argileuse, mais les maintient stable, alors que dans les sols alcalins, un excès en sodium échangeable favorise la dispersion de l'argile et rend la structure du sol instable. Ces sols sont ainsi sensibles aux encroûtements de surface qui favorisent le ruissellement de surface (Hassan, 2005). Une prise en masse du sol peut également réduire fortement l'infiltration de l'eau dans le sol et conduire à une hydromorphie plus ou moins importante du sol selon sa texture et sa position topographique dans le paysage (Douaoui et *al.*, 2004). Un taux de sodium échangeable élevé a pour effet une dispersion des agrégats, ce qui conduit à une réduction de la perméabilité, de la porosité et un tassement des sols. Du point de vue agricole, cela se traduit d'une part par la prise en masse du sol qui devient très compact, dur, difficile à labourer, et d'autre part, par des difficultés de germination, et d'enracinement des plantes (Fig.II.1). Par ailleurs le sol devient totalement asphyxiant, ce qui s'accompagne

d'une atrophie du système racinaire, de son développement de plus en plus superficiel, avec des conséquences défavorables sur la nutrition minérale des plantes, et la baisse considérable des rendements. Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés pédologiques, notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la chute de la perméabilité hydraulique (Servant, 1970 ; Cheverry, 1972 ; Agassi *et al.*, 1981 ; Aubert, 1983 ; Halitim *et al.*, 1984 ; Daoud, 1993).

L'excès de sels dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (Gregory, 2005).

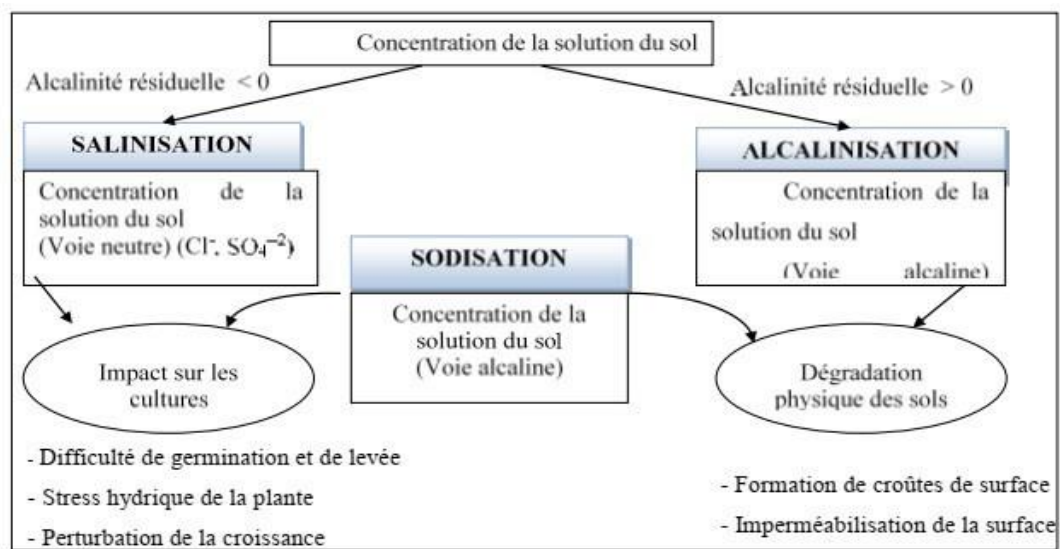


Figure II.1 : Processus des différentes voies de la salinisation et leurs impacts sur la dégradation des sols et sur les cultures. (Tabet, 1999).

II.3.1.1. Sur les propriétés physiques :

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquent :

- Structure dégradée :

La structure soit complètement dégradée lorsque la teneur de sodium échangeable est de 12 à 15 % dans les sols salés (Derdour, 1981 in Kidari, 1991). La structure du sol est

complètement dégradée, lorsque la teneur en Na échangeable est très élevée, ou il y aura une dispersion des argiles et la destruction de la structure (Duchaufour, 1983 ; Robert, 1996).

- Réduction de la perméabilité :

L'influence du sodium sur la perméabilité du sol dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquelles le pourcentage d'argile et la nature minéralogique du sol, la concentration de la solution de celle-ci (Revee et *al.*, 1954 ; Brooks, 1956 ; Gadnet et *al.*, 1959, Kemper et Kock, 1956 in Kidari, 1991).

La conductivité hydraulique est l'une des propriétés physiques indispensable en agriculture irriguée, cette propriété dépend des conditions chimiques de la solution du sol.

La perméabilité dépend essentiellement de la texture, la structure, le type de cations absorbés et le taux de matière organique, la diminution de la perméabilité des sols salés à alcalins est une conséquence directe de la dispersion des colloïdes par l'ion Na⁺ (Derdour, 1981).

Cette perméabilité commence à augmenter avec la salinité du fait de la formation des agrégats par l'action flocculant des sels, puis elle se maintient constante (Demelon, 1966).

- Mauvaise stabilité structurale :

La dégradation de la structure du sol par la salinisation modifie la circulation de l'eau de pluie ou d'irrigation ou de ses solutions.

La stabilité d'un sol dépend des cations mis en jeu pour la saturation du complexe et le taux d'agrégats stables est décroissant suivant les cations fixés sur le complexe absorbant Ca⁺⁺ < Mg⁺⁺ < K⁺ < Na⁺. La stabilité structurale décroît dans les sols dès que, le taux de sodium échangeable atteint 12 à 15% (Duthil, 1973). Le rapport Na⁺/Ca⁺⁺ influe sur la dispersion des colloïdes.

Cette dispersion apparait dès que la quantité de sodium échangeable dépasse celle du calcium échangeable : c'est-à-dire lorsque le rapport Na⁺ /Ca⁺⁺ dépasse la valeur de 1. (Derdour, 1981).

Le Na⁺ par son pouvoir gonflant et dispersant d'argiles réduit la macro-porosité.

- Faible disponibilité de l'eau à la plante (Halitim, 1973 ; Duchuffour, 1976).

II.3.1.2. Sur les propriétés chimiques :

L'excès de sels présente un effet sur les propriétés chimiques, notamment sur le pH et l'ESP (Halitim, 1973).

□ **pH** : la réaction du sol est influencée par la nature des sels. Ils ont un effet variable où certains sels sont acidifiants (CaSO₄, KCl, MgSO₄) et d'autres sont alcalinisant (NaHCO₃, CaCO₃, NaCO₃).

□ **ESP** : le taux de sodium échangeable a une grande importance dans les sols alcalins, car le sodium se concentre en grande quantité dans le complexe adsorbant sous forme échangeable. Tandis que dans les sols salés, la grande partie du sodium se trouve dans la solution du sol.

II.3.2. Effets sur la plante :

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (Munns et *al.*, 1983). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

L'accumulation des sels dans les sols est un grave problème environnemental menaçant les processus physiologiques de la plante et la fertilité des sols (Halitim, 1988). Les sels constituent aussi un obstacle physique à l'enracinement à cause de la diminution de la disponibilité en eau et de l'instabilité structurale du sol. Ils sont aussi à l'origine des déséquilibres nutritionnels observés chez les plantes. Seules les plantes tolérantes aux sels peuvent se développer. Dans certains cas, la salinité est tellement élevée que le sol devient stérile et dépourvu de toute végétation y compris de plantes halophytes. Dans ce cas, des problèmes de toxicité surviennent aussi ; outre le sodium et le chlore, d'autres éléments à l'état de traces tels que le bore peuvent aussi être toxiques pour les plantes (Ayers et Westcot, 1988).

II.4. La salinisation dans le monde.

Selon les estimations les plus récentes de la FAO, la salinisation affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (Legros, 2009). La plupart de ces terres affectées par le sel sont situées dans les zones arides et semi-arides, en Afrique du Nord, en Asie orientale, en Asie centrale et du Sud de l'Asie (FAO, 2006). Les sols salés sont principalement situés dans les zones arides, et leur proportion est notablement élevée au proche (Egypte, Tunisie) et moyen orient (Iran, Pakistan, Bangladesh), en Asie centrale (Ouzbékistan), au nord de la Chine et en Argentine. Les sols sodiques sont particulièrement étendus en Australie, mais aussi dans certaines situations spécifiques, comme en Hongrie ou en Ouzbékistan. Par comparaison, le développement d'une salinité liée aux activités humaines ne concernerait que 77 millions d'hectares (Marlet et Job, 2006). Dans les pays du Maghreb, les dommages de la salinisation sont connus, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation (Djilic et *al.*, 2003).

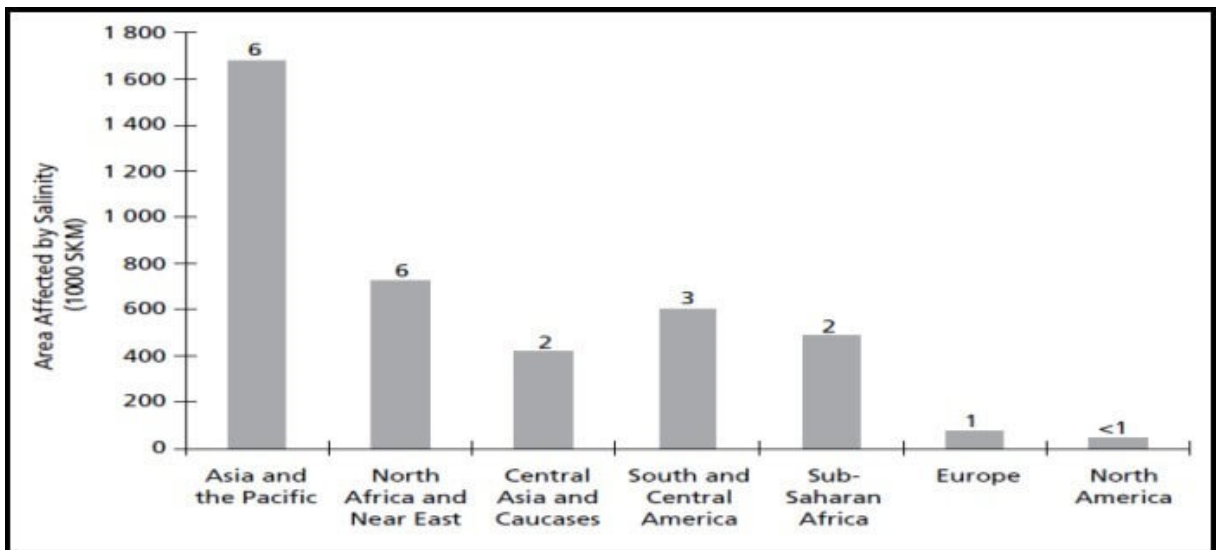


Figure II.2 : Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde (FAO, 2006).

II.5. La salinisation en Algérie.

En Algérie, les sols salés occupent de grandes étendues (Halitim, 1985). Selon le Houerou (1993), les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. Bien que le problème d'alcalinisation, selon Daoud et Halitim (1994) ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables. La plupart de ces sols sont

situés, en région aride et semi-aride, mais aussi sous bioclimat subhumide (Halitim, 1973). Selon Djili (2000), les sols salés sont localisés au Nord qu'au Sud Algérien, et s'expriment mieux entre les isohyètes 450 mm qui semblent être la limite supérieure des sols fortement sodiques.

Selon l'INSID (2008), la salinité est observée dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sebkhass (Chott Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhass d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zahrez Gharbi et Chergui, etc..) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc.). Les sels les plus fréquents, dans les régions arides et semi- arides, sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (Halitim, 1988).

Selon Aubert (1975), les sols salés d'Algérie sont caractérisés, en général, par une conductivité électrique supérieure à 7dS/m et un pourcentage de sodium échangeable (ESP) qui varie de 5 à 60 % de la CEC.

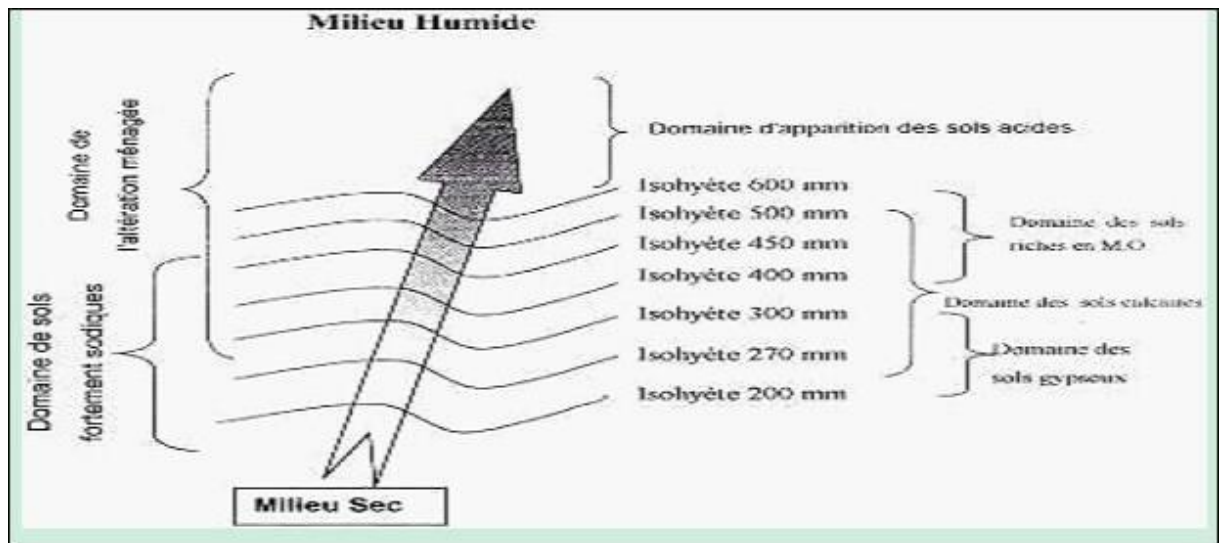


Figure II.3 : Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le Nord de l'Algérie (Djili, 2000).

CHAPITRE III : Stress salin.

III.1. Définition du stress :

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures et inhibition de la croissance ou de développement (Menacer, 2007). On distingue deux grandes catégories de stress.

✓ **Stress biotique** : imposé par les organismes (insectes, micro- organisme...etc.).

✓ **Stress abiotique** : causée par l'influence de facteurs environnementaux tels que la chaleur, l'eau, la lumière et la salinité ...etc.,

Le stress est fondamentalement un concept mécanique défini par les ingénieurs et les physiciens comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet en réponse au stress, l'objet oppose une déformation ou un changement de dimensions (Hopkins, 2003). On peut donc considérer que la notion de stress implique d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante et de l'animale, et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec soit l'adaptation à la nouvelle situation soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (Le clerc, 1999).

Le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant (Levitt, 1980 in Ben Kaddour, 2014). On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante (Hopkins, 2003).

III.2. Définition du stress salin :

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique (Nultsh, 1998). Selon Hopkins (2003), le stress salin est considéré comme étant un excès d'ions en particulier Na^+ et Cl^- . Le clerc (1999) montra qu'une abondance de sels dissous s'observe bien sûr en milieux marins mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres plus particulièrement dans

les zones semi désertiques. Les plantes qui croissent sur des sols très salins sont nommées halophytes.

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

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux (Calu, 2006). Sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales. Cependant, suivant le milieu naturel, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches et salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre (Calu, 2006). Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal :

D'un côté, la présence de sel, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante.

De l'autre, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules (Girard et *al.*, 2005). Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, développent des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (Calu, 2006).

Un stress salin peut limiter la croissance des végétaux, en modifiant le bilan entre la disponibilité et les besoins. Le fort éclaircissement et la rareté des pluies dans les régions arides et semis arides, accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (Hajlaoui et *al.*, 2015).

III.3. L'impact du stress salin sur la plante.

III.3.1. Sur la germination :

La plupart des auteurs s'accordent pour admettre que chez les halophytes, comme chez les glycophytes, la capacité de germination est plus élevée dans les milieux non salés ; la présence de Na Cl entraîne une augmentation de la durée des processus de germination et retarde par conséquent la levée (grouzis, 1976).

L'influence de la salinité sur la germination est toutefois fort complexe, raison notamment des phénomènes de dormance fréquemment observés chez les halophytes (binet, 1968).

Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production de grains (Mbarek et *al.*, 2001).

Cependant cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et la variété des plantes et cela, soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevée pour permettre la germination (katembe et *al.*, 1998), où en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (debez et *al.*, 2001).

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukn, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Boudas et Haddioui, 2011).

*** Effet osmotique :**

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

*** Effet toxique :**

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

III.3.2. Sur la croissance et le développement :

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

La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca²⁺ qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na⁺ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg²⁺, K⁺, N, P et Ca²⁺ dans la plante (Mahrouz, 2013). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K⁺, Ca²⁺ ou NO₃⁻ deviennent limitant (Haouala et *al.*, 2004).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Mahrouz, 2013).

La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus. Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (Ouerghi et *al.*, 2000).

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. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapakli, 2000).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (Levigneron et *al.*, 1995).

III.3.3. Sur l'état hydrique :

Le potentiel hydrique des plantes devient de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (Parida et Das, 2005). Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la

feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Parida et Das, 2005).

La présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes et ne peuvent développer (Tromblin, 2000). En général, l'activité physiologique est maximale à la pleine turgescence des cellules. La concentration en sels dissous dans la solution du sol accroît, selon son degré, la pression osmotique dans l'environnement racinaire. Ceci se traduit pour la plante par une diminution de la disponibilité de l'eau, donc par une plus grande difficulté pour l'absorption (Slama, 2004).

III.3.4. Sur la nutrition minérale :

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes. L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. L'interaction entre les ions Na^+ et Ca^{2+} .

III.4. Adaptation des plantes au stress salin.

III.4.1. Stratégies d'adaptation.

III.4.1.1. Adaptation à la salinité :

Il existe des stratégies d'adaptation communes au stress salin qui font appel à des modifications plutôt d'ordre physique : réduction de l'hydratation cellulaire, réduction du volume cellulaire, modification du module d'élasticité des parois cellulaires et augmentation de la conductivité hydraulique. D'autre part, il existe des stratégies plutôt d'ordre chimique et en particulier l'ajustement osmotique (Yeo, 1983). Selon Chretien (1992), le métabolisme de la plante dans les milieux fortement salés est lié :

- à une résistance de la plante à la déshydratation.
- à une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques.
- à une alimentation en eau convenable.
- à un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaire et intra tissulaire.

III.4.2. Catégories d'adaptations :

Les plantes peuvent être groupées à cet égard en deux catégories principales sur la base de leurs comportements vis-à-vis des stress salins :

- 1- Les halophytes, qui tolèrent des concentrations élevées en sel.
- 2- Les glycophytes, qui ne tolèrent que des concentrations peu élevées en Na Cl.

III.4.2.1. Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes :

Chez les halophytes, les types les plus tolérants au sel ont une croissance réduite dans des conditions de faible salinité. Cette adaptation leur permet d'absorber de grandes quantités d'ions tout en maintenant la turgescence cellulaire, et en évitant leur toxicité grâce à un compartimentage cellulaire et l'accumulation dans les vacuoles, l'équilibre osmotique du cytoplasme étant assurée par une synthèse active de composés organiques solubles (Greenway et Munnus, 1980).

III.4.2.2. Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes:

Les glycophytes les plus sensibles au sel restreignent le transport de Na⁺ dans les parties aériennes et maintiennent de la sorte des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques.

Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le Na⁺ dans leurs feuilles de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion. Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de Na Cl dans les feuilles rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du Na⁺ (Telles et *al.*, 2007).

III.4.3. Mécanismes d'adaptation.

III.4.3.1. Adaptations morphologiques :

La succulence, qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles sont l'une des modifications qui apparaît de façon plus importante chez les espèces les plus tolérantes. On note de plus la réduction de la surface foliaire, par exemple chez *Cressa cretica* et *Tamarix gallica* (Raache et Karboussa, 2004); la

présence d'une cuticule épaisse et l'apparition plus précoce de la lignification de quelques organes à la fin de leur cycle de vie (Baba, 2010).

III.4.3.2. Adaptations physiologiques :

La haute salinité cause le stress hyper osmotique et le déséquilibre des ions qui produit des effets secondaires ou pathologiques (Hasegawa et *al.*, 2000 ; Zhu, 2001). Fondamentalement, les plantes répondent soit par l'évitement ou la tolérance à la salinité. Ces plantes sont soit en état de repos durant la phase de stress salin ou elles doivent ajuster le contenu cellulaire pour tolérer l'environnement salin.

III.4.3.2.1. Aptitude des halophytes à protéger le système photosynthétique :

Le fonctionnement des plantes (graminées tropicales et certaines plantes d'Atriplex, etc) apparaît comme une excellente adaptation à la vie en régions sèches ou salées. Ces plantes peuvent maintenir longtemps les stomates presque fermés pour limiter la transpiration. La réduction de l'absorption de CO₂ qui en résulte est compensée par l'efficacité élevée de la fixation du CO₂ et par l'absence de photorespiration qui représente normalement une perte de carbone.

III.4.3.2.2. Perméabilité membranaire :

La membrane cellulaire est le premier site de l'interaction du sel avec la plante, l'effet du sel entraîne des modifications quantitatives et qualitative dans les classes lipidiques de la membrane. Les membranes forment des limites au tour de la cellule et autour des différents compartiments intracellulaires. Elles agissent comme des barrières à perméabilité sélective permettant à l'environnement interne de la cellule ou d'un organite d'être différent de l'environnement externe. Toutes les membranes contiennent deux composés de base : des lipides et des protéines. Certaines membranes contiennent également des glucides.

III.4.3.3. Adaptations biochimiques :

Un autre moyen dont disposent les halophytes pour assurer leur ajustement osmotique, est la fabrication sous l'influence du sel de composés organiques : oses, acides organiques, et surtout aminoacides, notamment la proline et glycobétaine et par la synthèse des protéines.

Deuxième partie : Etude expérimentale.

Chapitre I : Matérielles et méthodes.

I.1. Le but de l'étude :

Dans cette étude nous avons conduit deux essais, un au laboratoire qui concerne l'effet de la salinité sur le comportement germinatifs des deux variétés de luzerne (CUF101 et SPEED), et l'autre essai réalisé au niveau de la serre expérimentale, qui s'est focalisé sur la croissance et la physiologie des deux variétés sous stress salin.

Le but de cette étude est de :

- Étudier l'aptitude germinative des deux variétés sous l'effet de la salinité.
- Caractériser la croissance pendant la phase végétative sous stress salin.
- Tester l'effet de la salinité sur la production en composés osmotiques : proline et sucres totaux (adaptations physiologiques).

I.2. Matériel végétal.

Nous avons utilisé comme matériel végétal deux variétés de luzerne Speed et CUF101 qui sont des variétés introduites adaptées à la sécheresse.

I.2.1. Caractéristiques des deux variétés étudiées.

SPEED :

Il s'agit d'une variété sélectionnée et cultivée en Californie, un lieu de sélection de semences de luzerne typique dans le monde, qui garantit des semences de très haute qualité. Cette variété a été testée et évaluée à l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures) et a obtenu de très bons résultats en termes de rendement et de résistance au froid par rapport aux autres variétés. Speed est une variété non dormante (indice de dormance 9), à fermeture hivernale tardive et printemps précoce, et une période de dormance très courte, elle convient à toutes les régions, notamment les régions arides et semi-arides.

CUF101 :

La luzerne CUF101 est adaptée à une production irriguée en milieu désertique. Cette variété est très peu dormante (groupe 9). C'est très élevé résistant au puceron du pois, au puceron

tacheté de la luzerne, puceron bleu et nématode des racines. Il est modérément résistant à la pourriture des racines du *Phytophthora* et au Sud et au Nord Nématode À Nœuds Racinaires.

I.3. Méthodologie.

I.3.1. Essai de germination.

1^{ère} étape : désinfection des graines.

Les graines des deux variétés ont subi un prétraitement qui consiste en un trempage dans l'alcool à 85% pendant 10 minutes, puis une phase de traitement avec l'hypochlorite de sodium à 8° durant 15 minutes. À la fin de cette étape un lavage abondant avec de l'eau distillée stérile a été réalisée afin d'éliminer tous les résidus du produit désinfectant.

2^{ème} étape : mise en germination.

Les graines ont été mise à germer dans des boites à pétri de 10 cm de diamètre tapissées d'une couche de coton recouverte d'une couche de papier filtre à raison de 25 graines par boîte. Les graines sont imbibées des différentes concentrations salines (T0,T1, T2, T3, T4) pour un volume de 20ml par chaque boîte. L'essai est placé dans l'incubateur à l'obscurité à 20°C pendant 7jours.

Le comptage des graines germées est effectué chaque jour et le critère de germination est l'apparition de la radicule de 2 mm.

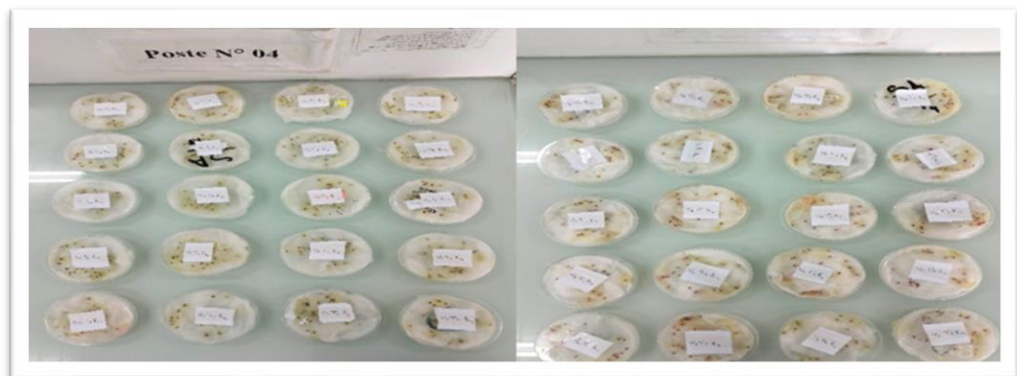


Figure I.1 : Test de germination (CUF101, SPEED).

I.3.2. Essai en serre.

- **Le substrat :**

Le substrat utilisé en serre est un mélange de tourbe et de sable (2/3 de tourbe+1/3 de sable), le sable est tamisé afin d'éliminer les impuretés puis lavé abondamment avec de l'eau de robinet. Le sable est séché à l'air libre avant de procéder à la préparation du substrat.

Les conteneurs utilisés sont dans des pots en plastique d'un diamètre de 14 cm et d'une hauteur de 16 cm.

- **Scarification des graines :**

Pour surmonter l'imperméabilité des téguments et augmenter le taux de germination et obtenir une levée homogène une scarification mécanique est réalisée par l'utilisation du papier abrasif fin. Cette scarification se fait par un léger frottement des graines sur la surface rugueuse du papier abrasif (papier verre).



Figure I.2 : Scarification des graines (CUF101, SPEED).

- **Semis :**

Le semis a été effectué manuellement à raison de cinq graines par pots, pour chaque variété testée à une profondeur ne dépasse pas 1 cm, les semences sont couvertes et tassées pour un meilleur contact graine sol. Le semis a été réalisé le 08-02-2023.



Figure I.3 : Désherbage manuelle.

- **Application du stress :**

Après un mois de culture, les plantes ont subi pendant 45 jours un stress salin à différentes concentrations en NaCl (voir tableau ci-dessous), pour une fréquence deux stress par semaine alterné d'une irrigation à l'eau non salée pour une dose d'irrigation de 200ml par pot.

Tableau I.1 : Composition des solutions salines et la conductivité électrique correspondante.

Milieux	Les concentrations		Conductivité électrique
	g/l	mM	CE (ms/cm) à 25°
T0	0	0	1.47
T1	2.93	50	5.14
T2	5.85	100	13.06
T3	8.78	150	16.19
T4	11.70	200	20.7



Figure I.4: Mesure de la conductivité électrique des solutions salées.

I.4. Le dispositif expérimental.

Le dispositif adopté dans notre expérience est un dispositif en randomisation total à deux facteurs étudiés : salinité et variété. Le dispositif est comme suit :

- Nombre de facteurs étudiés : 2 (salinité, variétés).
- Les niveaux : - Facteur salinité est à 5 niveaux (T0, T1, T2, T3, T4).
- Facteur variétés à 2 niveaux (CUF101, SPEED).
- Les traitements de base sont 10 traitements.
- Les répétitions : 5.
- Le nombre total d'unité expérimentale est de 50.

Le schéma du dispositif est le suivant :

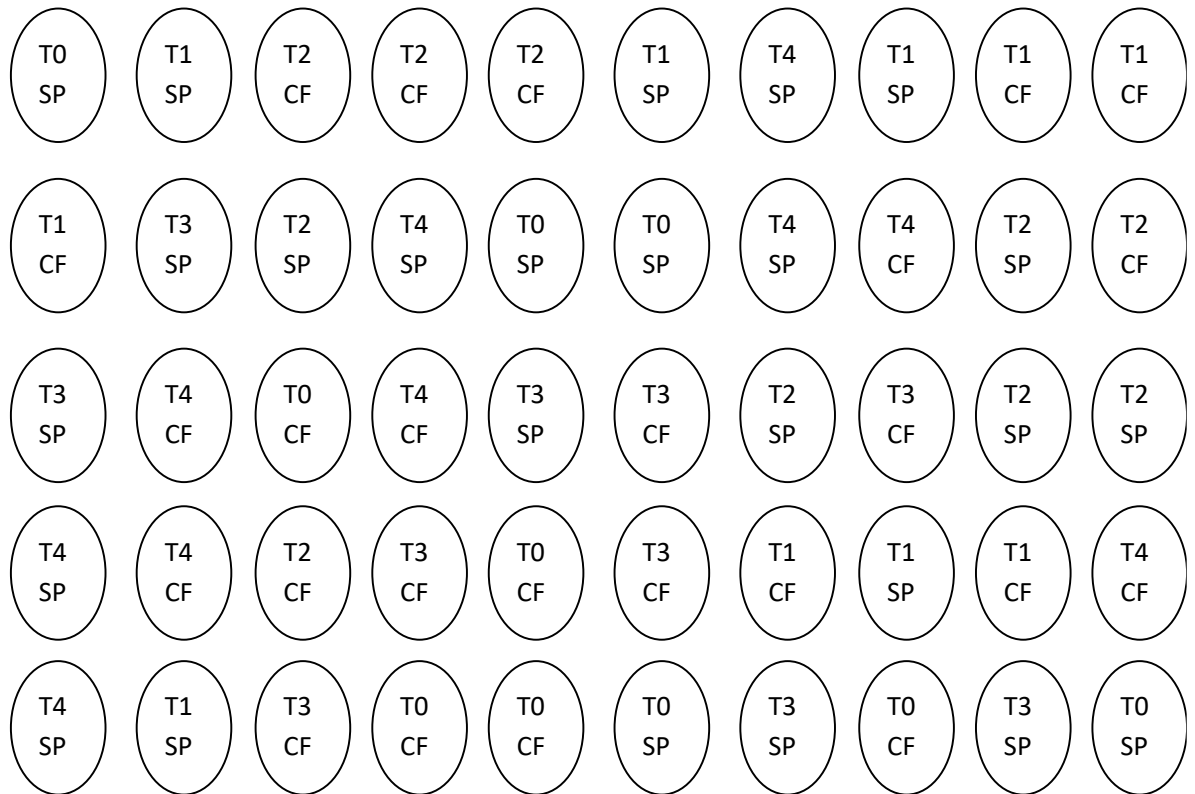


Figure I.5 : Représentation schématique du dispositif expérimentale adopté.

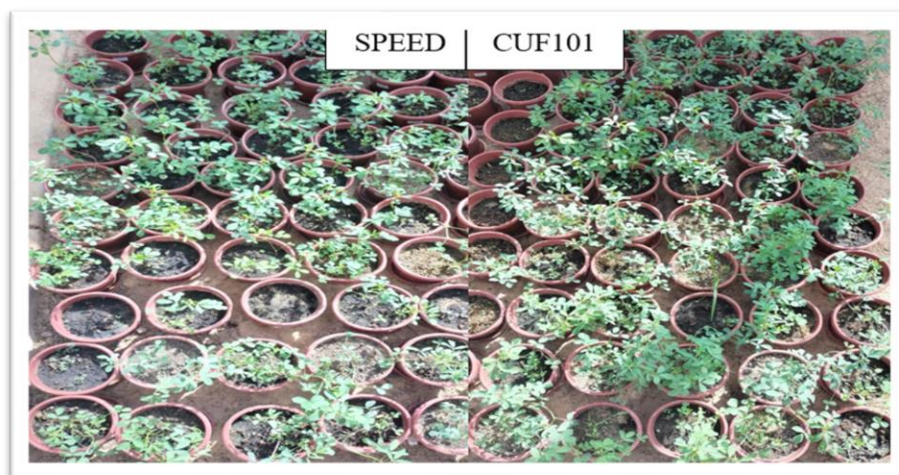


Figure I.6 : Le dispositif expérimental adopté dans la serre.

I.5. Les paramètres mesurés.

I.5.1. Essai de germination :

* **Le taux de germination final** : Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de luzerne. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

* **T50 de germination** : Qui représente à la vitesse de germination et qui correspond à la germination de 50% du lot de semence.

I.5.2. Essai en serre :

Les paramètres morpho métriques :

- La longueur de la partie aérienne.
- La longueur de la partie racinaire.

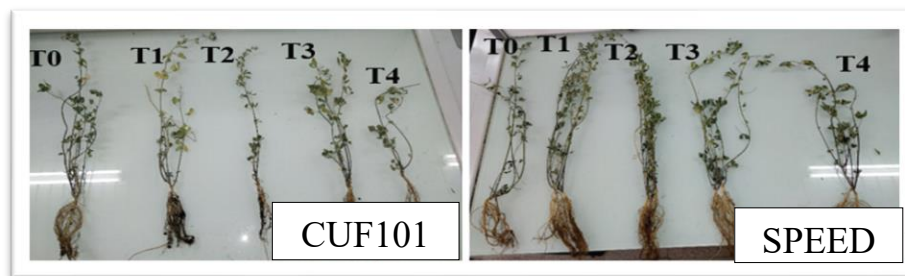


Figure I.7 : Effet de la salinité sur la partie aérienne et racinaire de deux variétés testées après 45 jours de stress.



Figure I.8 : Mesure de la longueur de la partie aérienne et racinaire.

- Le poids frais de la partie aérienne.
- Le poids frais de la partie racinaire.



Figure I.9 : Mesure du poids frais de la partie aérienne et racinaire.

Les paramètres physiologiques :

- **La teneur en proline des feuilles :**

La proline est dosée par la méthode de TROLL ET LINDSLEY (1954), simplifiée et mise au point par DRIER et GORING (1974). Cette méthode est basée sur la coloration rouge produite par l'interaction de la proline avec de la ninhydrine dans un tampon acide.

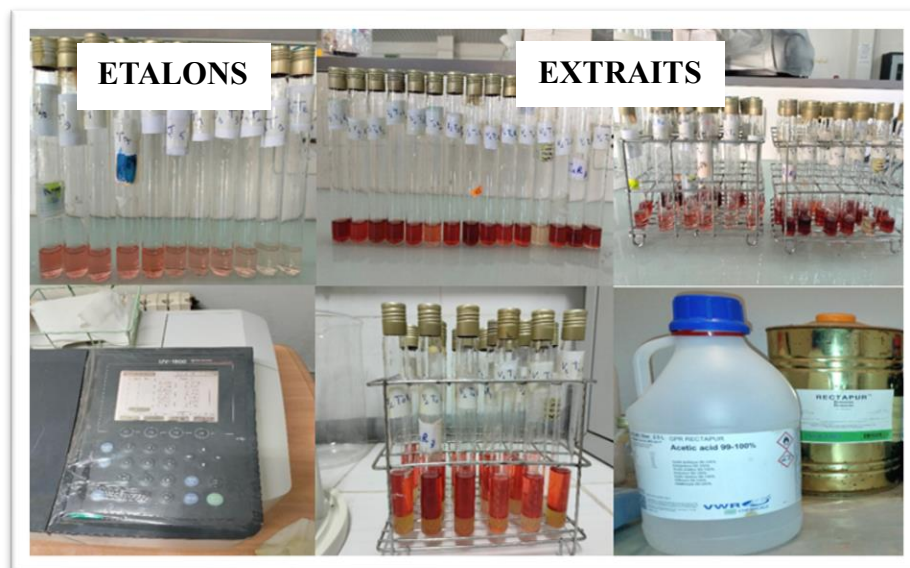


Figure I.10 : Dosage de la proline.

- **La teneur en sucres totaux des feuilles :**

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de DREYWOOD (1946) modifiée par SHIENDS et BURNETT (1960) ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, qui très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en Bleu-vert avec l'authrone.

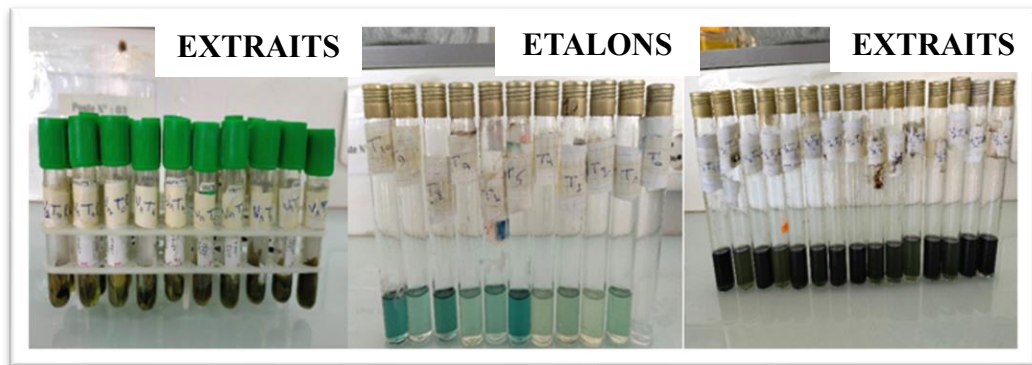


Figure I.11 : Dosage des sucres totaux.

I.6. Les analyses statistiques.

Les résultats obtenus sont traités par l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de 5 %, en utilisant le logiciel STATBOX version 6.4. La comparaison multiple de moyennes est réalisée par le test de New-mann et Keuls, basée sur la plus petite amplitude significative.

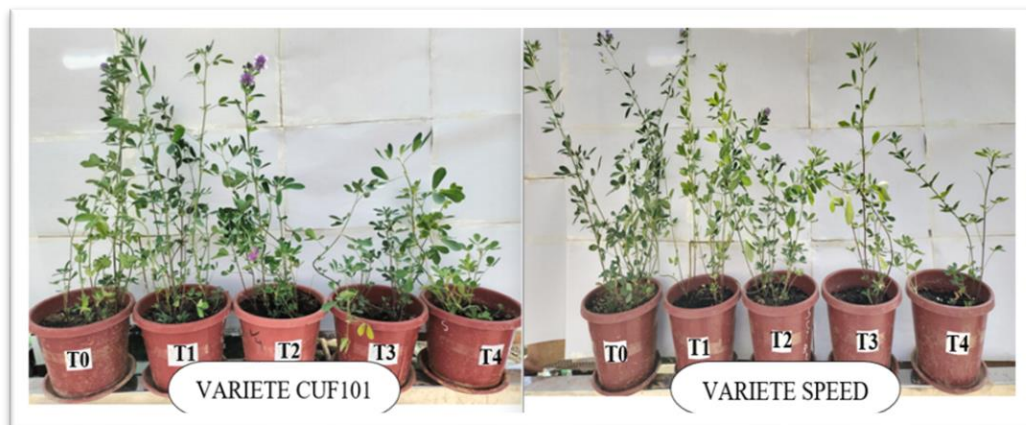


Figure I.12 : Effet de la salinité sur les deux variétés de luzerne testées (CUF101 et SPEED) après 45 jours de stress.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. La longueur de la partie aérienne.

□ Résultats :

Les résultats exprimant la longueur de la partie aérienne sont présentés dans le tableau II.1 et illustrés par l'histogramme figure II.1.

Tableau II.1 : Analyse de la variance de la longueur de la partie aérienne.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	3625,1	39	92,951			
VAR.FACTEUR 1	2163,85	4	540,963	11,625	0,00001	***
VAR.FACTEUR 2	25,6	1	25,6	0,55	0,47027	NS
VAR.INTER F1*2	39,65	4	9,912	0,213	0,92753	NS
VAR.RESIDUELLE 1	1396	30	46,533			

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les différents traitements salins pour l'effet salinité, cependant la différence est non significative pour l'interaction ainsi que pour l'effet variétés.

L'effet salinité sur la croissance en longueur est d'autant plus important que le stress est sévère, d'une manière générale plus la concentration saline du substrat est élevée plus la croissance en longueur diminue, cependant il faut signaler une légère stimulation de la hauteur des tiges enregistrée à 50mM en NaCl par rapport au témoin avec un taux d'augmentation de 6%.

Le test New-man et Keuls fait ressortir deux groupes homogènes distincts les traitements 0mM et 50mM sont affectés dans le groupe A pour des longueurs de 47.5 et 50.37 cm, alors que dans le groupe B on trouve les traitements 100mM, 150mM et 200mM pour des hauteurs de 40 ; 33.62 et 31.75 cm respectivement.

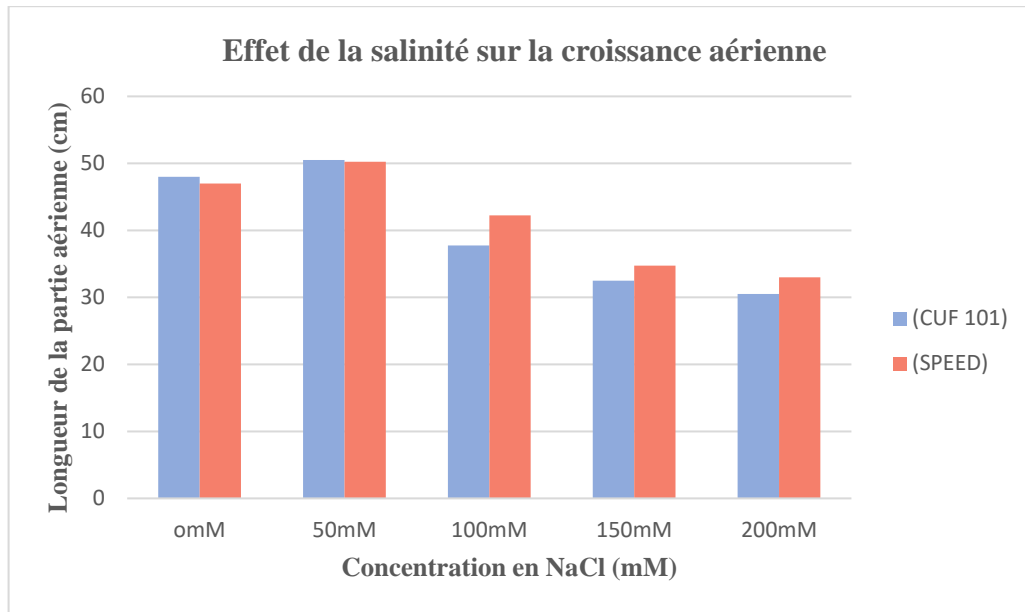


Figure II.1 : Effet de la salinité sur la longueur de la partie aérienne.

II.2. La longueur de la partie racinaire.

□ Résultat :

Les résultats relatifs à la longueur de la partie racinaire sont compris dans le tableau II.2 et illustrés par l'histogramme figure II.2.

Tableau II.2 : Analyse de la variance de la longueur de la partie racinaire.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	2703,775	39	69,328			
VAR.FACTEUR 1	1312,4	4	328,1	11,396	0,00001	***
VAR.FACTEUR 2	1,225	1	1,225	0,043	0,83242	NS
VAR.INTER F1*2	526,4	4	131,6	4,571	0,00538	**
VAR.RESIDUELLE 1	863,75	30	28,792			

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différents traitements pour le facteur salinité. Cependant, un effet hautement significatif a été montré pour l'interaction entre le facteur salinité et le facteur variété, Quant au facteur variété la différence est non significative.

Sans la contrainte saline les deux variétés enregistrent des longueurs racinaires statistiquement identique pour des valeurs de 39 cm et 37.75cm chez Speed et CUF101 respectivement (GroupeA). l'application du niveau 50mM en NaCl induit une stimulation

des racines chez CUF101 pour un taux d'augmentation de 24.50% , néanmoins chez la variété Speed une diminution s'affiche pour un taux de diminution de 12% par rapport au témoin et pour une longueur de 34.25cm.

Chez la variétés CUF101 dès que la teneur du milieu en NaCl excède les 50Mm, la croissance racinaire diminue au fur et à mesure de la sévéreté du stress pour atteindre les plus longueurs évaluées à 20.5 cm chez le milieu le plus contraignant en NaCl à savoir 200mM.

Chez la variété SPEED la diminution des racines est moins importantes par rapport à la variété CUF101, ceci se vérifie par les valeurs enregistrées sur le milieu le plus riche en chlorure de sodium (200mM), pour des longueurs de 29.75 cm contre des valeurs de 20.5 cm chez la variété CUF101.

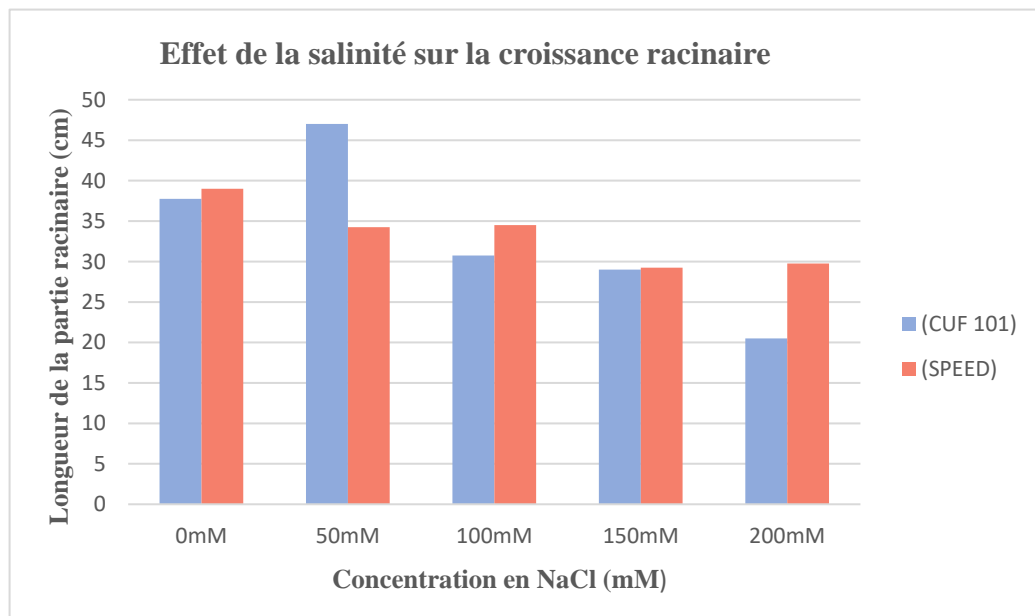


Figure II.2 : Effet de la salinité sur la longueur de la partie racinaire.

II.3. Le poids frais de la partie aérienne.

□ **Résultat :**

Tous les résultats relatifs au poids frais de la partie aérienne sont groupés dans le tableau II.3 et illustrés par l’histogramme figure II.3.

Tableau II.3 : Analyse de la variance du poids frais de la partie aérienne.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	26,75	39	0,686			
VAR.FACTEUR 1	14,824	4	3,706	14,341	0	***
VAR.FACTEUR 2	0,93	1	0,93	3,6	0,06441	NS
VAR.INTER F1*2	3,244	4	0,811	3,138	0,02849	*
VAR.RESIDUELLE 1	7,753	30	0,258			

L’analyse de la variance a révélée l’existence d’une différence très hautement significative pour le facteur salinité (probabilité 0.0000). En revanche, une différence non significative a été montrée pour le facteur variété, cependant la différence est significative pour l’interaction de ces deux facteurs.

En absence du NaCl, la variété speed exprime un poids frais plus élevé par rapport à la variété CUF 101, pour un poids de 3.47g chez Speed contre un poids de 2.85g pour la variété CUF101. L’application de la concentration 50mM en NaCl a induit une stimulation du poids chez les deux variétés testées, pour des taux d’augmentation de 5% et 19.3% chez Speed et CUF101 respectivement. Au-delà de 50mM une diminution notable s’enregistre, cette diminution elle va dans le sens du stress pour atteindre les plus faibles poids chez CUF101 évalués à 1.6 g induite par le niveau le plus contraignant en sel à savoir 200 mM, par contre chez Speed et à ce niveau de stress une augmentation du poids frais s’affiche pour une valeur de 2.65 g. Chez la variété Speed la plus valeur en poids frais est induite par 150mM en NaCl pour un poids de 1.57g.

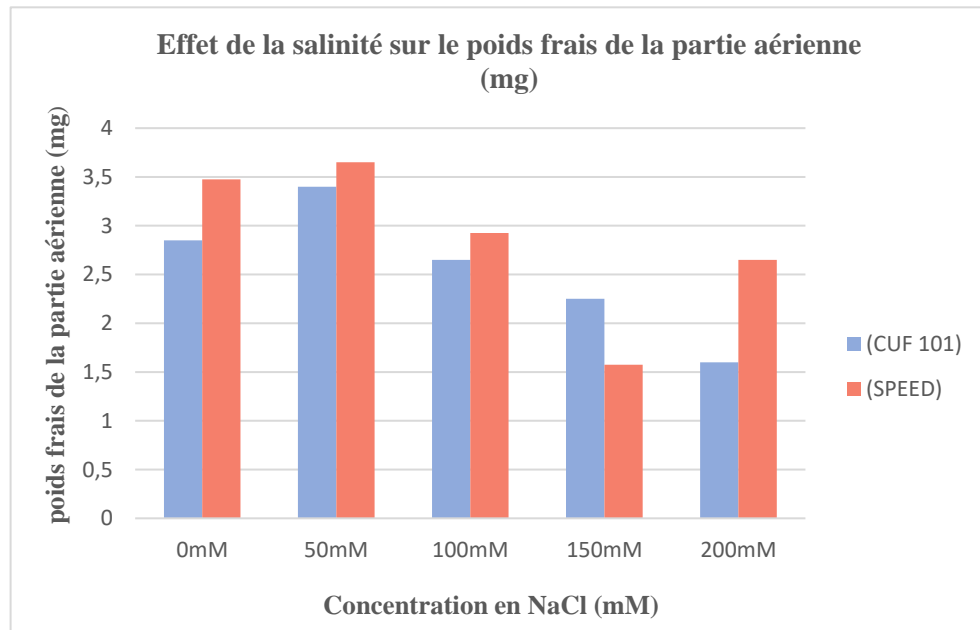


Figure II.3 : Effet de la salinité sur le poids frais de la partie aérienne.

II.4. Le poids frais de la partie racinaire.

□ Résultats :

Le tableau II.4 rassemble les différents résultats du poids frais racinaire. Ces résultats sont ensuite illustrés par l’histogramme figure II.4.

Tableau II.4 : Analyse de la variance du poids frais de la partie racinaire.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	17,391	39	0,446			
VAR.FACTEUR 1	11,409	4	2,852	17,976	0	***
VAR.FACTEUR 2	0,256	1	0,256	1,613	0,21141	NS
VAR.INTER F1*2	0,966	4	0,242	1,523	0,21987	NS
VAR.RESIDUELLE 1	4,76	30	0,159			

L’influence de la salinité sur le poids frais racinaire est révélée par l’analyse de la variance avec une différence très hautement significative (probabilité=0.0000). Contrairement à l’interaction salinité × variété et le facteur variété où la différence est non significative.

Le poids frais racinaire est inversement proportionnelle au niveau du stress appliqué, plus le stress est intense plus les racines enregistrent des poids frais de plus en plus faible .En effet les plus grandes valeurs sont affichées chez les plantes témoins pour des poids de

2.81g (groupe A) , contrairement aux plantes évoluant sur les concentrations les plus élevées en NaCl qui enregistrent des poids frais les plus faibles estimés à 1.57g, 1.53g et 1.45 g induites par 100mM, 150mM et 200mM respectivement (groupe C).

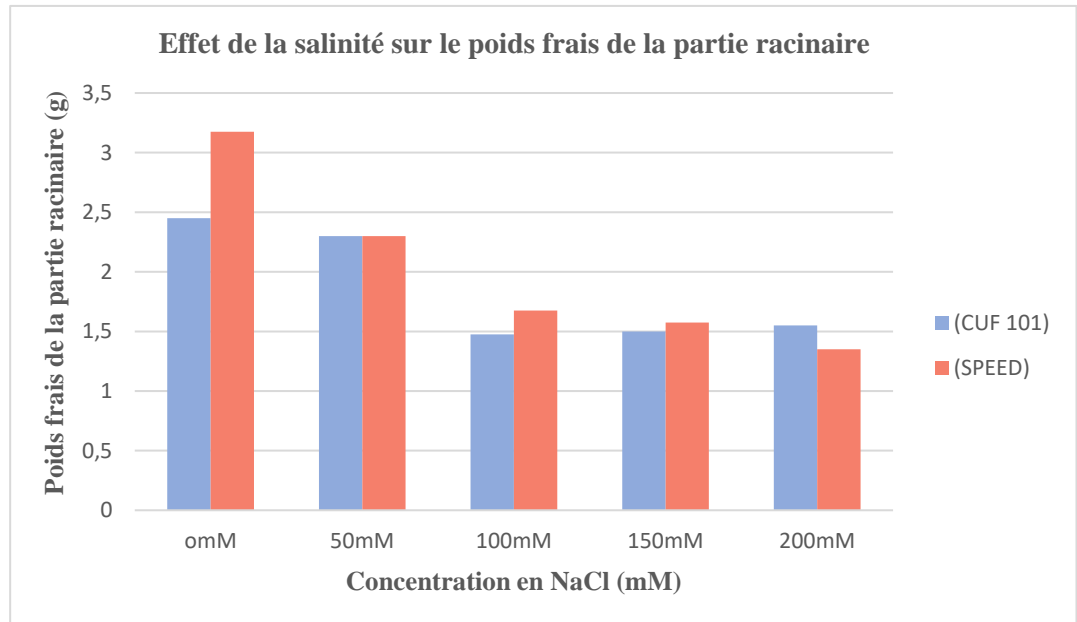


Figure II.4 : Effet de la salinité sur le poids frais de la partie racinaire.

II.5. La teneur en proline des feuilles.

□ Résultats :

Les résultats caractérisant la teneur en proline des feuilles sont groupés dans le tableau II.5 et illustrés par l'histogramme figure II.5.

Tableau II.5 : Analyse de la variance pour le teneur en proline des feuilles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	4904,985	29	169,137			
VAR.FACTEUR 1	2061,681	4	515,42	13,674	0,00002	***
VAR.FACTEUR 2	8,576	1	8,576	0,228	0,64298	NS
VAR.INTER F1*2	2080,847	4	520,212	13,801	0,00002	***
VAR.RESIDUELLE 1	753,881	20	37,694			

D'après l'analyse de la variance, les moyennes des différents traitements sont très hautement significatives pour l'effet salinité et pour l'effet l'interaction. Par contre la différence est non significative pour l'effet variété. Le corollaire de ceci est que la teneur en proline n'est pas influencée par l'effet variété. Cependant, ce paramètre se trouve fortement conditionné par l'effet salinité et l'effet interaction salinité × variété.

En milieu sans contrainte la variété Speed affiche des teneurs en proline beaucoup plus élevées par rapport à la variété CUF101. L'application de la dose 50mM en NaCl induit une diminution notable chez les deux cultivars, notamment chez la variété Speed pour un taux de diminution de 62.50 % contre un taux de diminution de 44% chez la variété CUF101.

Dès 100mM de NaCl une augmentation de la proline s'exprime chez Speed, et qui s'accroît avec la richesse du milieu en NaCl pour atteindre les plus grandes teneurs évaluées à 30.43 μ g/100mg de MF induite par le milieu le plus sévère 200mM NaCl. Chez la variété CUF101 la plus grande teneur est enregistrée chez les plants évoluant sur le milieu 150mM pour une teneur de 47.35 μ g/100mg de MF, néanmoins à 200mM de NaCl une diminution remarquable s'observe évaluée à 17.85 μ g/100mg de MF.

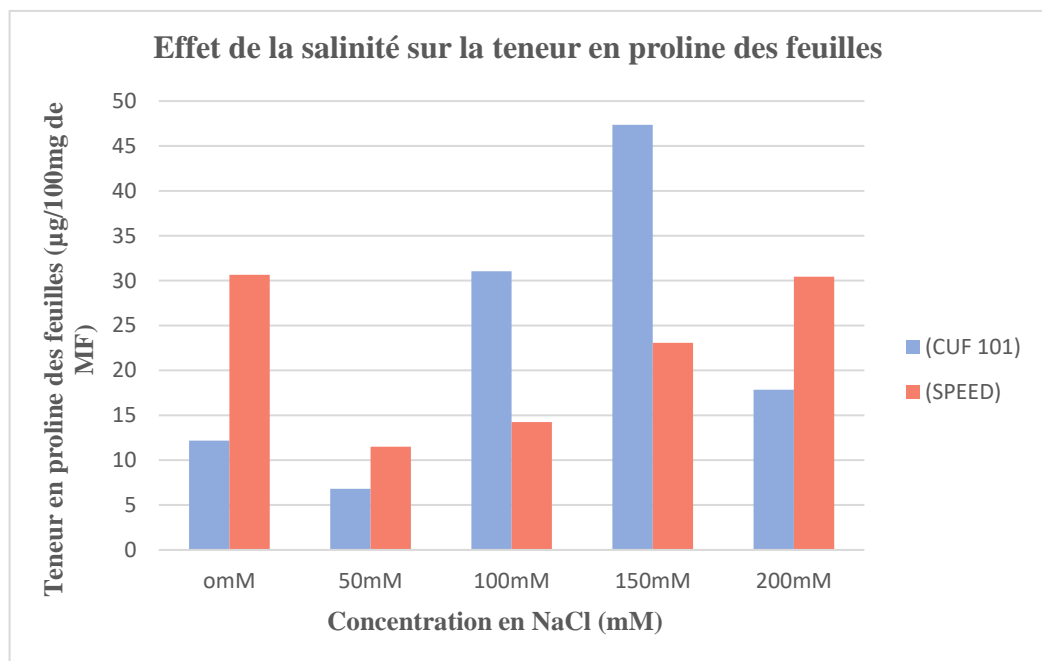


Figure II.5 : Effet de la salinité sur la teneur en proline des feuilles.

II.6. La teneur en sucres totaux des feuilles.

□ Résultats :

Les résultats relatifs au teneur en sucres des feuilles sont compris dans le tableau II.6 et illustrés par l’histogramme figure II.6.

Tableau II.6: Analyse de la variance pour la teneur en sucres totaux des feuilles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	269,018	29	9,276			
VAR.FACTEUR 1	147,617	4	36,904	15,611	0,00001	***
VAR.FACTEUR 2	1,22	1	1,22	0,516	0,48714	NS
VAR.INTER F1*2	72,901	4	18,225	7,71	0,00067	***
VAR.RESIDUELLE 1	47,28	20	2,364			

L’analyse de la variance pour ce paramètre, a montré une différence non significative entre les deux variétés. Cependant, la différence est très hautement significative pour l’effet salinité et l’effet interaction. En effet, selon le test de NEWMAN-KEULS et pour le même niveau de salinité appliqué les deux variétés affichent les mêmes teneurs en sucres totaux à l’exception des traitements 100mM chez speed et 200mM pour CUF101 qui expriment les plus faibles teneurs en sucres à savoir 4.646.16µg/100mg de MF et 6.16µg/100mg de MF respectivement.

Au T₀ les feuilles des deux variétés accumulent des quantités en sucres solubles statistiquement identiques pour une valeur avoisinant les 13 µg/100mg MF, l’apport du NaCl dans le milieu de culture (50mM en NaCl) engendre une diminution chez les deux cultivars analysés avec un taux de diminution de 22% et 64% chez CUF101 et Speed respectivement. Pour une salinité de 100mM et 150mM les variétés CUF101 et Speed enregistrent des teneurs en sucres similaires oscillant entre 11 et 12 µg/100mg de MF.

À 200mM en NaCl ce composé diminue chez CUF101 alors qu’il reste inchangé chez la variété Speed.

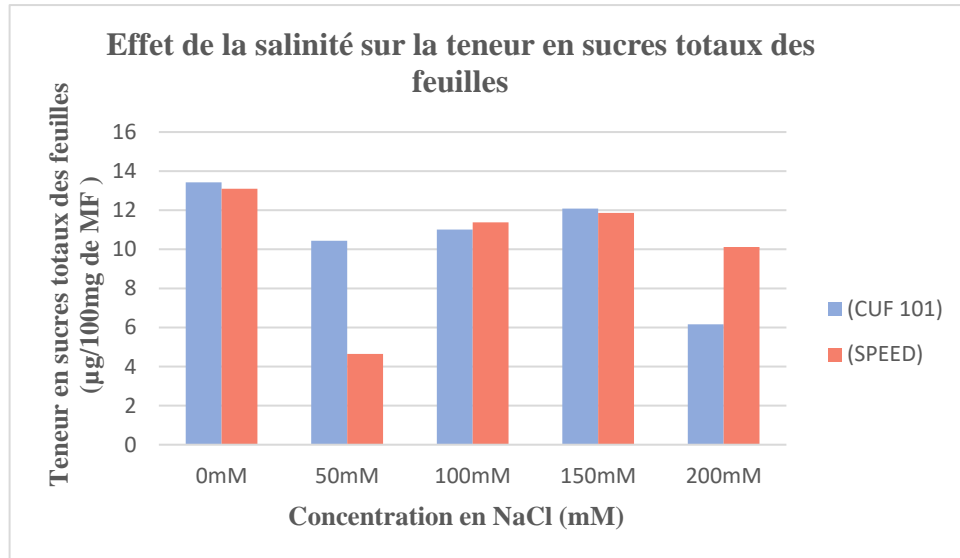


Figure II.6: Effet de la salinité sur la teneur en sucre totaux des feuilles.

II.7. Le taux de germination final.

□ Résultats :

Les résultats exprimant le taux de germination sont donnés dans le tableau II.7 et sont illustrés par l'histogramme figure II.7.

Tableau II.7: Analyse de la variance pour le taux de germination final.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	3356,4	39	86,062			
VAR.FACTEUR 1	1634,4	4	408,6	9,547	0,00005	***
VAR.FACTEUR 2	176,4	1	176,4	4,121	0,04881	*
VAR.INTER F1*2	261,6	4	65,4	1,528	0,21841	NS
VAR.RESIDUELLE 1	1284	30	42,8			

L'analyse de la variance nous a montré une différence très hautement significative entre les différents traitements pour le facteur salinité. Quant au facteur variété la différence est significative. Par contre, la différence est non significative (probabilité=0.21841) pour l'effet interaction entre ces deux facteurs.

Pour l'effet variété étant rassemblées dans le même groupe homogène A, selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 6-17), les deux variétés ne présentent pas de différence dans leur taux de germination avec des moyennes variant de 96.4% et 92.2 %.

Le taux de germination n'a diminué d'une manière significative qu'au 200 mM en NaCl, ce résultat est confirmé par le test NEWMAN-KEULS qui a fait ressortir deux groupes

homogènes, le groupe A représenté par les traitements 0, 50,100 et 150mM en NaCl pour des taux qui oscillent entre 100 et 94.5% et dans le groupe B se trouve le traitement le plus chargé en sel pour un taux de germination de 82.5% et un taux de diminution de 17.5%.

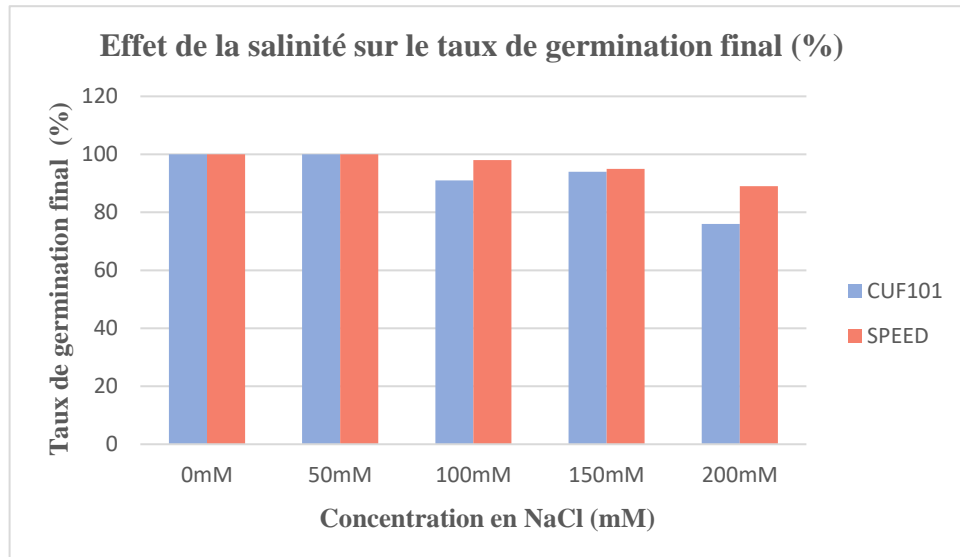


Figure II.7 : Effet de la salinité sur le taux de germination final.

II.8. T50 de la germination.

□ Résultats :

Le tableau II.8 rassemble les différents résultats du T50 qui est le temps nécessaire pour la germination de 50% des graines testées. Ces résultats sont ensuite illustrés par l’histogramme de la figure II.8.

Tableau II.8: Analyse de la variance pour T50 de la germination.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	SIGNF
VAR.TOTALE	24,975	39	0,64			
VAR.FACTEUR 1	18,6	4	4,65	26,571	0	***
VAR.FACTEUR 2	0,225	1	0,225	1,286	0,26519	NS
VAR.INTER F1*2	0,9	4	0,225	1,286	0,29741	NS
VAR.RESIDUELLE 1	5,25	30	0,175			

L'influence du facteur salinité sur le T50 est révélée par l'analyse de la variance avec une différence très hautement significative (probabilité=0.0000). Contrairement à l'interaction salinité×variété et le facteur variété où la différence est non significative.

L'influence confirmée de la salinité sur le T50 est explicitée par les résultats du test Newman-Keuls, la salinité à prolonger le temps nécessaire pour la germination de 50% des graines, pour un temps de 3 jours chez les traitements 150mM et 200mM (groupe C), alors que ce temps il n'est que de 1.25 jours chez le témoin (groupe A) et de 1.875 jours et 2 jours chez les niveaux 50mM et 100mM respectivement (groupe B).

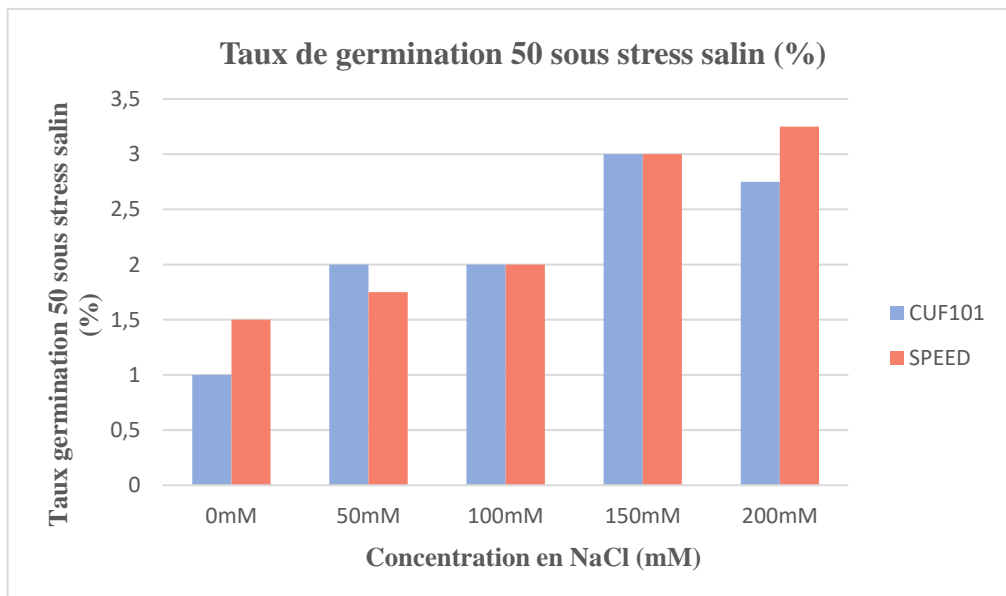


Figure II.8 : Effet de la salinité sur T50 de la germination.

DISCUSSIONS GENERALE

Nos deux variétés ont réagi par une réduction de la croissance de la partie aérienne en réponse au stress salin. Cet effet est fréquent chez les glycophytes (Nguyen et *al.*, 2004), où la diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée peut être expliquée par une augmentation de la pression osmotique provoquée par NaCl, ce qui bloque l'absorption de l'eau par les racines.

La réduction de la croissance semble être associée à une forte accumulation de Na⁺ dans la plante (Bouchoukh, 2010). D'après Arbaoui et *al* (1999), les sels accumulés dans le sol peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal.

La salinité provoque au sein de la plante des effets d'ordre osmotique, toxique ou nutritionnel (Larcher, 1995 ; Lambers et *al.*, 1998 ; Debez et *al.*, 2001 ; Mohsen et *al.*, 2011) et qui peuvent affecter la croissance et le développement de la plupart des espèces végétales cultivées (Munns, 1993 ; Munns et *al.*, 1995) conduisant à terme à des baisses de rendement et de la qualité des productions agricoles.

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces) qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (Winicov, 1998 ; Munns, 2002; Tester et Davenport, 2003; Yamaguchi et Blumwald, 2005).

Le stress salin s'applique sur les plantes sous plusieurs types de contraintes, le sol exerce d'abord un effet osmotique dès que les racines sont en contact avec lui jusqu'à un niveau seuil de concentration en sel (Munns et Tester, 2008) ensuite il s'accumule à des concentrations toxiques dans les feuilles et entraîne le stress ionique.

Chez l'orge, une diminution de l'élongation du système racinaire a été observée à des concentrations élevées de NaCl 100 à 200 mM (Suhayda et *al.*, 1992). Par ailleurs, la première réponse des glycophytes exposées à la salinité est un ralentissement de leur développement avec une croissance racinaire souvent moins affectée que la croissance foliaire (Guerrier, 1996).

La résistance du système racinaire au stress salin peut être expliquée par à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire (Nasri, 2014).

Généralement, le sodium commence à avoir un effet inhibiteur sur l'activité enzymatique à partir d'une concentration de 100 mmol/L. Ainsi, la capacité des plantes à réduire les teneurs en sodium dans le cytoplasme semble être un des éléments décisifs de la tolérance à la salinité (Maathuis et Amtmann, 1999 ; Munns, 2005; Yamaguchi et Blumwald, 2005; Apse et Blumwald, 2007).

La résistance du système racinaire au stress salin peut être expliquée par à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire (Nasri, 2014).

D'après nos résultats les deux variétés répondent positivement à l'accumulation de la proline. Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses mono ou dicotylédones soumises à un stress salin (Yoshida et al., 1999 ; Rhodes et al., 2002).

La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey et al., 1982). L'importance de la proline dans la tolérance à la salinité a été démontrée chez plusieurs lignées d'*Arabidopsis* hébergeant une construction antisens pour la proline déshydrogénase (Nanjo et al., 2003).

La teneur en sucres solubles a peu évolué chez les deux variétés sous l'effet de la salinité, Les sucres solubles jouent un rôle déterminant dans l'ajustement osmotique, ainsi qu'au niveau de la stabilisation de certaines protéines. L'accumulation des sucres semble induire la gélification du contenu cellulaire en saturant le milieu intracellulaire, ce phénomène permettant d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule, et donc limite les dommages au niveau des structures cellulaires (Dubos, 2001). D'après (Zerrad et al., 2006 ; in Mouellef, 2010), les sucres solubles sont des indicateurs de degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress. Selon (Hare et al., 1998) ces principaux semblent jouer un rôle important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante.

Concernant la germination des graines, les deux cultivars expriment un bon comportement germinatif. Chez l'*Atriplex halimus* le pouvoir germinatif n'a pas été altéré après exposition au sel ; dans les conditions naturelles, cette particularité s'avère d'un grand

intérêt car elle permet la survie des espèces dont les habitats naturels présentent de grandes fluctuations de teneur en sel (Ungar, 1978).

La germination des plantes, qu'elles soient halophiles ou glycophiles, est affectée par la salinité. Selon les espèces, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique. Ainsi les graines d'*Atriplex patula* ne germent pas en présence de NaCl à 20g/l (Ungar, 1996) Le processus par lequel la salinité inhibe la germination est très étudié. L'effet principal de la salinité sur la germination est un effet osmotique, plus qu'un effet de toxicité ionique (Bajji et *al.*, 2002).

La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Hajlaoui et *al.*, 2007).

CONCLUSION

La salinité des sols constitue l'un des stress abiotiques les plus répandus au niveau de la planète. Elle limite fortement les rendements et menace la productivité des terres notamment dans les régions arides et semi-arides. La connaissance des critères d'adaptation à la salinité serait d'un grand intérêt car ils pourraient servir de base pour la sélection des plantes aux stress qui s'adaptent mieux aux stress abiotiques en particulier la salinité. Au terme de cette étude et dans nos conditions expérimentales, Nous remarquons que la longueur de la partie aérienne des deux variétés de luzerne analysées (Speed et CUF101) a diminuée sous l'effet de la salinité avec une légère stimulation de la croissance au niveau du traitement 50mM, la diminution des tiges est d'autant plus importante que le stress est sévère. Pour la croissance racinaire l'ajout du NaCl dans le milieu racinaire provoque un ralentissement de la croissance des racines notamment chez la variété CUF101 qui enregistre des taux de diminution plus importants par rapport à la variété Speed, néanmoins il faut signaler une stimulation remarquable des racines à 50MmM chez cette variété.

La salinité a occasionné une diminution de la biomasse aérienne chez les deux cultivars, pour ce paramètre et pour le même niveau de salinité, la variété Speed enregistre des biomasses plus importantes par rapport à la variété CUF101.

La biomasse racinaire des plants stressés par le NaCl diminue sensiblement chez les deux cultivars. Aussi, en réponse à la contrainte saline, les plantes des deux variétés de *Medicago* s'adaptent métaboliquement durant le stress en accumulant de la proline. Ce composé exerce un rôle dans l'ajustement osmotique interne. Nos résultats ont mis en évidence une faible variation des teneurs en sucres totaux, avec une diminution à 50mM en NaCl chez les deux cultivars. La présence de 200mM en NaCl a fait diminuer d'avantage les sucres solubles chez CUF101 et stabilisé ce métabolite chez la variété Speed.

Les résultats obtenus dans l'essai de germination montrent que les graines de *Medicago sativa.L* peuvent germer en présence de NaCl, avec un prolongement de la durée nécessaire à la germination du 50% des graines qui va jusqu'à 3 jours.

Pour un travail futur, ces recherches doivent être poursuivies par des expériences à des stades végétatifs moins avancés (à la levée) afin de confirmer les résultats constatés aux stades germination et végétatifs. Toutefois, le dosage et l'identification d'autres osmorégulateurs tels que glycine betaine, pourrait mieux éclaircir les mécanismes d'ajustement osmotique nécessaires à l'adaptation à la salinité chez l'espèce *Medicago sativa.L*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abbanib , et Abdelaliy , 2005 in hammia , 2012 :Abdelali, R. (2013). Le développement et le contrôle d'un produit nutraceutique à base d'artemisia Herba Alba à usage antibactérien (Doctoral dissertation).

Arbaoui et al 1999 : Assad, R., & Arbaoui, A. (1999, June). Etude des effets de frottement sur la dynamique des ondes de densité de charge dans les systèmes unidimensionnels. In *Annales de Chimie Science des Matériaux* (Vol. 24, No. 6, pp. 435-442). No longer published by Elsevier.

Ashraf et Harris, 2004: Ashraf, M. P. J. C., & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant science*, 166(1), 3-16.

Aubert 1975 : Flour, J., Aubert, J. L., Savaux, É., & Flour, Y. (1975). Les obligations. Armand Colin.

Ayers et Westcot , 1988 :Westcot, D. W., & Ayers, R. S. (1988). La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin FAO. 184p.

Baba, 2010 : Iwatsuki, M., Mimori, K., Yokobori, T., Ishi, H., Beppu, T., Nakamori, S., ... & Mori, M. (2010). Epithelial–mesenchymal transition in cancer development and its clinical significance. *Cancer science*, 101(2), 293-299.

Bajji, M., J.M. Kinet, S. Lutts. 2002: Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, Early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). *Canadian Journal of Botany*, 80: 297–304.

Belkhodja et Bidai, 2004 : Belkhodja, M., & Bidai, Y. (2004). La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 331-335.

Ben Ahmed, 1996: Ahmed, H. B., Zid, E., El Gazzah, M., & Grignon, C. (1996). Croissance et accumulation ionique chez " *Atriplex halimus*" L. *Cahiers Agricultures*, 5(5), 367-372.

Bennja, 2014 :Rabehaja, D. J., Ihandriharison, H., Ramanoelina, P. A., Benja, R., Ratsimamanga-Urverg, S., Bighelli, A., ... & Tomi, F. (2014). Chemical composition of the

essential oil from *Croton kimosorum*, an endemic species to Madagascar. *Natural Product Communications*, 9(1), 1934578X1400900136.

Bertin, 2002: Bertin, E., Mellier, Y., Radovich, M., Missonnier, G., Didelon, P., & Morin, B. (2002). The TERAPIX pipeline. In *Astronomical Data Analysis Software and Systems XI* (Vol. 281, p. 228).

Binet. 1968 : Binet, J. (1968). Activité économique et prestige chez les Fangs du Gabon. *Revue Tiers Monde*, 25-42.

Bohnert et al ; 1995 : Bohnert, H. J., Nelson, D. E., & Jensen, R. G. (1995). Adaptations to environmental stresses. *The plant cell*, 7(7), 1099.

Bouaboub-Mossab, 2001: BOUABOUB-MOSSAB, K. (2001). Comportement de variétés et populations de luzerne pérenne *Medicago sativa* L (Doctoral dissertation, INA).

Boualia et al., 2012 :Boualia, S. K. (2012). The gene regulatory network of early kidney development. McGill University (Canada).

Bouaouina et al, 2000: Bouaouina, S., Zid, E., & Hajji, M. (2000). Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). Royo C., Nachit MM, Di Fonzo N. & Araus JL, éd. L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: nouveaux défis. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 239-243.

Bouchoukh,2010 :Bouchoukh, I., & Rahmoune, C. (2010). Comportement écophysologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

Boudas et Haddioui, 2011 : Bouda, S., & Haddioui, A. (2011). Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technology*, (5), 72.

Bourgeois et al., 2010: Bourgeois, F. T., Shannon, M. W., Valim, C., & Mandl, K. D. (2010). Adverse drug events in the outpatient setting an 11-year national analysis. *Pharmacoepidemiology and drug safety*, 19(9), 901-910.

Brini F, Feki K, Khoudi H, Hanin M, Masmoudi K. 2011: Genomic overview of iontransporters in plant salt tolerance.

Brini et al., 2013: Brini, E., Algaer, E. A., Ganguly, P., Li, C., Rodríguez-Ropero, F., & van der Vegt, N. F. (2013). Systematic coarse-graining methods for soft matter simulations—a review. *Soft Matter*, 9(7), 2108-2119.

Calu, 2006 :Föllmer, H. (2006). Calcul d'Itô sans probabilités. In Séminaire de Probabilités XV 1979/80: Avec table générale des exposés de 1966/67 à 1978/79 (pp. 143-150). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Camille, 1980: Roy-Camille, R., Saillant, G., Judet, T., De Botton, G., & Michel, G. (1980). Factors of severity in the fractures of the odontoid process (author's transl). *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de L'appareil Moteur*, 66(3), 183-186.

Cesar, 2004: Cesar, H. S., & van Beukering, P. (2004). Economic valuation of the coral reefs of Hawai'i. *Pacific Science*, 58(2), 231-242.

Chaabena rt abdelguerfi, 2001 :Chaabena, A., & Abdelguerfi, A. (2001). Situation de la luzerne pérenne dans le Sahara et comportement de quelques populations locales et variétés introduites dans le sud-est du Sahara algérien. *Zaragoza et Lleida, Espagne*, 12, 57-60.

Chartzoulakis et Klapakli, 2000 : Centritto, M., Loreto, F., & Chartzoulakis, K. (2003). The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell & Environment*, 26(4), 585-594.

Cherbuy,1991 :Cherbuy, B. (1991). Les sols salés et leur réhabilitation: Etude bibliographique. Cemagref.

Chretien 1992 : Chrétien, J. L. (1992). L'appel et la réponse.

Clark et al., 1913 : Clarke, J. M. (1913). Fósseis devonianos do Paraná (Vol. 1). Typ. Annexa á Directoria do Serviço de estatística.

Daoud et Halitim 1994 : Daoud, Y., & Halitim, A. (1994). Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(3), 151-160.

Debez et al., 2001 :Debez, A., Chaïbi, W., & Bouzid, S. (2001). Effect of NaCl and growth regulators on germination of *Atriplex halimus* L. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones Agricultures (France)*.

Demelon, 1966 : Paillet, J. M., Goudineau, C., Demolon, P., & Carandini, A. (1981). DROIT DE CITÉ POUR LE PASSÉ: L'archéologie urbaine face au devenir des villes. *Esprit* (1940-), (60 (12), 114-129.

Derdour, 1981 :Derdour, H. (1981). Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium échangeable sur le comportement des sols au compactage (Doctoral dissertation).

Derdour, 1981 in Kidari, 1991 : Boukteb, B., Boutaleb, K., & Chennaf, D. Z. (2021). Contribution à l'étude de l'effet des sulfates et les chlorures sur la teneur du carbone organique du sol (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).

Djili 2000 : DJILI, K. (2000). Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie (Doctoral dissertation, INA).

Djilik et al.,2003 : Hartatik, H. (2020). Jejak budaya dayak meratus dalam perspektif etnoreligi.

Douaoui et al., 2004: Douaoui, A., Gascuel-Odoux, C., & Walter, C. (2004). Infiltrabilité et érodibilité de sols salinisés de la plaine du Bas Chéiff (Algérie). Mesures au laboratoire sous simulation de pluie. EGS, 11(4), 379-392.

Dubos, 2001: Larignon, P., Dubos, B., Cere, L., & Fulchic, R. (2001). Observation on black dead arm in French vineyards. Observation on Black Dead Arm in French Vineyards, 1000-1007.

Duchaufour, 1983 : Robin, A. M., Guillet, B., & Duchaufour, P. (1983). Ecologie des podzols du Bassin Parisien, exemples en forêts de Fontainebleau et Villers-Cotterêts. Revue forestière française, 35(1), 35-46.

Duchaufour, 1983 ; Robert, 1996 : Coulombe, C. E., Wilding, L. P., & Dixon, J. B. (1996). Overview of Vertisols: characteristics and impacts on society. Advances in agronomy, 57, 289-375.

Duthil, 1967 :Dimoff, P., & Duthil, R. (1967). A propos d'une lettre inédite de Fréron à Duclos. In Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest (Vol. 74, No. 3, pp. 427-435). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.

Duthil, 1973 : RRIQUE, D. D. R. LE Rol v LAMMoAcN.

Epstein et al ; 1980 :Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., & Wrona, A. F. (1980). Saline culture of crops: a genetic approach. Science, 210(4468), 399-404.

FAO, 2006: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting & World Health Organization. (2006). Safety evaluation of certain contaminants in food (Vol. 82). Food & Agriculture Org.

Faye et al., 2001 :Akoua-Koffi, C., Guessennnd, N., Gbonon, V., Faye-Ketté, H., & Dosso, M. (2004). La méticillino-résistance de *Staphylococcus aureus* isolés à Abidjan (1998–2001): un nouveau problème en milieu hospitalier. *Médecine et maladies infectieuses*, 34(3), 132-136.

Forster et al.,1990 :Gu, H., Förster, I., & Rajewsky, K. (1990). Sequence homologies, N sequence insertion and JH gene utilization in VHDJH joining: implications for the joining mechanism and the ontogenetic timing of Ly1 B cell and B-CLL progenitor generation. *The EMBO journal*, 9(7), 2133-2140.

Foury,1954 : GOUMIRI, R., & ABDELGUERFI, A. Les espèces spontanées de la tribu des hédysarées Analyses chimiques du fourrage au stade végétatif (Algérie).

Gaucher et Burdin, 1974 :Nicod, J. (1975). G. Gaucher, S. Burdin, *Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Méditerranée*, 22(3), 84-85.

Ghediri, 2007 :Ghédiri, A., & Goléa, N. (2007). Diagnostic et surveillance de la machine asynchrone.

Girard et al., 2005: Chatenet, M., Mazarin, C., Girard, J. C., Fernandez, E., Gargani, D., Rao, G. P., & Rott, P. (2005). Detection of Sugarcane streak mosaic virus in surgarcane from several asian countries. ATAGUA.

Girard et al., 2005: Chatenet, M., Mazarin, C., Girard, J. C., Fernandez, E., Gargani, D., Rao, G. P., & Rott, P. (2005). Detection of Sugarcane streak mosaic virus in surgarcane from several asian countries. ATAGUA.

Greenway et munns, 1980: Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual review of plant physiology*, 31(1), 149-190.

Gregory, 2005: Keeney, R. L., & Gregory, R. S. (2005). Selecting attributes to measure the achievement of objectives. *Operations Research*, 53(1), 1-11.

Grouzis., 1976 :Grouzis, M., Berger, A., & Heim, G. (1976). Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Oecol. Plant*, 11(1), 41-52.

Guerrier,1996 : Durand-Guerrier, V. (1996). Logique et raisonnement mathématique: défense et illustration de la pertinence du calcul des prédicats pour une approche didactique des difficultés liées à l'implication (Doctoral dissertation, Lyon 1).

Guillemot, 2016 :Desvignes, G., Caballero, R. N., Lentati, L., Verbiest, J. P. W., Champion, D. J., Stappers, B. W., ... & Vecchio, A. (2016). High-precision timing of 42 millisecond pulsars with the European Pulsar Timing Array. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458(3), 3341-3380.

Hajlaouil H., Denden M. & Bouslama M. (2007) : Etude de la variabilité interspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura* 25(3), 168-173.

Hajlaoui et al, 2015 :Pierucci, D., Sediri, H., Hajlaoui, M., Girard, J. C., Brumme, T., Calandra, M., ... & Ouerghi, A. (2015). Evidence for flat bands near the Fermi level in epitaxial rhombohedral multilayer graphene. *ACS nano*, 9(5), 5432-5439.

Halitim, 1973 :Bouhoun, M. D., & Brinis, L. (2006). Étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin: cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. *J. Algérie. Rég. Arides, Nspécial*, 17-20.

Halitim, 1985 :Saidi, D., Le Bissonnais, Y., Duval, O., Daoud, Y., & Halitim, A. (2004). Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie). *Etude et gestion des sols*, 11(2), 137-148.

Halitim, 1988 : Bouhata, R. A. B. A. H., Kalla, M. A. H. D. I., & Driddi, H. A. D. D. A. (2015). Cartographie de la variabilité spatiale de la salinité du sol dans de la zone endoréique de Gadaine (Nord-Est algérien). *Rev. Roum. Géogr./Rom. Journ. Geogr*, 59(1), 63-69.

Halitim, 1973; Duchuffour, 1976: BENZIANE TOUFIK, A. B. D. E. S. S. L. A. M. E., & LOUGMA, A. (2022). Caractérisation Des alluvions du Chot-El-Hodna (Wilaya de M'sila) Fortement Traités Au Ciment Ardia Et Reconstitués a Faible énergie de compactage (Doctoral dissertation, university of M'sila).

Haouala et al, 2004 : Barakett, N., Ouaddour, A., Lahidheb, D., Smiri, Z., Mhenni, H., Azzouzi, F., ... & Haouala, H. (2004). Role of fibrin D-dimer in acute coronary syndrome. Prospective study of 22 cases. *La Tunisie Medicale*, 82, 132-135.

Hare et al., 1998: Patterson, B. R., Benjamin, L. K., & Messier, F. (1998). Prey switching and feeding habits of eastern coyotes in relation to snowshoe hare and white-tailed deer densities. *Canadian Journal of Zoology*, 76(10), 1885-1897.

Hasegawa et al. 2000 b ; ZHU ,2001 : Bressan, R. A., Zhang, C., Zhang, H., Hasegawa, P. M., Bohnert, H. J., & Zhu, J. K. (2001). Learning from the Arabidopsis experience. The next gene search paradigm. *Plant physiology*, 127(4), 1354-1360.

Hassan, 2005: Elfakhani, S., Hassan, M. K., & Sidani, Y. (2005, December). Comparative performance of Islamic versus secular mutual funds. In 12th economic research forum conference in Cairo, Egypt (Vol. 53, pp. 19-21).

Hillel, 2000: Schmid, M., Nanda, I., Guttenbach, M., Steinlein, C., Hoehn, M., Scharl, M., ... & Mizuno, S. (2000). First report on chicken genes and chromosomes 2000. *Cytogenetic and Genome Research*, 90(3-4), 169-218.

Hopkins,2003 : Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.

Houerou 1993 : Le Houérou, H. N. (1993). Land degradation in Mediterranean Europe: can agroforestry be a part of the solution? A prospective review. *Agroforestry systems*, 21, 43-61.

INSID 2008: Greitzer, F. L., Moore, A. P., Cappelli, D. M., Andrews, D. H., Carroll, L. A., & Hull, T. D. (2008). Combating the insider cyber threat. *IEEE Security & Privacy*, 6(1), 61-64.

Iptrid, 2006 in hammia , 2012 :HAMMIA, I. (2012). Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies d'Oued Righ (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA).

Ivanov, 1988 ; Michaud et al., 1988 ; quiros et bauchan,1988 :Şakiroğlu, M., Doyle, J. J., & Charles Brummer, E. (2010). Inferring population structure and genetic diversity of broad range of wild diploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) accessions using SSR markers. *Theoretical and applied genetics*, 121, 403-415.

Katembe et al., 1998 :KATEMBE, W. J., UNGAR, I. A., & MITCHELL, J. P. (1998). Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). *Annals of Botany*, 82(2), 167-175.

Khan et panada: Mitrović, A., & Bogdanović Pristov, J. (2009). Effect of gibberellic acid on total antioxidant activity during *Chenopodium rubrum* L. ontogenesis in vitro. *Archives of Biological Sciences*, 61(1), 49-55.

Lahlou et al., 2005 : Lahlou, M. (2005). Les migrations irrégulières entre le Maghreb et l'Union européenne: évolutions récentes.

Larcher, 1995 ; Lambers et al., 1998 ; Debez et al.,2001 ; Mohsen et al.,2011 : Diallo, B., Samba, S. A. N., Sane, D., & Diop, T. (2013). Effet du chlorure de sodium sur la germination de graines de *Ricinus communis* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 1534-1544.

Leclerc,1999 : Leclerc, C. (1999). Comprendre et construire les groupes. Presses Université Laval.

Legros, 2009 : Scantamburlo, G., Anseau, M., Geenen, V., & Legros, J. J. (2009, December). Oxytocin: From milk ejection to maladaptation in stress response and psychiatric disorders. A psychoneuroendocrine perspective. In *Annales d'endocrinologie* (Vol. 70, No. 6, pp. 449-454). Elsevier Masson.

Lemaire et Allirand, 1993 : Relation entre croissance et qualité de la luzerne : interaction génotype-mode d'exploitation. *Fourrages*, 134, 183-198.

Lesins et Lesins, 1979; Small, E. (1984). A clarification of the *Medicago blanchearna-bonarotiana-rotata* complex. *Canadian journal of botany*, 62(8), 1693-1696.

Levigneron et al., 1995: Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.

Levitt,1980 in Ben Kaddour, 2014 :Adjal Izdihar, C. C. Le quinoa en conditions de stress thermique.

Maathuis ET amtmann, 1999; Bulmlald, 2000: Maathuis, F. J., & Amtmann, A. N. N. A. (1999). K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. *Annals of botany*, 84(2), 123-133.

Maathuis et Amtmann, 1999; Munns, 2005; Yamaguchi et Blumwald, 2005; Apse et Blumwald, 2007 :Hanana, M., Hamrouni, L., Cagnac, O., & Blumwald, E. (2011). Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Environmental Reviews*, 19(NA), 121-140.

Mahrouz,2013 : MAHROUZ, F. (2013). Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Atriplex canescens (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA-).

Maillard, 2001: Montalescot, G., Barragan, P., Wittenberg, O., Ecollan, P., Elhadad, S., Villain, P., ... & Pinton, P. (2001). Platelet glycoprotein IIb/IIIa inhibition with coronary stenting for acute myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*, 344(25), 1895-1903.

Malinow, 1981; gray, 1997; hwang, 2001: Kim, C. H., & Lisman, J. E. (2001). A labile component of AMPA receptor-mediated synaptic transmission is dependent on microtubule motors, actin, and N-ethylmaleimide-sensitive factor. *Journal of Neuroscience*, 21(12), 4188-4194.

Manries,2003 : Mauriès, M. (2003). La luzerne: culture, récolte, conservation, utilisation. France Agricole Editions.

Marlet et Job, 2006 : Marlet, S., & Job, J. O. (2006). Processus et gestion de la salinité des sols.

Mathieu ,2003 : Mathieu, C., Pieltain, F., & Jeanroy, E. (2003). Analyse chimique des sols: Méthodes choisies. Tec & doc.

Mauriès,1994 : Mauriès, J. P. (1997). Matériel collecté par H. Franz, 1969 à Madagascar: nouvelles données taxinomiques et chorologiques sur le genre *Betscheuma* Mauriès, 1994 (Diplopoda: Craspedosomatida). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie*, 539-554.

Mazoyer et al., 2002 : Tzourio-Mazoyer, N., De Schonen, S., Crivello, F., Reutter, B., Aujard, Y., & Mazoyer, B. (2002). Neural correlates of woman face processing by 2-month-old infants. *Neuroimage*, 15(2), 454-461.

Mccoy et bingham, 1988: McCoy, T. J., & Bingham, E. T. (1988). Cytology and cytogenetics of alfalfa. *Alfalfa and alfalfa improvement*, 29, 737-776.

Mehiri et Zahouani, 2018 : MEHIRI, A., & ZAHOUANI, A. (2018). Variabilité intra-parcellaire chez la rhizosphère d'un sol cultivé de luzerne (*Médicago sativa* L.) dans la région de Ghardaïa (Cas de El'Atteuf).

Memoud, 2006 In hammia, 2012 : HAMMIA, I. (2012). Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA).

Menacer, 2007 : Menacer, A., Moreau, S., Champenois, G., Saïd, M. S. N., & Benakcha, A. (2007, September). Experimental detection of rotor failures of induction machines by stator current spectrum analysis in function of the broken rotor bars position and the load. In EUROCON 2007-The International Conference on" Computer as a Tool" (pp. 1752-1758). IEEE.

Messioughi ,2016 : ABDESSEMED, A. Productivité comparée d'une variété locale de luzerne pour deux amendements: organique et minéral (Doctoral dissertation, Université Kasdi MERBAH, Ouargla).

Midoun 2015 : Chami, M. A., Zemmour, L., Midoun, N., & Belhadj, M. (2015). Diabète sucré du sujet âgé: la première enquête algérienne. Médecine des maladies Métaboliques, 9(2), 210-215.

Montoroi,2005 :Montoroi, J. P., Grünberger, O., & Nasri, S. (2004). Utilisation de l'hydrochimie d'un bassin versant de lac collinaire tunisien pour l'étude de la recharge de la nappe alluviale. Revue des sciences de l'eau, 17(2), 245-263.

Mouafek, 2010: MOUAFEK, A. (2010). La symbiose à rhizobia chez la fève (*Vicia faba* L.) et La luzerne (*Medicago sativa* L.) dans la région de Biskra (Doctoral dissertation, UniversitMohamed Khider Biskra).

Munns et al., 1983: Munns, R., Greenway, H., & Kirst, G. O. (1983). Halotolerant eukaryotes. *Physiological Plant Ecology III: Responses to the Chemical and Biological Environment*, 59-135.

Munns, 1993 ; Munns et al.,1995 : Munns, R., Schachtman, D. P., & Condon, A. G. (1995). The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Functional Plant Biology*, 22(4), 561-569.

Munus et Tester, 2008: **Abbaspour**, H., Afshari, H., & Abdel-Wahhab, A. (2012). Influence of salt stress on growth, pigments, soluble sugars and ion accumulation in three pistachio cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(12), 2468-2473.

M'barek et al., 2001: Dreyfus, M., Hedelin, G., Kutnahorsky, R., Lehmann, M., Viville, B., Langer, B., ... & Pasquali, J. L. (2001). Antiphospholipid antibodies and preeclampsia: a case-control study. *Obstetrics & Gynecology*, 97(1), 29-34.

Nasri, 2014 : Rafeian-Kopaei, M., Setorki, M., Doudi, M., Baradaran, A., & Nasri, H. (2014). Atherosclerosis: process, indicators, risk factors and new hopes. *International journal of preventive medicine*, 5(8), 927.

Nguyen et al.,2004 : Bloch, J., Bachoud-Levi, A. C., Deglon, N., Lefaucheur, J. P., Winkel, L., Palfi, S., ... & Peschanski, M. (2004). Neuroprotective gene therapy for Huntington's disease, using polymer-encapsulated cells engineered to secrete human ciliary neurotrophic factor: results of a phase I study. *Human gene therapy*, 15(10), 968-975.

Nultsh, 1998 : SETTOU, N. Effet du stress salin sur la composition biochimique de L'Atriplex canescens (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).

Ouerghi et al.,2000 : Ouerghi, Z., Cornic, G., Roudani, M., Ayadi, A., & Brulfert, J. (2000). Effect of NaCl on photosynthesis of two wheat species (*Triticum durum* and *T. aestivum*) differing in their sensitivity to salt stress. *Journal of plant physiology*, 156(3), 335-340.

Papleux, 2015: Taton, O., Papleux, E., Bondue, B., Knoop, C., Van Laethem, S., Bauler, A., ... & Leduc, D. (2020). Role of the bronchoalveolar lavage in noncritically ill patients during the SARS-CoV-2 epidemic. *Pulmonary Medicine*, 2020.

Perron, 2015: Chehour, A., Younes, R., Ilinca, A., & Perron, J. (2015). Review of performance optimization techniques applied to wind turbines. *Applied Energy*, 142, 361-388.

Quiros et bauchan, 1988 : Quiros, C. F., & Bauchan, G. R. (1988). The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* comp. *Alfalfa and alfalfa improvement*, 29, 93-124.

Raache et Karboussa, 2004 : BELAOUDMOU, C., & LAKEHAL, S. Effet de la salinité sur la croissance des plantules de l'*Anabasis articulata* (Amarantaceae) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).

Rata, 2010 : Minguela-Rata, B., López-Sánchez, J. I., & Rodríguez-Benavides, M. C. (2010). Knowledge transfer mechanisms and the performance of franchise systems: An empirical study. *African Journal of Business Management*, 4(4), 396-405.

Rejili et al, 2006 : REJILI, M., VADEL, A. M., & NEFFATI, M. (2006). Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des régions arides*, (17), 65-78.

Revee et al., 1954 ; Brooks, 1956 ; Gadnet et al., 1959, Kemper et Kock, 1956 in Kidari, 1991 : MAHAMED, A., & MAKRI, A. (2020). Caractérisation et traitement à la chaux des sols du Chott El Hodna (wilaya de M'sila) (Doctoral dissertation, Univ M'sila).

Rodreguez- Navarro, 2000 in: seaman, sd : Rubio, F., Santa-María, G. E., & Rodríguez-Navarro, A. (2000). Cloning of Arabidopsis and barley cDNAs encoding HAK potassium transporters in root and shoot cells. *Physiologia Plantarum*, 109(1), 34-43.

Servant ,1970 ; 1972 ; agassi et al.,1981 ; Aubert,1983 ;Halitim et al.,1984 ;daoud,1993 :FETAYAH, A., & KASMI, S. (2017). Caractéristiques écologiques des sols salés aux alentours de la région Nord-orientale de la zone humide d'importance internationale de Chott El Hodna (Nord Est d'Algérie) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

Servant, 1978 : Marmot, M. G., Rose, G., Shipley, M., & Hamilton, P. J. (1978). Employment grade and coronary heart disease in British civil servants. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 32(4), 244-249.

Sica, 1990: Sica, A., Wang, J. M., Colotta, F., Dejana, E. L. I. S. A. B. E. T. T. A., Mantovani, A., Oppenheim, J. J., & Matsushima, K. (1990). Monocyte chemotactic and activating factor gene expression induced in endothelial cells by IL-1 and tumor necrosis factor. *Journal of immunology* (Baltimore, Md.: 1950), 144(8), 3034-3038.

Slama, 2004 : Mann, J. I., De Leeuw, I., Hermansen, K. D. S. G., Karamanos, B., Karlström, B., Katsilambros, N., ... & European Association for the Study of Diabetes (EASD. (2004). Evidence-based nutritional approaches to the treatment and prevention of diabetes mellitus. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14(6), 373-394.

Suhayda et al.,1992 : Suhayda, C. G., Redmann, R. E., Harvey, B. L., & Cipywnyk, A. L. (1992). Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop Science*, 32(1), 154-163.

Sumner 1993 et Douaui 2005: DOUAI, A., & BERTIN, A. L. contemporary approaches of well-being: a framework for a new answer to the 'Easterlin Paradox'.

Tabet, 1999 : Baudoin, O., Gonnet, F., Teulade-Fichou, M. P., Vigneron, J. P., Tabet, J. C., & Lehn, J. M. (1999). Molecular recognition of nucleotide pairs by a cyclo-bis-intercaland-type receptor molecule: a spectrophotometric and electrospray mass spectrometry study. *Chemistry—A European Journal*, 5(9), 2762-2771.

Telles et al., 2007 : Sue, C. A., & Telles, E. E. (2007). Assimilation and gender in naming. *American Journal of Sociology*, 112(5), 1383-1415.

Tremblin, 2000: Tremblin, G., Cannuel, R., Mouget, J. L., Rech, M., & Robert, J. M. (2000). Change in light quality due to a blue-green pigment, marennine, released in oyster-ponds: effect on growth and photosynthesis in two diatoms, *Haslea ostrearia* and *Skeletonema costatum*. *Journal of applied phycology*, 12, 557-566.

Tromlin, 2000: von der Maase, H., Hansen, S. W., Roberts, J. T., Dogliotti, L., Oliver, T., Moore, M. J., & Conte, P. F. (2000). Gemcitabine and cisplatin versus methotrexate, vinblastine, doxorubicin, and cisplatin in advanced or metastatic bladder cancer: results of a large, randomized, multinational, multicenter, phase III study. *Journal of clinical oncology*, 18(17), 3068-3077.

Ungar IA: Effect of salinity on seed germination n, growth and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *Am J Bot* 1996; 83:604-7.

Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukn : Khan, M. A., & Rizvi, Y. (1994). Effect of salinity, temperature, and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Canadian Journal of Botany*, 72(4), 475-479.

Winicov, 1989: Waterborg, J. H., Harrington, R. E., & Winicov, I. (1989). Differential histone acetylation in alfalfa (*Medicago sativa*) due to growth in NaCl: responses in salt stressed and salt tolerant callus cultures. *Plant physiology*, 90(1), 237-245.

Winicov,1998 ; Munns ,2002 ; Tester et Davenport,2003 ; Yamaguchi et Blumwald ,2005 : Hanana, M., Hamrouni, L., Cagnac, O., & Blumwald, E. (2011). Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Environmental Reviews*, 19(NA), 121-140.

Yanjo et al., Yanko-Hombach, V. V. (2007). Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf. *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement*, 149-203.

YEO, 1983: Yeo, A. R., & Flowers, T. J. (1983). Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Plantarum*, 59(2), 189-195.

Yoshiba et al.,1999; Rhodes et al.,2002 : Gao, H. Z., Kobayashi, K., Tabata, A., Tsuge, H., Iijima, M., Yasuda, T., ... & Saheki, T. (2003). Identification of 16 novel mutations in the argininosuccinate synthetase gene and genotype–phenotype correlation in 38 classical citrullinemia patients. *Human mutation*, 22(1), 24-34.

Zerrad et al., 2006; in mouellef, 2010: Labdelli, A., Halis, Y., Adda, A., Soualem, S., & Boudibi, S. Study of parameters of osmotic adjustment of some genotypes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under water deficit.

Zhu, 2003: Pang, X., Zhu, Z., Xu, F., Guo, J., Gong, X., Liu, D. ... & Feikin, D. R. (2003). Evaluation of control measures implemented in the severe acute respiratory syndrome outbreak in Beijing, 2003. *Jama*, 290(24), 3215-3221.

ANNEXES

Annexe 01 : Protocole expérimental du dosage de proline

- préparation du courbe d'étalonnage de proline.

-Préparation de la solution mère de proline S1

20mg de proline sont mis dans une fiole jaugée de 100 ml sur lequel on verse du méthanol à 40% jusqu'à atteindre 100ml.

-Préparation de la solution mère de proline S2

-10ml de la solution mère S1 est porté dans une nouvelle fiole jaugée de 100ml, on ajuste à 100ml avec du méthanol 40%, on obtient une solution S2 de 20µg/ml de proline.

-10 fioles jaugées de capacité 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10.

- On porte dans chacune d'elle 1 à 10ml de la solution S2, puis chacune est ajusté à 10ml avec du méthanol 40%.

-Ensuite 11 tubes à essai sont numérotés de T0 à T10 dont chacun contiendra :

T0=1ml du méthanol qui servira à faire le zéro à la lecture de la DO.

T1=1ml prélevé de la fiole n°1, 2µg de proline

T2=1ml prélevé de la fiole n° 2, 4µg de proline

T3=1ml prélevé de la fiole n° 3, 6µg de proline

T4=1ml prélevé de la fiole n° 4, 8µg de proline

T5=1ml prélevé de la fiole n° 5, 10µg de proline

T6=1ml prélevé de la fiole n° 6, 12µg de proline

T7=1ml prélevé de la fiole n° 7, 14µg de proline

T8=1ml prélevé de la fiole n° 8, 16µg de proline

T9=1ml prélevé de la fiole n°9, 18µg de proline

T10=1ml prélevé de la fiole n°10, 20µg de proline

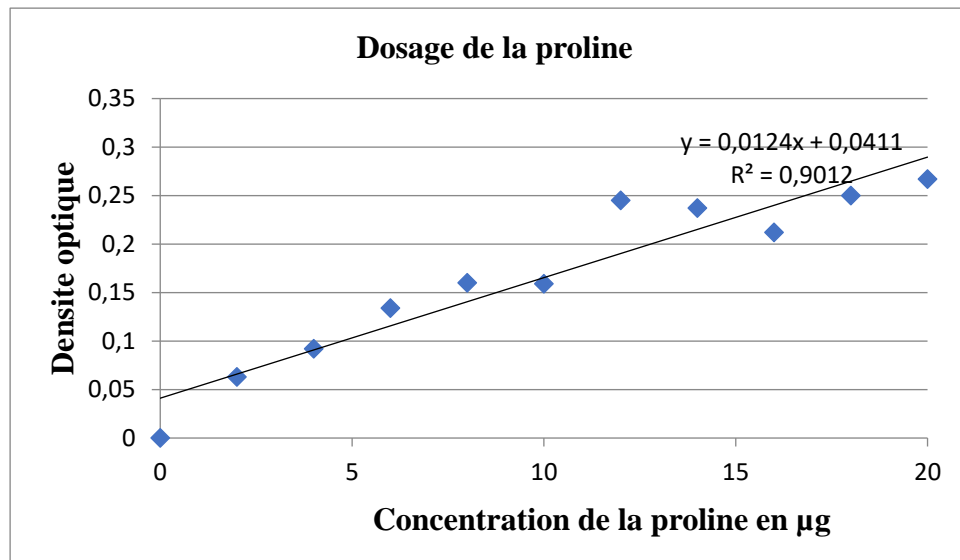


Figure 01 : La courbe étalon du dosage de la proline.

-Préparation du Réactif de proline

On mélange dans une bouteille en verre :

- 300ml d'acide acétique
 - 80 ml d'acide ortho phosphorique D=1.7
 - 120ml de H₂O stérile
- } Solution A

Soit n le nombre de tube à dosé (extraits et étalons)

On met dans un bécher

- (n+4)25mg de ninhydrine
 - (n+4) ml de la solution A
 - (n+4) ml d'acide acétique
- } Solution B \Longrightarrow Agiter

Annexe 02: Protocole expérimental du dosage des sucres solubles

-Préparation du réactif du sucres solubles

Il est préparé 4 heures avant le dosage et se garde au frais

Il est constitué de 0.2g d'anthrone pure dissout dans un 1 litre de H₂SO₄.

-Préparation du courbe d'étalonnage du sucres totaux

-Préparation de la solution mère S1

100mg de glucose sont porté dans une fiole jaugée de 100ml compléter a 100ml avec de l'éthanol 80%, c'est la solution S1.

-Ensuite en prélève 10ml de la solution S1 qu'on porte dans une fiole jaugée compléter a 100ml avec de l'éthanol 80%, on obtient une solution mère S2 de concentration en glycose égale à 100mg/ml.

10 fioles jaugée de capacité de 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10, dans lesquelles on met respectivement de 1ml à 10ml (à l'aide d'une pipette de 10ml) puis ajustées à 10ml avec de l'éthanol 80%.

11 tubes à essais sont pris et numérotés de T0 à T10

T0 contient 2ml éthanol 8% qui servira à faire le zéro lors de la lecture des densité optiques

T1= 2ml prélevée de la fiole n°1, soit 10µg de glycose

T2= 2ml prélevée de la fiole n°2, soit 20µg de glycose

T3= 2ml prélevée de la fiole n°3, soit 30µg de glycose

T4= 2ml prélevée de la fiole n°4, soit 40µg de glycose

T5= 2ml prélevée de la fiole n°5, soit 50µg de glycose

T6= 2ml prélevée de la fiole n°6, soit 60µg de glycose

T7= 2ml prélevée de la fiole n°7, soit 70µg de glycose

T8= 2ml prélevée de la fiole n°8, soit 80µg de glycose

T9= 2ml prélevée de la fiole n°9, soit 90µg de glycose

T10= 2ml prélevée de la fiole n°10, soit 100µg de glycose

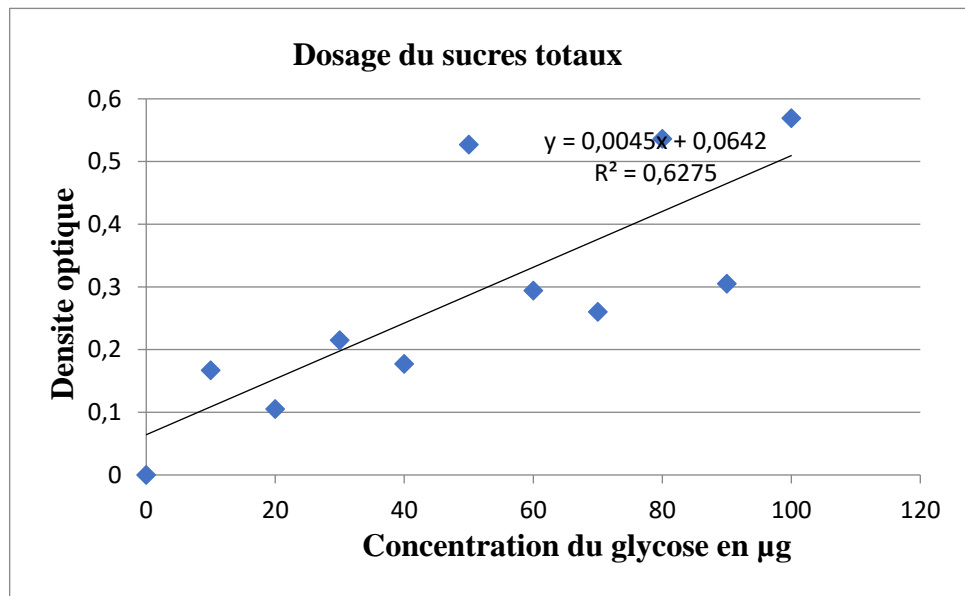


Figure 02 : La courbe étalon du dosage des sucres totaux.

Résumé

Le présent travail a pour but de déterminer les variations morphologiques et physiologiques de deux variétés de luzerne (*Medicago sativa*.L) sous l'effet de la salinité. La longueur de la partie aérienne des deux variétés analysées (Speed et CUF101) a diminué sous l'effet de la salinité, avec une légère stimulation de la croissance au niveau du traitement 50mM, pour la croissance racinaire la présence du NaCl en concentrations croissantes provoque un ralentissement des racines notamment chez la variété CUF101 et qui enregistre des taux de diminution plus importants par rapport à la variété Speed, nous signalons une stimulation remarquable des racines à 50mM chez CUF101. La salinité a occasionné une diminution de la biomasse aérienne et racinaire chez les deux cultivars. Les deux variétés de *Medicago* s'adaptent métaboliquement durant le stress en accumulant de la proline, néanmoins la teneur en sucres soluble a peu évoluée. Les deux cultivars affichent un bon comportement germinatif avec une diminution du taux de germination qui ne s'exprime qu'au niveau 200mM en NaCl.

Mots clés : salinité, *Medicago*, variété, croissance, biomasse, proline, sucres totaux.

الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد التغييرات المورفولوجية والفيزيولوجية لدى نوعين من صنف الفصة تحت تأثير الملوحة. طول الجزء الهوائي لنوعين (سبيد و CUF101) قد تناقص تحت تأثير الملوحة مع تحفيز طفيف في النمو على مستوى 50 ميلي مول. بالنسبة لنمو الجذور فوجود كلورور الصوديوم بتركيز متزايدة أدت إلى تثبيط نمو الجذور خاصة عند نوع (CUF101)، مع تنشيط لنمو الجذور عند مستوى 50 ميلي مول عند هذا النوع (CUF101). الملوحة سببت تناقص في الوزن الطازج للجزء الهوائي والجذري لدى النوعين، لاحظنا تأقلم ايضى عند النوعين أثناء الإجهاد وذلك بتراكم البرولين في الأوراق، ولكن بالنسبة لتراكم السكريات فقد كان التغيير ضعيف، النوعين أظهرت تجاوب جيد أثناء إنتاش البذور وذلك مع تناقص الإنتاش إلا عند الإجهاد 200 ميلي مول فقط من كلورور الصوديوم.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، الفصة، النوع، النمو، الكتلة الحيوية، برولين، السكريات الكلية.

Abstract

The present work aims to determine the morphological and physiological variations of two varieties of alfalfa (*Medicago sativa*.L) under the effect of salinity. The length of the aerial part of the two varieties analyzed (Speed and CUF101) decreased under the effect of salinity, with a slight stimulation of growth at the level of the 50 mM treatment, for root growth the presence of NaCl in increasing concentrations causes a slowing down of the roots in particular in the CUF101 variety and which records greater reduction rates compared to the Speed variety, we report a remarkable stimulation of the roots at 50mM in CUF101. Salinity caused a decrease in aerial and root biomass in both cultivars. Both varieties of *Medicago* adapt metabolically during stress by accumulating proline, however the soluble sugar content has changed little. The two cultivars display good germination behavior with a decrease in the germination rate which is only expressed at the 200mM level in NaCl.

Keywords: salinity, *Medicago*, variety, growth, biomass, proline, sugar content.