



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Systèmes de production agro écologique

Thème:

**Étude de l'effet phytoremédiateur de la spirogyre (*Spirogyra*
sp) sur la salinité de l'eau et du sol.**

Présenté par:

M^{elle} :CHELLIA Khaoula

M^{elle} : BOUGHAITA Amira

Membres de Jury:

Mme : Sayad I.	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme :LAARIT S.	(MCB)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : HANNACHI A.	(MCA)	Encadrant	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2022-2023



REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout Allah le tout puissant, qui nous donne la force et la patience d'accomplir mon travail dans les meilleures conditions

Nous tenons à remercier sincèrement Mr **Hannachi Abdelhakim** notre encadrant, qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury qui acceptent d'examiner notre modeste travail .

Mme Souileh Nabila

Mme Sayad Ibtissam

Nos vifs remerciements vont également pour Tous qui nous aidons et merci pour tous personnes pour leurs encouragements et soutien moral.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux deux êtres qui me sont très chers dans cette vie, à mon père et à ma mère. Je leur dis merci maman du fond du cœur pour ton éducation, ton sacrifice, ton assistance et pour ce tu m'as fait et qui m'a permis d'arriver à cette réussite et à ce bonheur, avec toute ma fidélité et tout mon amour pour mon père, je te dis merci mille fois mes parents.

A ma source de joie mon petit fils Mouhamed Siradj

A mes sœurs Imen et Souhila

A mon frère Fathi

A Ma petite nièce Ibtihel Kenza

A Mon Marie pour son soutien et ses encouragements

A toute ma famille

A mes collègues et mes amis

Amira BOUGHAITA



DEDICACES

Merci Allah de m'avoir donné la capacité de décrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donnée la vie le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite à **ma mère.**

A mon père, qui a été mon ombre durant tous les années des études et qui a veillé au long de ma vie à m'encourager, me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les garde et les protège

A mes adorables sœurs **RAHMA, MARWA, MALAK.**

A mon frère **Mohamed.**

A **mes amies.**

A **tous ceux qui me sont chères.**

A **tous ceux que j'aime.**

Je dédie ce travail.

Chellia Khaoula

RÉSUMÉ

La salinisation est un problème écologique majeur qui affecte un nombre croissant de régions du globe, fréquemment associée à la contrainte hydrique, elle réduit les surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial et la salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales qui limite la production végétale dans les régions arides. La salinisation apparaît comme la conséquence de divers processus complexes de redistribution des sels liés au fonctionnement hydrologique du milieu sous l'influence de l'irrigation et du drainage. Dans les régions méditerranéennes, la salinité des sols et les eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole. Ainsi, la sécheresse est l'un des principaux facteurs limitant des rendements, le manque d'eau, souvent associé à d'autres stress abiotiques sont responsables de pertes de rendement très importantes.

En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables, conduisant à terme à des baisses de rendement et de l'introduction de la qualité des productions. Pour éliminer ce problème on utilise la phytoremédiation. La phytoremédiation est une technique écologique et économique pour dépolluer les sols et les eaux contaminés par des métaux lourds, des radionucléides, des composés organiques ou des sels. Elle consiste à utiliser des plantes capables d'absorber, de dégrader ou de stabiliser les polluants dans leurs tissus ou dans le sol comme les spirogyres (*spirogyra sp*) qui peuvent avoir une activité allopathique, c'est-à-dire qu'elles produisent des substances chimiques qui influencent la croissance et le développement d'autres organismes. Les spirogyres peuvent aussi extraire des sels du sol et de l'eau par un processus appelé phytodésalinisation. À l'aide des plantes des petits pois sont des légumineuses qui peuvent fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*. Elles peuvent aussi tolérer une certaine salinité du sol et de l'eau, mais leur croissance et leur rendement sont affectés par des concentrations élevées de sel.

Mots clés : Salinité, Eau, Sol, *Spirogyre*(*Spirogyra sp*), Phytoremédiation.

Abstract

Salinization is a major ecological problem that affects an increasing number of regions of the globe, often associated with water stress, it reduces cultivable areas and threatens the global food balance. Soil salinity is one of the main environmental constraints that limits plant production in arid regions. Salinization appears as the consequence of various complex processes of salt redistribution linked to the hydrological functioning of the environment under the influence of irrigation and drainage. In Mediterranean regions, soil and irrigation water salinity is one of the limiting factors of plant productivity and agricultural yield. Thus, drought is one of the main factors limiting yields, water shortage, often associated with other abiotic stresses, are responsible for very important yield losses. Indeed, excess salt in the soil affects germination, seedling growth and vigor, vegetative phase, flowering and fruiting to varying degrees, leading to reduced yield and quality of production. To eliminate this problem we use phytoremediation, which is an ecological and economical technique to decontaminate soils and waters polluted by heavy metals, radionuclides, organic compounds or salts. It consists in using plants capable of absorbing, degrading or stabilizing pollutants in their tissues or in the soil such as *Spirogyra* (*Spirogyra* sp) which can have an allelopathic activity, that is to say that they produce chemical substances that influence the growth and development of other organisms. *Spirogyra* can also extract salts from soil and water by a process called phytodesalination with the help of a pea plant, which are legumes that can fix atmospheric nitrogen thanks to symbiosis with bacteria of the genus *Rhizobium*. They can also tolerate some salinity of soil and water, but their growth and yield are affected by high salt concentrations.

- **Keywords:** Salinity, Water, Soil, *Spirogyre* (*Spirogyra* sp), phytoremediation.

ملخص:

الملوحة هو مشكلة بيئية رئيسية تؤثر على عدد متزايد من مناطق العالم ، وغالبًا ما ترتبط بالإجهاد المائي ، فهي تقلل من المساحات الزراعية وتهدد التوازن الغذائي العالمي. وتعتبر ملوحة التربة واحدة من أهم القيود البيئية التي تحد من الإنتاج النباتي في المناطق القاحلة. يظهر الملوحة كنتيجة لعمليات معقدة مختلفة لإعادة توزيع الملح المرتبط بالوظيفة الهيدرولوجية للبيئة تحت تأثير الري والصرف ، وفي المناطق المتوسطة ، فإن ملوحة التربة ومياه الري هي أحد العوامل المحددة لإنتاجية النباتات والإنتاج الزراعي. وبالتالي ، فإن الجفاف هو أحد العوامل الرئيسية المحددة للمحصول ، وغالبًا ما يرتبط نقص الماء بضغوط أخرى غير حية مسؤولة عن خسائر كبيرة في المحصول .

فعلا ، فإن الزيادة في ملوحة التربة تؤثر على الإنبات ونمو الشتلات وحيويتها والمرحلة الخضرية والإزهار والتكوين إلى درجات مختلفة ، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى انخفاض في الإنتاجية والجودة. للإنتاج للقضاء على هذه المشكلة ، نستخدم التحسين النباتي ، وهي تقنية بيئية واقتصادية لتنظيف التربة والمياه الملوثة بالمعادن الثقيلة أو الشعاعية أو المركبات العضوية أو الأملاح. إنه يتكون من استخدام النباتات التي قادرة على امتصاص أو تحلل أو تثبيت الملوثات في أنسجتها أو في التربة مثل الطحالب الدوارة *Spirogyre (Spirogyra sp)* ، التي يمكن أن تكون لها نشاط مضاد للحياة ، أي أنها تنتج مواد كيميائية تؤثر على نمو وتطور كائنات أخرى ، يمكن للطحالب الدوارة أيضًا استخراج الأملاح من التربة والماء من خلال عملية تسمى التحسين النباتي للتحليل بمساعدة نبات البازلاء هي بقولية يمكنها تثبيت النيتروجين الجوي بفضل التكافل مع بكتيريا جنس *Rhizobium*. يمكنها أيضًا تحمل مستوى معين من ملوحة التربة والماء ، لكن نموها وإنتاجها يتأثران بتركيزات عالية من الملح.

الكلمات المفتاحية: ملوحة، الماء، التربة ، الطحالب الدوارة (*Spirogyre (Spirogyra sp)*)، التحسين النباتي.

Table des matières

REMERCIEMENT

DEDICACES

RÉSUMÉ

Introduction générale.....	1
Chapitre I.....	Erreur ! Signet non défini.
Généralité sur Spirogyre(<i>Spirogyra</i> sp).....	3
I.1.Notion sur les algues	4
I.2.Classification.....	4
I.3.Habitat des algues	4
I.4.Conditions de vie des algues	4
I.5.Utilisation des algues en agronomie	5
I.6. <i>Spirogyre</i> (<i>Spirogyra</i> sp) : définition et explication	6
I.6.1. Spirogyre(<i>Spirogyra</i> Sp)	7
I.6.2. Reproduction de la <i>Spirogyre</i> (<i>Spirogyra</i> sp)	8
Chapitre II.....	10
Généralités sur la salinité de l'eau et du sol	11
II.1. HISTORIQUE	11
II.2. Définitions	111
II.2.1 La salinité.....	111
II.2.2 Salinité et sols salés	122
II.2.3. Principaux sels solubles	122
II.2.3.1 Carbonates	122
II.2.3.2 Sulfates.....	122
II.2.3.3 Chlorures.....	122
II.3.1.Origine de la salinité	122

II.3.3.1 Salinisation primaire	122
II.3.3.2 Salinisation secondaires	133
II.4.1. Salinité et plantes	133
II.4.1.1. Définition du stress	134
II.4.1.2 Types du stress	144
II.4.1.2 Le stress biotique	144
II.4.1.3. Le stress abiotiques	144
II.4.1.4. Stress salin	144
II.5.1. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante	155
II.5.1.1 Effets de la salinité sur la germination.....	155
II.5.1.2. Effet osmotique.....	155
II.5.1.3. Effet toxique	155
II.5.1.1 Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	166
II.5.1.2. Effet de la salinité sur le rendement.....	177
II.5.2. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin	177
II.5.2.1. Adaptation morphologique	177
II.5.2.2 Adaptation physiologique.....	177
II.5.2.2 Mécanismes de résistance à la salinité.....	177
II.5. 2.3. Caractéristique des sols salins.....	188
II.6 Importance de la salinité	20
II.7 Classification des sols salins.....	20
II.8 La salinité dans le monde.....	20
II.8.1. Dans l'Algérie :	211
II.9. La «prévention»: le drainage de terres irriguées	211
II.9.1 Lutte contre la salinisation liée à l'irrigation	211
II.9.2. La « guérison » : la réhabilitation des terres salinisées.....	211

II.10. Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique	211
Chapitre III	22
Matériel et méthodes	Erreur ! Signet non défini. 3
III.1. Objectif	23
III.2. Site d'expérimentation	23
III.4. Les facteurs étudiés	23
III.5. Matériel utilisée	24
III.5.1. Matériel de laboratoire	24
III.5.2. Les substrats	244
III.5.3. Matériel végétal	244
III.5.3.1. Caractéristique des variétés de petit pois	25
III.6.Méthode	25
III.6.1. Conduite de l'expérience	25
III.6.2. Le protocole expérimental	25
III.6.3. les parametres de mesure	Erreur ! Signet non défini. 6
III.6.4. Les essais	Erreur ! Signet non défini. 7
6. 5. Les facteurs étudiés	27
Chapitre IV	28
Résultats et Discussion	29
IV.Résultats	29
IV.1. les paramètres de mesure	29
VI.2. Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	29
V1.2.1. La conductivité électrique pour le premier essai (le témoin)	29
V1.2.1.1.. La conductivité électrique pour le deuxième essai	29
1.2.1.2 La conductivité électrique pour le troisième essai	30
1.2.1.3 La conductivité électrique pour le quatrième essai	Erreur ! Signet non défini. 0

1.2.2. La salinité	Erreur ! Signet non défini.	1
1.2.2.1. La salinité pour le premier essai.	Erreur ! Signet non défini.	1
1.2.2.2. La salinité pour le deuxième essai.	Erreur ! Signet non défini.	2
1.2.2.3. La salinité pour le troisième essai.	Erreur ! Signet non défini.	2
1.2.2.4. La salinité pour le quatrième essai.	Erreur ! Signet non défini.	3
1.2.3 LE PH	Erreur ! Signet non défini.	3
1.2.3... Le pH pour le premier essai.....	Erreur ! Signet non défini.	3
1.2.3.2.. Le pH pour le deuxième essai.		<u>33</u>
1.2.3.3. . Le pH pour le troisième essai.	Erreur ! Signet non défini.	4
1.2.3.4.. Le pH pour le quatrième essai.		<u>34</u>
1.2.4. Caractères morphologique		35
1. 2.4.1. La hauteur de la tige		35
1.2.4.2. La hauteur de la tige pour le premier essai en cm.		36
1.2.4.3. La hauteur de la tige pour le deuxième essai.....		36
1.2.4.4. La hauteur de la tige pour le troisième essai		37
1.3. . La hauteur de la tige pour le quatrième essai		37
1.3.1 Discussion des résultats		38
1.3.1.1. Les résultats obtenus au niveau du laboratoire.....		38
1.3.1.2. Résultats obtenus de la conductivité électrique, la salinité		38
1.3.1.3. La conductivité électrique (CE).....		38
1.3.1.4. La salinité		38
2. Le Ph.....		39
2.1.1..1. Analyse de la variance		39
2.1.1.2 A.Conductivité.....	Erreur ! Signet non défini.	0
2.1.1.3 B.La salinité.....		40
2.2. Les caractères morphologiques.....		40

DISCUSSION	41
Conclusion	43
Références bibliographiques	45
les annex	51

Liste des Figures

Figure I-1	Micro-algues (Chlorella) sous microscope (Ainane,2011)	3
Figure I-2	Algue spirogyre avec chloroplastes en hélice au microscope (x40) (etudiantes,2023)	7
Figure I -3	Photo de la Spirogyra sp. en aquarium d'eau douce (Anonyme 2023).	8
Figure II-1	Destruction de la structure du sol due à l'excès de sodium (Source:Soil Atlas of Europe ,2009)	11
Figure II-2	Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes.	18
Figure II-3	Carte des zones arides dans le monde (wri, 2002).	20
Figure II-4	Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie (FAO, 2005).	21
Figure III-1	1 :Matériels de laboratoire	24
Figure III-2	Les grains des petits pois variété merveillekalvedon.	25
Figure III-3	Les germes des grains de petits pois.	26
Figure III -4	Schéma représentatif des dispositifs de l'expérimentation	27

Liste des Tableaux

Tableau I. 1	Données scientifiques sur l'algue Spirogyra (Anonyme 2023)	9
Tableau II . 1	Caractéristiques principales des sols salins et sodiques (Maillard, 2001)	19
Tableau III.1-	Dispositif expérimentale	26
Tableau IV. 1	La conductivité électrique pour le 1 ^{er} essai en $\mu\text{s/cm}$.	29
Tableau IV. 2	La conductivité électrique pour le 2 ^{ème} essai en $\mu\text{s/cm}$	29
Tableau IV. 3	La conductivité électrique pour la 3 ^{ème} essai en $\mu\text{s/cm}$.	30
Tableau IV. 4	La conductivité électrique pour la 4 ^{ème} essai en $\mu\text{s/cm}$.	31
Tableau IV. 5	La salinité du 1 ^{ème} essai	31
Tableau IV. 6	La salinité du 2 ^{ème} essai	32
Tableau IV.7	La salinité du 3 ^{ème} essai	32
Tableau IV.8	La salinité du 4 ^{ème} essai	33
Tableau IV. 9	Le pH du 1 ^{ème} essai	33
Tableau IV.10	Le pH du 2 ^{ème} essai	34

Tableau IV.11	Le pH du 3 ^{ème} essai	34
Tableau IV.12	Le pH de 4 ^{ème} essai	35
Tableau IV.13	Hauteur de la tige selon le 1 ^{er} essai cm	36
Tableau IV.14	Hauteur de la tige selon le 2 ^{ème} essai.	36
Tableau IV.15	Hauteur de la tige selon le 3 ^{ème} essais	37
Tableau IV.16	Hauteur de la tige selon le 4 ^{ème} essai	37
Tableau IV.17	Les moyennes globales de la conductivité électrique	38
Tableau IV.18	Les moyennes globales de la salinité.	39
Tableau IV.19	Analyse de la variance de la conductivité électrique pour tout les essais .	40
Tableau IV.20	Analyse de la variance de la salinité.	40

Liste des abréviations

NaCl	chlorure de sodium
Cm	Centimètre
MG/L	MILIGRAME/LITRE
G/ L	GRAMME /LITRE
KCl	chlorure de potassium
CE	CONDUCTIVITES ELECTRIQUE
M ³	mètre au cube
Co ²	dioxyde de carbone
MgSO ⁴	soufre magnésium
SCE	somme de carrées
DDL	degré de libre
CM	care moyenne degré
%	Pourcentage
PH	POTENTIEL d'hydrogene
FAO	food and agriculture organization
ONA	office national d'assainissement
C°	Degré Celsius
Ca	Calcium
Mg	Magnesium
T	Température
Var	Variance
\bar{X}	la moyenne

INTRODUCTION

Introduction générale

La pollution en milieu aquatique et terrestre par la salinité est un problème majeur qui impacte la biodiversité, peut être causée par l'irrigation excessive, l'apport de sel, la sécheresse, la marée montante, salinisation (Mermoud, 2006). Ou d'autres phénomènes naturels. En outre, la salinité de surface de l'eau réduit la qualité de l'eau pour les organismes aquatiques et pour les activités humaines telles que l'agriculture. Les phytoremédiation sont devenue une solution écologique et économique pour la décontamination des sols pollués et l'eau, les microalgues, en particulier *Spirogyra* sp, sont des organismes photosynthétiques connus pour leur capacité à éliminer les contaminants de l'eau et du sol. Leurs propriétés phyto-remédiatrices ont suscité un intérêt croissant pour les utiliser comme solution de dépollution, cette étude vise ainsi à évaluer l'efficacité de *Spirogyra* sp dans la phyto-remédiation de la salinité de l'eau et du sol.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet phyto-remédiateur de *Spirogyra* sp sur la salinité de l'eau et du sol traitées sur la concentration du chlorure de sodium (NaCl) dans la solution du sol à partir de la mesure de pH et la conductivité électrique et les caractères morphologiques d'une culture. Pour la réalisation de ce travail on a opté de le fractionner en deux principales parties. La première partie représente une synthèse bibliographique qui comporte deux chapitres, au premier chapitre on définit toutes les notions qui concernent les algues spécifiquement *Spirogyra* sp, le deuxième chapitre est une synthèse de connaissances sur la salinité du sol et de l'eau, la deuxième partie est une étude expérimentale qui se constitue de deux chapitres, où le chapitre III est une description des méthodes adoptées pour la réalisation des expériences effectuées sur des échantillons de la culture de petits pois de variété au niveau de la serre de l'Université, ainsi que les analyses faites au laboratoire de l'université du 20 Août 1955 Skikda. Au chapitre IV on illustre les résultats obtenus par les expériences et les analyse avec discussion. Enfin on termine notre travail avec une conclusion générale.

CHAPITRE I

Chapitre I : Généralités sur le Spirogyre (*Spirogyra sp*)**I.1. Notion sur les algues**

Les algues présentent un ensemble de végétaux photosynthétiques très divers et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé « thalle », elles ont des dimensions et des formes très changeable. Certaines sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur, mais elles ont toutes des caractères communs (Ainane, 2011).

Les micro algues sont des microorganismes aquatiques unicellulaires eucaryotes de forme, ellipsoïde ou ronde, elles se trouvent dans tous les habitats aquatiques, marins ou d'eaux douces. Les micro algues caractérisées principalement par l'absence de racines et de feuilles mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments pour réaliser la photosynthèse (Kouissi, 2020) .

Les macro-algues sont les grandes algues et algues géantes. c'est les algues pluricellulaires, sont composées de plusieurs cellules associées sous forme de filaments ou de lames, et peuvent mesurer plusieurs mètres, et sont fixées sur un substrat rocheux à travers des crampons qui sont souvent recouverts de sécrétions riches en polysaccharides . Ces macro-algues peuvent, elles-mêmes, constituer un substrat pour de nombreuses communautés animales (Kouissi, 2020).

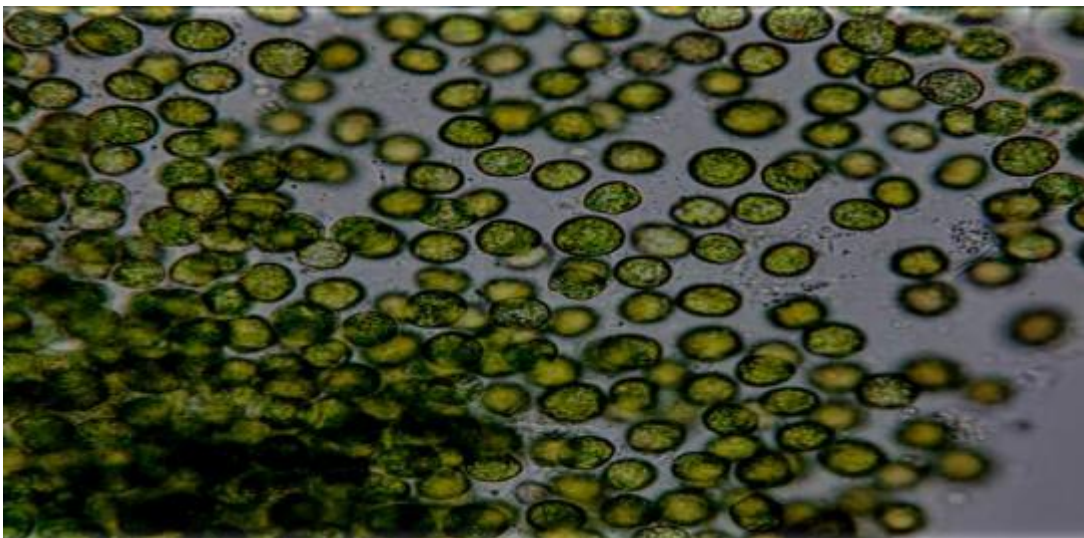


Figure I. 1 Micro-algues (*Chlorella*) sous microscope (Ainane, 2011)

I.2. Classification

Les algues constituent en réalité un vaste ensemble hétérogène d'embranchements très distincts les uns des autres. La distinction entre ces différents embranchements d'algues est faite d'après des caractères d'ordre cytologique et biochimique ainsi que des différences de structure et de mode de reproduction. En dehors de nombreuses formes unicellulaires, on trouve des algues pluricellulaires formant des thalles sans feuilles, ni tiges, ni racines, ni vaisseaux conducteurs. Les algues d'eau douce comprennent un peu plus de 1100 genres et environ quatorze mille espèces répartis dans le monde (Gaël,2005).

De manière générale, les algues regroupent quatre groupes qui sont différenciées par rapport à la couleur, Chaque groupe contient des classes, et chaque classe contient des centaines d'espèce (Alem, 2015) ;

- Les algues bleues (cyanobactéries ou cyanophytes)
- Les algues rouges (Rhodophycées)
- Les algues brunes (Phéophycées)
- Les algues vertes (Chlorophycées)

I.3. Habitat des algues

Les algues sont liées à l'eau et peuvent dès lors s'installer dans tous les types d'habitat suffisamment éclairés et humides. On peut les retrouver en eau douce, en mer, sur sol humide et même sur la neige. Les algues étant photosynthétiques, elles sont dépendantes de la présence de la lumière. Aussi, Les algues nécessitent d'être fixées à un substrat, par conséquent, la texture, le degré de cohésion et la nature chimique du substrat ont une importance sur leur écologie (Salhi& Boussaha,2019).

I.4. Conditions de vie des algues

Les algues sont des végétaux photosynthétiques, la lumière est un facteur fondamental qui se fait indispensable à leur vie. Cette énergie lumineuse est alors convertie en énergie chimique (Salhi& Boussaha,2019).

La température serait le second facteur physique le plus important mais reste le principal modulateur pour une même disponibilité lumineuse (François,2009).

Les algues nécessitent d'être fixées à un substrat, par conséquent, la texture, le degré de cohésion et la nature chimique du substrat ont une importance sur la répartition spatiale des espèces (Ainane,2011).

I.5.Utilisation des algues en agronomie

Les algues sont actuellement de plus en plus utilisées sous forme d'extraits liquides. Les premières pulvérisations foliaires d'extraits d'algues sur les plantes ont eu lieu en 1950, époque où le concept de nutrition des plantes était encore fondé sur le principe que les racines étaient les organes d'absorption des éléments minéraux du sol et les feuilles ceux de l'assimilation carbonée (Babaoumail, 2014) . Bien que la nutrition foliaire soit déjà utilisée à cette époque pour corriger les carences en oligoéléments, elle ne s'est développée dans le cadre de la fertilisation générale des plantes que vers les années 1960, favorisant la vente d'extraits d'algues. Depuis cette époque, de nombreux essais ont été entrepris pour montrer l'efficacité de ces produits. Toutefois, beaucoup d'articles ont été écrits dans un intérêt plus commercial que scientifique, et doivent donc être considérés avec prudence. Divers effets phytoactifs de ces extraits d'algues marines ont cependant pu être mis en évidence malgré des résultats parfois irréguliers (Babaoumail, 2014).

Une synthèse bibliographique des effets observés suite à l'application de ces extraits sur les plantes cultivées a été réalisée par (Jolivet et al. 1991).

De nombreux effets bénéfiques y sont rapportés, tel l'amélioration du taux de germination, l'augmentation des rendements, l'augmentation de la résistance au froid, à certaines maladies, l'intensification de l'absorption des éléments minéraux du sol ou encore la durée de conservation des fruits (Babaoumail,2014).

Le deuxième type de composants, les éléments minéraux et acides aminés, revêt une importance pour la nutrition humaine et la nutrition des plantes (dans le cas d'amendements organiques). En effet, la richesse de ces organismes en oligo-éléments et en vitamines suscite un intérêt grandissant dans les pays occidentaux (Bruneton, 1993).

Les bétaines, dérivées d'acides aminés, sont des molécules osmo-compatibles dont on a montré les effets bénéfiques lors de leur application sur les plantes pour l'adaptation au stress thermique, hydrique et salin (Babaoumail, 2014).

Les sucres simples dominants sont fréquemment des polyols : D-mannitol et le Dsorbitol.

Il s'agit souvent de composés osmo-compatibles pour les cellules, résultant d'une adaptation au milieu salin. Le mannitol a également des propriétés chélatantes exploitables pour la nutrition minérale des plantes.

Utilisation des algues en protection des végétaux :(Mercier et al. 2001) ont ainsi pu montrer que les carraghénanes (polysaccharides constitutifs des parois cellulaires de diverses algues rouges) avaient un effet identique à celui de l'éliciteur connu de *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* sur des plants de tabacs. L'alaminarine (-1,3- glucane) s'est avérée être un éliciteur chez le tabac et augmenter la protection des feuilles de tabac envers la bactérie pathogène *E.carotovora* (Klarzynski et al., 2000) ; (Aziz et al. 2003) ont également pu mettre en évidence la fonction élicitrice de ce polysaccharide de réserve chez la vigne et ont pu montrer l'induction de la protection envers des pathogènes (en particulier *Botrytis cinerea* et *Plasmopara viticola*). De par cette fonction élicitrice, les extraits d'algues pourraient devenir un allié important dans la protection des cultures, dans un contexte grandissant de préoccupation de l'environnement (Babaousmail,2014).

Les algues marines ouvrent de nombreuses perspectives pour la recherche et pour de nombreux secteurs économiques, la santé, l'alimentation, les biocarburants de seconde et surtout, l'environnement et l'industrie aussi d'autres activités comme la cosmétique (Ainane,2011)

I.6.Spirogyra : définition et explication

Une Spirogyra désigne une algue verte d'eau douce, une algue filamenteuse. Là Spirogyre est une algue Charophyte non ramifiée avec des cellules ensachées de bout en bout dans de longs filaments du système reproducteur connecté. Ce genre d'algues vertes subit un cycle de vie haploïde-dominant (Charophycées). Les spirogyres profitent d'un déséquilibre chimique de l'eau pour croître rapidement, devenant envahissantes en quelques jours seulement. Le préfixe spiro résulte de l'ordonnement des chloroplastes de l'algue en spirale ou en hélice.

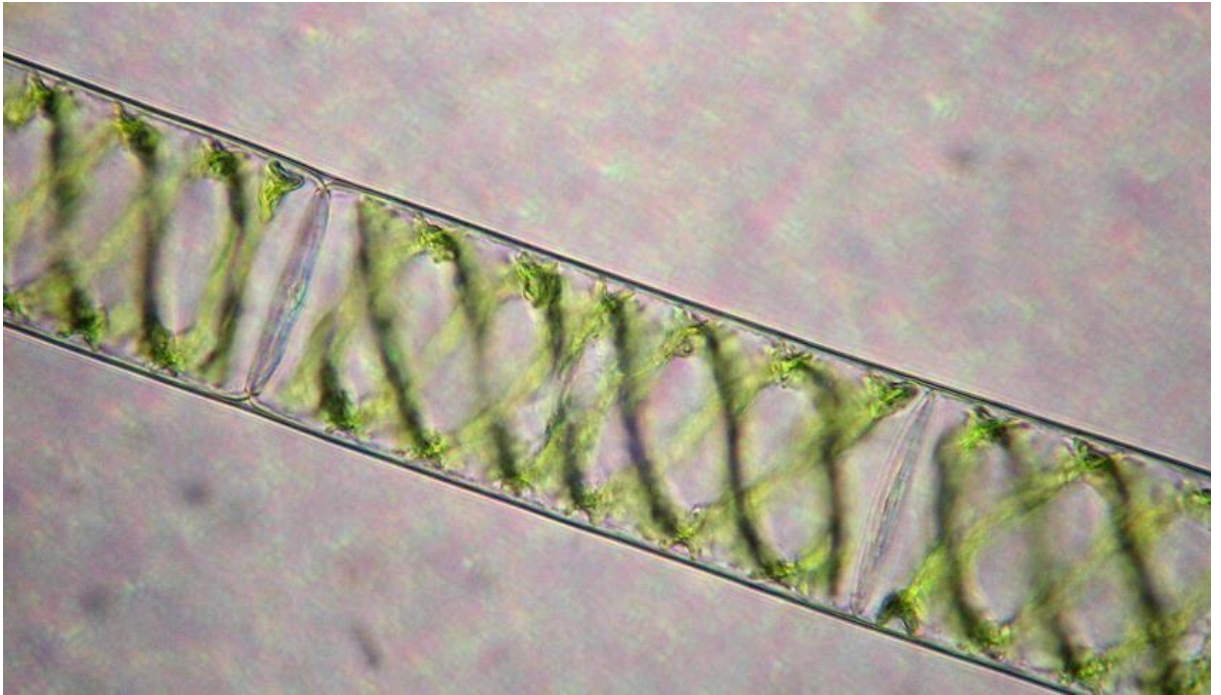


Figure I. 2Algue spirogyre avec chloroplastes en héliceau microscope (x40)
(etudiantes,2023)

I.6.1. Spirogyre (*Spirogyra sp*)

Les spirogyres *Spirogyrasp.*, un genre d'algue filamenteuse proche de l'euglène, des algues vertes dont le nom dérive de l'hélice ou spirale de l'arrangement des chloroplastes, caractéristique diagnostiquant le genre.

Les algues filamenteuses *Spirogyrasp.* sont couramment trouvées dans l'eau douce des zones polluées, et il y a plus de 400 espèces de *Spirogyra* dans le monde. Il est impossible, à l'oeil nu, de distinguer ces espèces, car une spirogyre mesure environ 10 à 100 μm de largeur mais peut s'étirer sur plusieurs centimètres de long (anonyme 2023).

Les algues *Spirogyra sp.* poussent sous l'eau, mais seulement quand il y a assez de soleil et de chaleur pour qu'elles produisent de grandes quantités d'oxygène via un phénomène photosynthétique, et en adhérant comme des bulles entre les filaments enchevêtrés.

En aquarium, cette algue filamenteuse verte résulte d'une dérive des plusieurs paramètres physico-chimiques, s'éloignant particulièrement des taux recommandés par le rapport et concept de Redfield. Ce n'est pas seulement 1 élément qui ne convient pas mais la mauvaise association de plusieurs éléments différents, parfois sans lien direct, qui favorise la croissance de cette algue verte. Toutefois, cette algue survient souvent dès que l'aquarium est

en surpopulation, conduisant à une suralimentation non traitable par un système de filtration trop faible et incapable de gérer le trop plein de déchet organique.

Les spirogyres ont l'inconvénient d'envahir les plantes, et d'empêcher leur photosynthèse, conduisant généralement à la mort de la plante aquatique envahie (Anonyme 2023).



Figure I. 3Photo de la Spirogyre (*Spirogyra sp*). en aquarium d'eau douce (Anonyme 2023).

I.6.2. Reproduction de la Spirogyre (*Spirogyra sp*).

La spirogyre peut se reproduire de façon sexuée, mais aussi - rarement - en reproduction asexuée. Dans la reproduction végétative, la fragmentation a lieu, et *Spirogyrasp* subit simplement la mitose intercalaire pour former de nouveaux filaments. La reproduction sexuelle est de deux types (Anonyme 2023) :

Scalariforme, cette conjugaison nécessite l'association de deux filaments différents alignés côte à côte, soit partiellement, soit sur toute leur longueur.

Une cellule à partir de chacun des filaments alignés opposés émet des protubérances tubulaires appelés tubes de conjugaison, qui s'allongent et fusionnent, pour créer un passage appelé le canal de conjugaison. Le cytoplasme de la cellule agissant en tant que mâle se déplace

à travers ce tube et fusionne avec le cytoplasme femelle, et les gamètes fusionnent pour former un zygospore.

En conjugaison latérale, les gamètes sont formés dans un seul filament. Deux cellules adjacentes près de la paroi transversale commune donnent des protubérances appelées tubes de conjugaison, qui forment encore le canal de conjugaison au contact. Le cytoplasme mâle migre à travers le canal de conjugaison, fusionne avec la femelle. Le reste du processus se déroule comme la conjugaison scalariforme.

La différence essentielle est que la conjugaison scalariforme se produit entre les deux filaments et une conjugaison latérale se produit entre deux cellules adjacentes sur le même filament (Anonyme 2023).

Tableau I.1 : Données scientifiques sur l’algue Spirogyra (Anonyme 2023)

Taxonomie	Origine géographique
RÈGNE: Plantae	HABITAT NATUREL: Cosmopolite
CLASSE: Zygnematophyceae	CONTINENT D'ORIGINE:
ORDRE: Zygnematales	ABONDANCE:
FAMILLE: Zygnemataceae	Maintenance de <i>S. sp</i> :
GENRE: Spirogyra	MAINTENANCE: facile
ESPÈCE: sp	TAILLE: 2,0 à 8,0 cm
RANG: Espèce	
DESCRIPTEUR: Link	
ANNÉE DESCRIPTION: 1820	
NOM SCIENTIFIQUE: <i>Spirogyra sp</i>	
NOMS COMMUNS: (fr) Spirogyre	
Statut de conservation	
STATUT IUCN: Non évalué (NE)	

CHAPITRE II

Chapitre II : Généralités sur la salinité de l'eau et du sol

II.1. HISTORIQUE

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (Zid et Grignon, 1991).

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie. Cette salinisation peut aussi provenir d'une irrigation le plus souvent mal contrôlée (Ben Naceur et *al.* 2001 ; Hassani et *al.* 2008)



Figure II. 1: Destruction de la structure du sol due à l'excès de sodium (Source: Soil Atlas of Europe ,2009)

II.2. Définitions

II.2.1 La salinité

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solutions du sol » (Imalet, 1979). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (Carter, 1975). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (Sun et *al.*, 2007).

II.2 .2 Salinité et sols salés

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles dans le sol, ou lorsque les concentrations en sodium(Na^+), Calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990). Elle est fréquente dans les écosystèmes arides et semi-arides et résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégularité et une insuffisance de pluviométrie (Taji et *al*, 2002).

II.2.3. Principaux sels solubles

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

II.2.3.1 Carbonates

Les plus rencontrés sont le carbonate de sodium (Na_2CO_3), bicarbonate de sodium (NaHCO_3), carbonate de calcium (CaCO_3) et le carbonate de magnésium (MgCO_3) (Aubert, 1982).

II.2.3.2 Sulfates

Les plus fréquents sont, le sulfate de magnésium (MgSO_4), sulfate de sodium (NaSO_4) et le sulfate de calcium (CaSO_4) (Aubert, 1982).

II.2.3.3 Chlorures

Principalement le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium(CaCl_2) et chlorure de magnésium (MgCl_2) ce sont les plus solubles et fortement toxique (Aubert, 1982).

II.3.1. Origine de la salinité

La salinisation des terres est à 80% d'origine naturelle. On parle alors de salinisation "primaire", due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes (Bryssine, 1961). Alors que 20% des terres salinisées ont une origine "anthropique". On parle alors de la salinisation "secondaire", induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation (FAO, 2008).

II.3.3.1 Salinisation primaire

On parle d'une salinisation naturelle (chamekh, 2010), lorsqu'elle est le résultat de l'accumulation des sels sur une longue période de temps, dans le sol ou dans les eaux souterraines (Antipolis, 2003). Provenant de l'altération de la roche mère saline par les facteurs

d'érosion, la dissolution par les eaux de ruissellement des roches sédimentaires qui sont riches en chlorures, sulfate et carbonate, ainsi que provoquée par l'eau de pluie souvent acide (H_2CO_3), mais aussi par des agents physiques (Hammou, 2010).

II.3.3.2 Salinisation secondaires

Résultat d'activités agricoles sur un sol déjà formé (Maniguet, 2003). Qui modifient l'équilibre du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration) (Noomene, 2011). Les causes les plus communes sont le défrichage et le remplacement de végétation pérenne par les cultures annuelles ainsi que les systèmes d'irrigation utilisant l'eau riche en sels ou ayant un drainage insuffisant (Antipolis, 2003).

II.4.1. Salinité et plantes

II.4.1.1. Définition du stress

Le terme de «stress» a été inventé par Hans Selye en 1935. Ce dernier a défini le stress comme une «réponse non spécifique de l'organisme à toutes sollicitations» le mot «Stress» d'origine anglaise, il était employé en mécanique et en physique qui voulait dire «Force, poids, tension, charge ou effort» ce n'est qu'en 1963 Hans Selye utilise ce mot en médecine et le définit comme étant «des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréables». La plante dans son environnement est exposée aux différentes contraintes biotiques et abiotiques. La contrainte abiotique est le résultat des différentes conditions environnementales que ce soit climatique et édaphiques défavorables à la croissance des plantes (Munne-bosch et Alegre, 2004). La plante du fait qu'elle ne peut pas se déplacer, elle doit s'adapter à ces conditions stressantes de manière à réduire leurs impacts sur son bon fonctionnement (Lexer, 2005). Un stress abiotique est toute condition environnementale défavorable empêchant la plante de se développer normalement et de se reproduire (Kotchouni et al. 2006).

Ce stress peut être induit par une forte salinité (Parker et al. 2006), des hautes températures (Majoul et al. 2003), des basses températures (Renauld et al. 2004) de la lumière (Phee et al. 2004), des métaux (Sarry et al. 2006), d'un stress oxydatif (Couee et al. 2007), de la pollution et du déficit nutritionnel (Munne-bosch et Alegre, 2004) ou d'une combinaison entre eux (Langridge et al. 2006).

II.4.1.2 Types du stress

II.4.1.2 Le stress biotique

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

II.4.1.3. Le stress abiotiques

Provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes et la salinité. Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue : les inondation, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de lumière qui stimule la photo inhibition, le cas de faible éclaircissement, les radiations U.V, les composés phyto-toxiques comme l'ozone qui est un haut réacteur oxydant, la pollution de l'air, les produits oxydés formés à partir des réactions de pesticides.

La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phréologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante (Shilpi et Narendra., 2005).

II.4.1.4. Stress salin

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier mais pas exclusivement les ions Na^+ et Cl^- (Hopkins, 2003). La présence d'une importante quantité de sels réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (Tremblin, 2000).

Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de quatre types d'effets que le sel provoque chez les plantes:

✓ **Stress hydrique** : Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol (Alam, 1994).

✓ **Stress ionique** : En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus, perturbe l'activité métabolique (Alam, 1994). **Stress nutritionnel** : Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium Na^+ entre en compétition avec le potassium K^+ , et le calcium Ca^+ , et le chlore Cl^- avec le nitrate NO_3^- , le phosphate P^+ avec le sulfate SO_4 (Alam, 1994). **Stress oxydatif** : Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif (Hernandez et al., 2001), c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées (Azevedo et al., 2006), qui endommagent les structures cellulaires (Smirnov, 1993). Qui sont ces derniers sont à l'origine des dysfonctionnements de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques (Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005).

La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions super oxyde (Azevedo et al., 2006).

II.5.1. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante

II.5.1.1 Effets de la salinité sur la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (Boulaghlagh et al., 2006). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda et Haddioui, 2011). Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (Ismail, 1990).

II.5.1.2. Effet osmotique

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

II.5.1.3. 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).

II.5.1. Effet de la salinité sur la croissance et le développement l'exposition des plantes au stress salin débute habituellement avec l'exposition des racines à ce stress

Etant donné, que la salinité dans le sol affecte la disponibilité des éléments nutritifs et de l'eau, en créant un stress osmotique, c'est la sécheresse physiologique, en provoquant la réduction générale de la croissance des plantes (Munns et Tester, 2008). Selon (Munns et al., 2006), l'inhibition de la croissance est due à deux raisons, tout d'abord, la présence de sel dans la solution du sol qui réduit la capacité de la plante à absorber l'eau, et cela conduit à une croissance plus lente, par effet osmotique et à des quantités de sel dans le flux de transpiration qui endommagent les cellules foliaires responsables de la transpiration qui réduit encore la croissance

Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs, à savoir :

➤ La concentration élevée en Na^+ et Cl^- diminue l'absorption de Ca^{2+} , l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne également d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^+ et PO_4^{4-} dans la plante (Levitt, 1980).

➤ La perte de turgescence des cellules due au stress osmotique, induit par les solutés externes (Serrano et Gaxiola, 1994).

➤ L'utilisation des composés carbonés et azotés à des fins de protection et d'osmorégulation aux dépens de leurs implications dans la production de biomasse (Alarcon et al., 1994).

➤ Le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels, comme le K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- en liaison avec cette accumulation excessive (Haoualla et al., 2007).

II.5.1.1 Effet de la salinité sur la photosynthèse

La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (Tremblin et Coudret, 1986) par l'imposition d'un stress osmotique (Hayashi et Murata, 1998). La salinité réduit la vitesse photosynthétique suite à une diminution de la conduction stomatique de CO_2 (Santiago et al., 2000). En effet, la déshydratation des membranes cellulaires réduit leur perméabilité au CO_2 ce qui réduit l'approvisionnement en CO_2 des cellules, à la sénescence accrue induit par la salinité et au changement dans l'activité des enzymes photosynthétiques (Parida et Das, 2004).

II.5.1.2. Effet de la salinité sur le rendement

L'effet de la salinisation sur les végétaux est semblable à celui de la sécheresse, à mesure que la concentration des sels dissous augmente, la capacité des racines d'absorber à fois l'eau et l'élément nutritifs diminuent. A des concentrations élevées de sels, la croissance normale des plantes cultivées est limitée et le rendement des cultures est réduit (Wiebe et al,2001).

II.5.2. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (Piri et al, 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin, qui diffèrent selon la catégorie de la plante (Berthomeu et al,2003).

II.5.2.1. Adaptation morphologique

La salinité est connue pour affecter de nombreux aspects des plantes et d'induire de nombreux changements dans leur morphologie. La morphologie et la structure des halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau, les caractères associées à cette adaptation sont:

- Une cuticule épaisse ;
- Des stomates rares (Heller et al, 1998); Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl (Luttge et al, 2002).
- Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (*Suaeda*) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (*Salicornia*) (Lemee, 1978).

II.5.2.2 Adaptation physiologique.

II.5.2.2 Mécanismes de résistance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans les conditions de stress salin (Piri et al, 1994).

➤ Exclusion

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na⁺ (Genoux et al , 1991).

➤ **Inclusion**

La plante retient le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. (Berthomieu et al, 2003).

➤ **La réexcrétion**

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

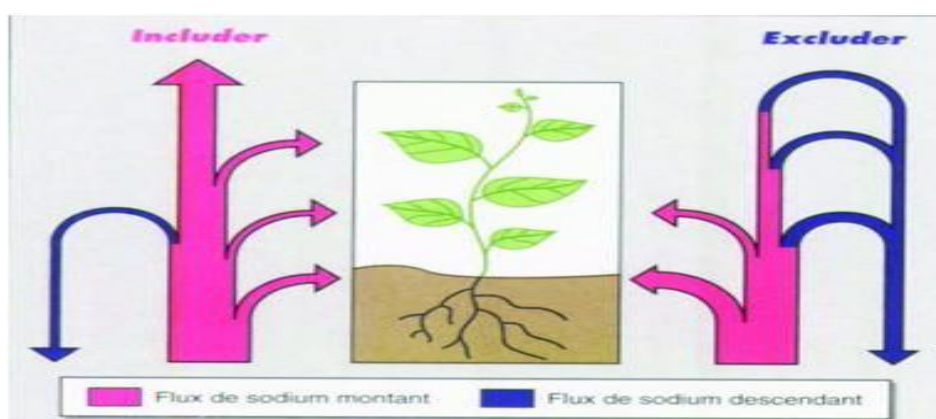


Figure II. 2: Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes.

II.5. 2.3. Caractéristique des sols salins

La formation des sols salés est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ . Sous l'une ou l'autre de ses formes: saline (NaCl , Na_2SO_4) ou échangeable, parfois les deux.

Les sols salés sont riches en sels solubles (Sols salins) ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) :

Les sols salins (Solontchaks) ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl chlorure de Sodium, Na_2SO_4 sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi - arides. Les sols alcalins (Solonetz) sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na_2CO_3 principalement) les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi-aride et subhumide. Ces deux types de sols ont en fait des propriétés chimiques et physiques distinctes, d'où des effets sur les plantes, des

traitements pour leur remise en valeur, une distribution géographique et une qualité des aquifères adjacents différents (Maillard, 2001)

Tableau II .1 Caractéristiques principales des sols salins et sodiques (Maillard, 2001).

Caractéristiques	Sol salin	Sol sodique (alcalin)
Chimiques	-Déminé par des sels solubles neutres Chlorure et Sulfates de Sodium Calcium et Magnésium Un pourcentage de Sodium échangeable inférieur à 5%	-Peut de sels solubles neutres mais des quantités généralement appréciables de sels capables d'hydrolyses alcalines telles que les carbonates de Sodium (Na_2CO_3) -Un pourcentage de Sodium échangeable à 5%
Chimiques	- Le pH de l'extrait de sol saturé généralement moins de 8,2	-Le pourcentage de l'extrait de sol saturé est plus de 8,2 atteignant souvent 9 ou 10
Physiques	- Conductivité électrique à 25°C CE >4Ms/cm	- Conductivité électrique à 25°C CE <4Ms/cm
Physique	-En présence excessive de sels solubles neutres, la fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	-Un excès en sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol
	-La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols « normaux ».	-La perméabilité à l'eau et à l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du sodium échangeable
Distribution Géographique	-Les sols salins dominent dans les régions arides à semi-arides.	-Les sols alcalins se trouvent Principalement dans les régions semi-arides et sub – humides

II.6 Importance de la salinité

La salinité peut suivant la dose de sel avoir un effet stimulateur sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été démontré par (Rudolfs in Bidai,2001).

La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance des quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSO_4 , de Na Cl , de MgSO_4 et de NaCO_3 (Asloum., 1990).

II.7 Classification des sols salins

Il existe plusieurs classifications américaine, française, russe et celle de la FAO 1972. Parmi ces classifications, Du chauffour, (1977) et Cherbuy, (1991) ont classé les sols salins en trois grandes classes :

- Sols salins
- Sols salins à alcalins.
- Sols alcalins.

II.8 La salinité dans le monde

Sur la superficie totale des terres mondiales, la zone hyper-aride couvre 4,2 %, la zone aride 14,6 % et la zone semi-aride 12,2 %. Ainsi, près d'un tiers des terres du monde est constitué de terres arides. Au nord du Sahara, celles-ci occupent plus de 600.000 Km^2 dont 34% en Algérie, 31% en Lybie, 19% au Maroc, 11% en Tunisie et 5% en Egypte (Le Houéroux, 1995 in Maalem et Rahmoune, 2009).

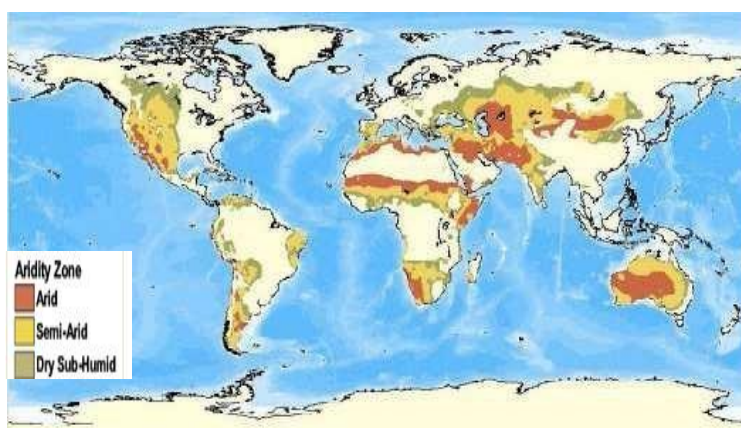


Figure II. 3: Carte des zones arides dans le monde (wri, 2002).

II.8.1. Dans l'Algérie :

La classification bioclimatique d'Emberger et sauvage a été largement adoptée en régions méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi aride, sub- humide et humide (Figure 4).

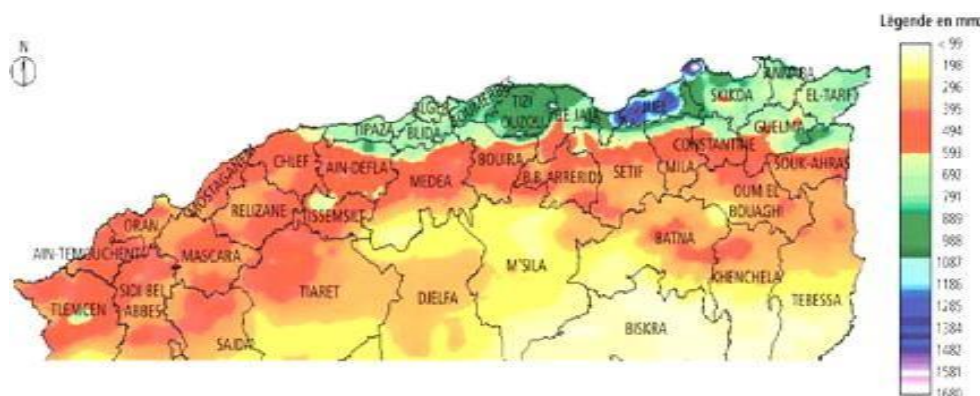


Figure II. 4: Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie (FAO, 2005).

II.9. Lutte contre la salinisation liée à l'irrigation

II.9.1. La « prévention » : le drainage des terres irriguées

Le drainage permet d'éviter la concentration des sels qui diminueraient les potentialités productives de terres irriguées mais génère des effluents qu'il faut gérer. Les externalités associées à la salinisation ne sont pas immédiates : en général, il faut au moins une décennie pour qu'elles se manifestent (baisse des rendements, ect.) (FAO, 2006).

II.9.2. La « guérison » : la réhabilitation des terres salinisées.

La réhabilitation des terres salinisées est coûteuse : elle peut représenter de 65% à 100% des coûts d'investissement. Elle est parfois impossible techniquement (FAO, 2006).

II.10. Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique

- L'abaissement du niveau de la nappe grâce à : a) la surélévation des terres.
- b) la surélévation des drainages artificiel souterrain horizontal.
- c) la réhabilitation par modification des pratiques culturales : jachère et travail du sol, utilisation de plantes résistantes à la salure
- Le bio drainage (Bochoukh, 2010) .

Chapitre III

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Objectif

Notre travail consiste à étudier l'influence de spirogyre (*Spirogyra sp*) sur la salinité de l'eau et du sol à partir de rendement de la culture de petit pois (Marveille Kalvedon, *Pisum sativum*) et ce, afin de suivre dans un premier temps le comportement de le milieu salin, et dans un deuxième temps, la mise en valeur des sols salés.

III.2. Site d'expérimentation

L'expérimentation a été effectuée au niveau du la serre de l'université de 20 Août 1955 à Skikda, la serre est à une surface qui présente des collectes spécialement conçues pour la culture des plantes fragiles qui sont affectées par les conditions météorologiques extérieures .

L'essai a été placé sous serre ou les conditions uniformes et pour assurer que tous les parcelles sont placées aux mêmes conditions. Et aussi pour qu'elles ne reçoivent pas de l'eau de précipitation.

Les mêmes pratiques culturales sont suivies pour, la mise en place de la culture, pour l'irrigation toutes les parcelles sont irriguées aux même temps et par les mêmes quantités de l'eau la seul différence c'est d'utiliser spirogyre (*spirogya sp*)et le poursantage de NaCl .

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de l'université 20 août 1955 à Skikda, département d'agronomie, ce laboratoire est constitué de plusieurs appareils pour étudier et analyser les sols telles que pH mètre, la conductimètre, la balance. Les échantillons étudiant sont placées sur la même condition exemple : la température, la lumière, et l'humidité.

III.4. Les facteurs étudiés

L'objectif de ce travail est étudier l'effet phyto remediteurs de spirogyre sp sur la salinité de l'eau et du sol par suivie la croissance et la développement du petit pois (Marveillekalvedon)de celle-ci puis modéliser le meilleur résultat, pour plusieurs caractères en savoir :

- Longueur des racines.
- La hauteur de tige.
- Le nombre des feuilles.

III.5. Matériel utilisée

III.5.1. Matériel de laboratoire

conductimètre.

pH-mètre.

Thermomètre. Balance numérique.

- Pipete.
- Boite de pétré.
- Papiermouchoirs.
- bicher
- granumiloumerie



pH mètre



Conductimètre



Balance



Pipete

Figure III. 1:Matériels de laboratoire

III.5.2. Les substrats

- 5g /l- 10g/l Na Cl
- L'eau distillée (témoin).
- Spirogyre (Spirogyre sp)

III.5.3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composée de petit pois variété de Marveillekalvedon (*PisumSativum*).

III.5.3.1. Caractéristique des variétés de petit pois

Le petit pois est une plante Dicotylédone, grimpante herbacée annuelle, famille Des Fabacées (légumineuses) à cycle court, faculté germinative 2 ans, le semis : février-mars, récolte : juin.

Le petit pois est très sensible au Mildiou, L'Oïdium et L'Anthracnose et résiste à la chaleur.

III.6.Méthodes

III.6.1. Conduite de l'expérience

Les graines de petit pois, sont placées pour la germination dans les boîtes de pétri, le substrat se compose de papier mouchoirs inondées avec de l'eau distillé, les cultures sont menées en laboratoire, la température moyenne est ($T=19^{\circ}\text{C}$).

L'expérience a été réalisé au niveau de laboratoire, nous avons germé des grains des petits pois (MarveilleKalvedon) dans les boîtes de pétri le (06 /03/2023) manuellement et elle prend 11 jours (Grâce aux conditions défavorables au niveau de laboratoire tell que la température).

□ après la germination nous avons semis les plantules (17/03/2023) dans Les 16 pots.

III.6.2. Le protocole expérimental

D'abord nous avons germé les grains de petit pois de taille 0,2 g.



Figure III. 2: Les grains des petits pois variété Marveillekalvedon.

Ensuite et après la germination nous avons obtenu des petites plantules de taille moyenne 0,66g.



Figure III. 3: Les germes des grains de petits pois.

III.6.3. les parametres de mesure

Les petites plantules sont cultivées manuellement le 17 /03/2023 à température moyenne de ($T=21^{\circ}\text{C}$) comme celle de suite :

Nous avons préparé des essais à Cinq répétitions comporte des pots en plastique, après la germination des grains on a obtenu des petites plantules de pois puis on a les placée dans l'eau distillée (témoin), l'eau de salin de 5 % Na Cl t de 10%NaCl et dans une solution de spirogyre(spirogyra sp)avec différents doses.

Les solution sont préparés a partir d'eau distillées témoin ,et spirogyre(spirogyra sp) (tableau3).

Tableau III.1- Dispositif expérimentale

solution	Concentration NaCl g/l
NaCl+ Léau distillé	5g/l
NaCl+ Léau distillé	10g/l
NaCl+ Léau distillé +Spirogyre (SpirogyraSp)	5g/l
NaCl+ Léau distillé +Spirogyre(SpirogyraSp)	10g/l

❖ Les essais

- 1^{ère} essai (témoin) : les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NACL) 5g/l
- 2^{ème} essai : les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NACL) 10 g/l
- 3^{ème} essai : les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NACL) 5g/l plus la spirogyre(spirogyrasp)
- 4^{ème}essai:les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NACL) 10 g/l plus la spirogyre(spirogyrasp)

Après l'installation des plantules sur les pots on prend une plantule moyenne et on mesure la longueur de racine et la hauteur de la tige ,l'essai dénommer par S (S1,S2,S3,S4) pour la 1ere essai .

Pour la 2eme C(C1,C2,C3,C4) . LA 3eme B (B1,B2,B3,B4). La 4 eme est M (M1,M2,M3.M4).

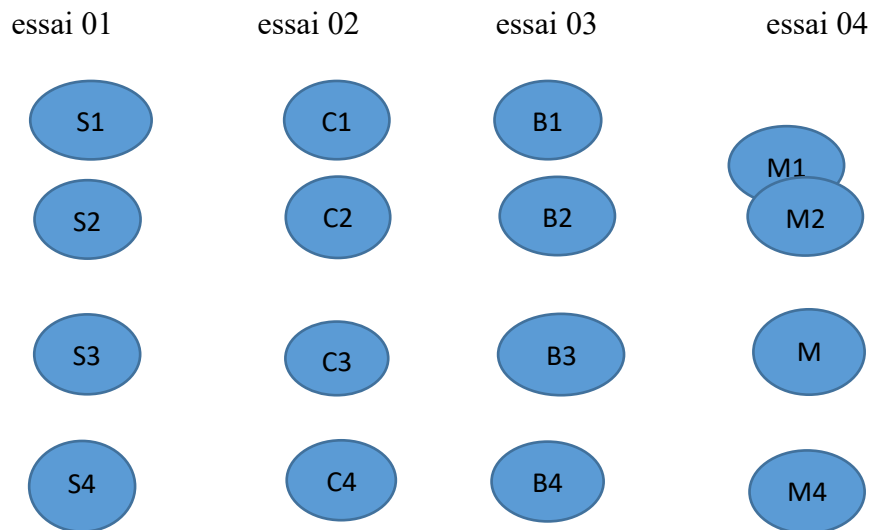


Figure III -4 . Schéma représentatif des dispositifs de l'expérimentation

6. 5 .Les facteurs étudiés

- ✓ L'objectif de ce travail est d'étudiés l'effet phyto remediteur de spirogyres (spirogyrasp) sur la salinité de Léau et du sol .
- ✓ Les analyses physico-chimique de sol : pH, CE, salinité, .

CHAPITRE IV

Chapitre IV : Résultats et discussion.
IV.1 Résultats**IV.1.1 Les paramètres de mesure****1.1 Les conductivités électriques pour le 1er essai**❖ **1er essai (Témoin)**

Selon les résultats obtenus tableau 1, la conductivité électrique moyenne pour la 1^{ère} témoin pour l'ensemble de l'essai (S1, S2, S3, S4) à quatre semaines est 0.33 ms/cm. La variance est 0.021 et l'écart type est de 0,004

TABLEAU IV-1. La conductivité électrique pour le 1^{ère} essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
S1	0.019	0.012	0.034	0.024	
S2	0.015	0.008	0.031	0.022	
S3	0.016	0.0015	0.033	0.026	
S4	0.021	0.0013	0.036	0.023	
\bar{x}	0.017	0.0013	0.037	0.024	0.033
Var	0.008	0.0014	0.006	0.005	0.021
δ	0.004	0.006	0.002	0.002	0.004

1.2 Les conductivités électriques pour le 2^{ème} essai.❖ **2^{ème} essai**

Selon les résultats obtenus tableau 2, la conductivité électrique moyenne pour la 2^{ème} témoin pour l'ensemble de l'essai (C1, C2, C3, C4) à quatre semaines est 1.44 ms/cm. La variance est 0.67 et l'écart type est de 0,019.

TABLEAU IV.2. La conductivité électrique pour le 2^{ème} essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
C1	1.44	1.31	1.33	1.38	
C2	1.45	1.28	1.27	1.34	
C3	1.46	1.26	1.27	1.31	
C4	1.47	1.24	1.25	1.32	
\bar{x}	1.47	1.23	1.26	1.33	1.44
Var	0.115	0.056	0.06	0.24	0.67
δ	0.012	0.007	0.008	0.016	0,019

1.3 La conductivités électrique pour le 3eme essai.

❖ 3eme essai

Selon les résultats obtenus tableau 3 ,la conductivité électrique moyenne pour la 3eme pour l'ensemble de l'essai (B1,B2,B3,B4) a quatre semaines est 2.87ms/cm . la variance est 0.011 et l'écart type est de 0,07 .

TABLEAU IV-3- La conductivité électrique pour le 3eme essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
B1	1.49	1.31	1.33	1.31	
B2	1.48	1.28	1.27	1.26	
B3	1.46	1.26	1.27	1.24	
B4	1.47	1.24	1.25	1.22	
\bar{x}	1.43	1.23	1.26	0.034	2.87
Var	0.113	0.056	0.06	0.023	0.011
δ	0.09	0.006	0.015	0.006	0,07

1.4La conductivités électrique pour le 4eme essai.

❖ 4eme essai

Selon les résultats obtenus tableau 4 ,la conductivité électrique moyenne pour la 4eme pour l'ensemble de l'essai (M1,M2,M3,M4) a quatre semaines est 1.66 ms/cm . la variance est 0.48 et l'écart type est de 0,011 .

TABLEAU IV-4. La conductivité électrique pour le 4eme essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
M1	1.34	1.33	1.39	1.46	
M2	1.35	1.27	1.37	1.44	
M3	1.36	1.25	1.37	1.43	
M4	1.33	1.25	1.35	1.42	
\bar{x}	1.29	1.22	1.33	1.38	1.66
VAR	0.034	0.036	0.22	0.32	0.48
δ	0.09	0.007	0.012	0.10	0,011

1.2.2. La salinité

1.2.2.1. La salinité pour le premier essai.

Le tableau 5 , illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (S1,S2,S3,S4)

associés au témoin. Tel que la moyenne est, la variance est de

0 et l'écart type moyenne est de 0.

Tableau IV.5 : La salinité du 1^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	$\delta\bar{x}$
S1	17.8	16.7	15.5	13,2	0.12
S2	11.6	10,9	9.7	7.6	0.45
S4	9.8	8.7	6.5	5,8	0.32
Var	8.7	6,7	5.6	4.7	

1.2.2.2. La salinité pour le deuxième essai.

Le tableau 6 , illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 0.22, la variance est de 0.18, et l'écart type moyenne est de 0.21.

TableauIV- 6 : La salinité du 2^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	$\delta\bar{x}$
C1	0.00	0.00	0.50	0.10	0.67
C2	1.23	0.00	0.00	0.10	0.32
C3	0.00	0.11	0.00	0.10	0.33
C4	0.00	1.00	0.00	0.20	0.18
Var	0.36	0.26	0.09	0.00	

1.2.2.3. La salinité pour le troisième essai.

Le tableau 7, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 0.72, la variance est de 0.65, et l'écart type moyen est de 0.61.

Tableau IV.7 : La salinité du 3^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
1	1.00	0.10	0.10	3.30	
B2	2.39	0.00	0.10	0.60	
B3	1.30	0.50	0.00	0.90	
B4	1.04	0.00	0.20	0.00	
Var	0.43	0.06	0.01	2.10	0.65

1.2.2.4. La salinité pour le quatrième essai.

Le tableau 8, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (M1, M2, M3, M4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 0.84, la variance est de 0.3, et l'écart type moyen est de 0.57.

Tableau IV.8 : La salinité du 4^{ème} essai

échantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
M1	0.2	1.3	0.4	1.6	
M2	0.4	1.5	0.3	0.9	
M3	0.5	1.2	0.4	0.6	
M4	1.1	0.2	0.1	1.6	
Var	0.17	0.32	0.02	0.27	0.3

1.2.4. Le pH

1. 2.4.1. Le pH pour le premier essai.

Le tableau 9, illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (S₁, S₂, S₃, S₄) associés au témoin. Tel que la moyenne est 6.65, la variance est de 0.06, et l'écart type moyen est de 0.23.

Tableau IV. 9: Le pH du 1^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
S1	6.82	6.49	6.28	6.63	
S2	6.64	6.7	6.95	6.73	
S3	6.33	7.13	6.31	6.81	
S4	6.35	6.66	6.82	6.77	
Var	0.06	0.07	0.12	0.01	0.06

1.2.4.2. Le pH pour le deuxième essai.

Le tableau 10, illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, 2g/l). Tel que la moyenne est 7.04, la variance est de 0.05, et l'écart type moyen est de 0.21.

Tableau IV.10 : Le pH du 2^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
C1	7.95	7.45	6.26	7.17	
C2	7.45	7.15	6.34	7.03	
C3	7.29	6.98	6.24	7.37	
C4	7.32	7.06	6.58	6.96	
Var	0.09	0.04	0.02	0.03	0.05

1.2.4.3. Le pH pour le troisième essai.

Le tableau 11, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 4g/l). Tel que la moyenne est 6.56, la variance est de 0.03, et l'écart type moyen est de 0.18.

Tableau IV.11 : Le pH du 3^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
B1	6.30	6.39	6.38	7.02	
B2	6.30	6.39	6.41	6.81	
B3	6.15	6.79	6.43	6.90	
B4	6.44	6.27	6.81	7.18	
Var	0.01	0.05	0.04	0.03	0.03

1.2.4.4. Le pH pour le quatrième essai.

Le tableau 12, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (M1,M2,M3,M4) associés à (Na Cl, 6g/l). Tel que la moyenne est 0.66, la variance est de 0.07, et l'écart type moyen est de 0.25

Tableau IV.12 : Le pH de 4^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
M1	6.8	6.34	6.76	6.93	
M2	6.44	6.34	6.68	6.77	
M3	6.45	6.76	6.12	6.82	
M4	6.7	6.26	6.12	7.3	
Var	0.03	0.05	0.12	0.06	0.07

1.3. Caractères morphologique

Les résultats relatifs des caractères morphologiques de l'ensemble des essais sont présentés par :

1.3.1 La hauteur de la tige

1.3.1.1. La hauteur de la tige pour le premier essai en cm.

Le tableau 13, illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure la hauteur de la tige pour l'ensemble des essais (S₁, S₂, S₃, S₄) associés au témoin. Tel que la moyenne est 23.76cm, la variance est de 29.25, et l'écart type moyen est de 4.66.

Tableau IV.13 : Hauteur de la tige selon le 1^{er} essai cm

échantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
S1	1	33,5	33	19	
S2	1.5	32	25.5	35	
S3	2	36.2	39	27	
S4	6	33.6	39	17	
Var	5.22	3.04	41.06	67.66	29.25

1.3.1.2. La hauteur de la tige pour le deuxième essai.

Le tableau 14, illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 38.62cm, la variance est de 18.37, et l'écart type moyen est de 3.44

Tableau IV.14 : Hauteur de la tige selon le 2^{ème} essai.

Echantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
C1	13	38	40	64	
C2	11	30	37	60	
C3	16	36	40	61	
C4	15	40	52	65	
\bar{x}	13.75	36	42.25	62.5	38.62
Var	4.91	18.66	44.25	5.66	18.37

1.3.1.3. La hauteur de la tige pour le troisième essai.

Le tableau 15, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 41.12cm, la variance est de 31.08, et l'écart type moyen est de 4.92.

Tableau IV.15: Hauteur de la tige selon le 3^{ème} essais

échantillonnage	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
B1	18	31	42.5	61	
B2	27	42	50	59	
B3	22	39	38	60	
B4	17	42	45.5	64	
Var	20.66	27	72	4.66	

1.3.1.4. La hauteur de la tige pour le quatrième essai.

Le tableau 16, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (M1,M2,M3,M4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 43.3cm, la variance est de 28.77, et l'écart type moyen est de 4.81.

Tableau IV.16 : Hauteur de la tige selon le 4^{ème} essai

échantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
M1	17	40,3	35	69	
M2	23	44	49	61	
M3	18	39	50	62	
M4	17.5	42	50	76	
Var	7.72	4.68	54	48,66	

2. Analyses des résultats

Pour une bonne lecture des résultats on a regroupé les tableaux de tous les essais en faisant la moyenne globale des résultats des quatre semaines de mesures.

2.1 Les résultats obtenus au niveau du laboratoire

2.1.1 Résultats obtenus de la conductivité électrique, la salinité

2.1.1.1. La conductivité électrique (CE)

Après toutes les étapes de la germination et la maturation les moyennes de la conductivité électrique maintiennent leur proportionnalité avec le dosage du chlorure de sodium, tel que dans le témoin on remarque une baisse de la moyenne de conductivité électrique, dans deux essais 1 et 2.

- la 3^{ème} essai : les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NaCl) 5g/l plus la spirogyre (spirogyra sp) présente une augmentation de conductivité électrique et après chaque semaine il diminue jusqu'à la 4^{ème} semaine.

4^{ème} essai: les plantules sont irriguées avec l'eau distillée de concentration de (NaCl) 10 g/l plus la spirogyre (spirogyra sp) présente une augmentation de conductivité électrique et après chaque semaine il diminue jusqu'à la 4^{ème} semaine.

Tableau IV.17: Les moyennes globales de la conductivité électrique

Essai	S	C	B	M
Moy± Ecartype	0.33±0.004	1.44± 0.0019	7.87± 0.07	1.66±0.011

Selon (Baba sidi kasi, 2010), Un sol salé, indique la prédominance de Na Cl, ou lorsque les concentrations sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées.

2.1.1.2. La salinité

On remarque qu'au témoin la salinité reste nulle le long de l'expérimentation malgré donc l'apparition d'une faible moyenne de conductivité selon le l'histogramme précédant, ce

qui fait qu'elle est due à des autres ions à part celles des Na^+ et Cl^- , pour les autres dosages les résultats semblent raisonnables, car le sel préexistant dans le sol augmente la salinité selon son dosage, on parle ici du dosage de (Na Cl) dans le sol.

Tableau IV.18 : Les moyennes globales de la salinité.

Salinité				
Essai	S	C	B	M
Moy ±Ecartype	0±0	0.21±0.20	0.72±0.61	0.74±0.55

Toutefois, la forte salinité des eaux et du sol augmente. Pour remédier ce phénomène, cela nécessite d'utiliser spirogyre (spirogyra sp) pour la désalination, peuvent être efficaces.

2.1.2 Le pH

Les résultats de l'acidité mesurée par le potentiel d'Hydrogène (pH) montrent l'effet de l'absence du sel dans le cas de l'irrigation par spirogyre (spirogyrasp), où dans le témoin on remarque une baisse du pH (inférieur à 6.65) ce qui indique un sol dominé par l'acidité un milieu qui se considère indésirable par la majorité des plantes, pour les autres dosages de (Na Cl) le pH fluctue autour de 7 qui est le neutre (ni acide ni alcalin), c'est-à-dire peut d'effet de spirogyre (spirogyrasp) sur l'acidité du sol en la présence du sel dedans.

3. Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de variance donnent une idée préliminaire de l'effet de spirogyre (spirogyrasp) sur la salinité du sol étudiée.

D'après Munns *et al*, (2006) la tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces qui résistent à ce type de stress abiotique que d'autres

Tableau IV.19: Analyse de la variance de la conductivité électrique pour tout les essais .

Sources des variances	DDL	SCE	CM	P	F
Var. répétition	5	423.28	84.65	0.15	4.32
Var .concentration	18	0.23	0.02	/	/
Total	23	423.51	/	/	/

Les résultats de la analyse de la variance (tableau 19 en annexe) montrent qu'il y a une différences signification pour ce paramètre : $P < F$ non significative il a y a autre facteur .

B.La salinité

Tableau IV.20 : Analyse de la variance de la salinité.

Sources des variances	DDL	SCE	CM	P	F
Var. répétition	5	161.15	33,34	0.15	3.67
Var .concentration	18	0.11	0.0008	/	/
Total	23	161.26	/	/	/

$P < F$ non significative il a y a autre facteur .

▪ **Les caractères morphologiques**

Pour les caractères morphologiques, les résultats 3eme et 4eme présentent un nombre des feuilles et des tiges et l'hauteur de tige important par rapport aux essais témoin plus de NaCl (5g/l 10g/l) .

L'étude de l'effet de salinité sur la croissance des plantes a montre que le Na Cl (5g/l 10g/l) affecte la croissance des plante et le nombre des feuilles ,pendant la germination ,l'émergence de radicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu .

L'étude des effets de différentes concentrations de chlorure de sodium sur la croissance a montré que ni la capacité germinative, ni la vitesse de germination ne sont affectées par le sel à une concentration de Na Cl (hajlaoui et al, 2007).

Mais, il y a des concentrations plus élevées, elle deviennent sensible, la variation de nombre des feuilles et des tige est meilleure pour 3ème et 4ème essais à cause de l'effet phyto-remédiateur de spirogyre (spirogyrasp) à diminuer.

DISCUSSION

D'après les résultats nous avons constaté on trouve que la salinité de l'eau et du sol est diminuée à chaque fois on a utilisé spirogyre (*Spirogyra sp*) qui possède des propriétés phyto-remédiateuses. ce qui signifie qu'elle est capable de absorber les ions de sodium et de chlorure présents dans l'eau salée par biais de ses cellules. elle utilise ensuite ces ions pour sa propre croissance et les élimine de l'eau contribuant ainsi à réduire la salinité.

Dans le cas du sol salin, elle joue un rôle similaire. ses racines peuvent absorber les ions salins du sol. en les retenant dans ses tissus, elle aide à réduire la concentration de sels présents dans le sol.

L'effet phyto-remédiateur de spirogyre (spirogyrasp) peut contribuer à restaurer l'équilibre et à améliorer la qualité de l'environnement. cependant, il est important de noter que l'efficacité de spirogyre (spirogyrasp) en tant que phyto-remédiateur peut varier en fonction de facteurs tels que la concentration de sel, la durée d'exposition et les conditions environnementales spécifiques.

Conclusion Générale

Conclusion

L'étude des effets phytoremediteur par spirogyre (*spirogyra sp*) sur la salinité de l'eau et du sol, à l'aide d'une culture de petit pois pour suivre l'étude dans quatre essais pendant quatre semaines et prendre les mesures de conductivité électrique, pH, salinité en parallèles on observées le nombre des feuilles et la taille des tige, nous avons fait beaucoup des essais pour trouver des résultats acceptables, nos résultats ont montré que la spirogyre (*spirogyra sp*) a significativement réduit la salinité de l'eau et du sol qui sont l'essai 3 et 4 avec une variété de nombre des feuilles et de taille de petit pois.

Les résultats d'expérimentations montrent que l'utilisation de la spirogyre (*spirogyrasp*) diminue la salinité de manière contrôlée afin de stimuler la croissance de petit pois c'est à dire adaptées aux milieux salins, ces algues absorbent les ions sodium et accumulent dans leur Corps. ce qui diminue la salinité dans l'eau et sol, cela permet ensuite la croissance de plantes.

Nos observations ont également révélé que la spirogyre (*spirogyra sp*) avait une forte capacité d'adaptation à la salinité.

En conclusion, nos résultats suggèrent que la spirogyre (*spirogyra sp*) peut être utilisée comme un phytoremediteur efficace pour désaliniser l'eau et le sol salin.

Cette algue offre également l'avantage d'être facilement cultivable et peu coûteuse, ce qui en fait une solution attrayante pour les zones arides souffrant de salinité.

Références bibliographique

Références bibliographique

- Ainane Tarik, Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata*, thèse de Doctorat, Université Hassan II Casablanca, Maroc, (2011),
- Alem Mohammed, " Les compléments alimentaires à base d'algues ", Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Rabat, (2015)
- Aziz A., Poinssotb., et al, La minarine licits defenceresponses in grapevineandinduces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmosporaviticola*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16 (12) : 1118-1128,(2003).
- Babaousmail Mahfoud, dentification des algues du Sahara septentrional: L'effet des algues sur le stress salin (cas de la région de Ouargla), Mémoire MasterII, Université KASDI MERBAH OUARGLA, (2014).
- Bruneton J., Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales. pp 41-54. 2^oédition, Lavoisier, Paris,(1993).
- François Doré-Deschênes, " Utilisation des microalgues comme source d'énergie durable",Thèse de Doctorat, Université de Sherbrooke, (2009).
- Gaël Ruiz; Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges; Thèse de doctorat N^o: 58-2005 de l'Université de Limoges; (2005)
- Jolivet e., et al., Les extraits d'algues marines : propriétés phytoactives et intérêt agronomique. *Année Biologique*, 30 :09-126,(1991).
- Klarzynski o., et al., glucans are elicitors of defence response in tobacco. *Plant Physiology* 124 : 1027-1037,2000.
- Kouissifatima, Etude théorique et pratique de la synthèse et de la production des vitamines à partir des algues, Mémoire MasterII, Université KASDI MERBAH OUARGLA, (2020).
- Mercier L, et al., The algal polysaccharide carrageenans can act as an elicitor of plant defence. *New Phytologist*, 149 : 43-51,(2001).
- Salhi Amina & BoussahaChafiq Valorisation de la biomasse algale du l'Algerie : Potentialité pharmacologique,
- Master II, Université kasdiMerbah Ouargla,(2019).

- Anonyme 2023 <https://www.aquaportail.com/definition-13637-spirogyre.html> (consulté le 1 Avril 2023)
- Anonyme2023 <https://www.aquaportail.com/fiche-algue-3461-spirogyra-sp.html> (consulté le 1 Avril 2023)
- Munns, R., Richard, A.J. et Lauchli, A. (2006): Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, n°5, pp. 1025-1043.
- FAO. 2005: Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 p.
- Wri, 2002: World resources institute. drylands, people, and ecosystem goods and services : a web-based geospatial analysis.
- Hassani, A., Dellal, A., Belkhouja, M. et Kaid- Harche, M. (2008) Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare* L) *European Journal of Scientific Research*. Vol.23, n°1, pp.61-69.
- Maalem, S. et Rahmoune, C. (2009) Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some *Atriplex* species. *American- Eurasian Journal of Toxicologic Sciences*. Vol. 1, n°2, pp. 43-49.
- Duchauffour ph. Souchier B., 1977 : Pédologie 1, Pédogenèse et classification. Masson. Paris.
- Cherbuy B., 1991 : Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
- Genoux C., Putzola F., Maurin G., 1991: Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.
- Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A. , Tester M., Very A.A., Sentenac H., Casse F., 2003: Functional analysis of *AtHKT1* in *Arabidopsis* shows that Na^+ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *EMBO Journal*, Vol. 22: 2004-2014.
- Maas E. V et Poss J.A., 1989: Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.*
- Lauchli et Epstein; 1990: Salinity of crops: a genetic approach, *Science* (2310) 399-404.
- Parent C et al, 2008 : Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *C. R. Biologies* pp 255-261. polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.

- Rahnama H et Ebrahimzadeh H , 2005: The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. *Biol Plant*. pp93-97.
- Imalet R, 1979 : Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ing, INA, EL Harrach ,43p.
- Hillel D , 2000: Salinity Management for Sustainable Irrigation. The World Bank , Washington, D.C.
- Munns R et al , 1983 : Halotolerant eukaryotes. In *Physiological Plant Ecology*. III. Responses to the Chemical and Biological Environment. *Encycl. Plant Physiol.*, pp. 59-135 New Series, Vol. 12C. Springer, Berlin.
- Haouala F et al , 2007 : Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. Vol. 11, n°3, pp. 235-244.
- Snoussi S.A et Halitim A, 1998 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*, pp289- 298.
- Wyn Jones G., Gouston H, 1991: Completely a ryo conflicting approaches to Salinity DDU. *Bulletin N° 23*: 7-9.
- Carter D.I, 1975: Problems of salinity in agriculture. *Plants in Saline Environments*. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.
- Akpo Y.(2006), évaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration mémoire de diplôme d'études en production Animales Université cheik Antadiop .Dakar, 17-19p.
- ANTIPOLIS S., 2003 : Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. *Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu*, Vol.2 :44-49.
- Asano T. (1998)., Wastewater reclamation and reuse. *Water quality management library*, 1475 p.
- Baba sidi kasi S., (2010) . Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une Valorisation agronomique. *Mémoire de Magister en Agronomie saharienne. Université kasiMerbah.ourgla* : 4p.75p.
- Bahri A. (1998)., Wastewater reclamation and reuse in Tunisia, In: *Wastewater Quality Management Library*, Vol. 10, Ed. T. Asano, Technomic Publishing Co., Inc., 877-916.
- Ben Naceur, M., Rahmoune, C., Sdiri, H, Meddahi, M. L. et Selmi, M. (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques

variétés maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/ sécheresse. Vol. 12, n° 3, pp. 74-167.

- BIDAI Y., 2001: Le métabolisme de la praline chez l'*Atriplexhalimus*L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 6971.

- Bixio D, Thoeve C, Wintgens T, Ravazzini A, Miska V, Muston M, Chikurel H, Aharoni A, Joksimovic D and Melin T. (2008) Water reclamation and reuse: implementation and management issues. *Desalination* 218, pp 13–23.

- Bouchoukh I., (2010) : Comportement écophysiological de deux chénopodiacées des genres atriplexe et spinacia soumises au stress salin. Mémoire du diplôme de magister en biologie végétale .université mentouri : Constantine, 10p.

- CARTER D.I., 1975: Problems of salinity in agriculture. *Plants in Saline Environments*. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.

- Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996)., Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes*, 2 : 81-118. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170 P.

- CHERBUY B., 1991: Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique.

- Cemagraf, école. Nat. Renne, 170 P.

- CHINNUSAMY V et al, 2004: Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J of Experimental Botany*.pp225-236.

- CLEMENT.M et PIELTAIN.F, 2003. Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris.

- Communautés européennes. (2009). Reproduction autorisée, moyennant mention de la source, L'agriculture durable et la conservation des sols Processus de dégradation des sols , 4 p. <http://soco.jrc.ec.europa.eu>.

- FAO. (2005) Foresterie en zone aride. Archives de documents de la FAO, 12 p.

- FAO, PTRID. , CISEAU(2006) : Conférence électronique sur la salinisation : extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation, 4p.

- Hamdy A ,Lasram M et Lacirgnoda C, 1995 : Les problèmes de salinité dans la zone méditerranéenne compte rendu. Acad. D'agri. De France action (1).vol 81 (2). Paris. Séance spécialisée du 22 Mars 95, pp : 47- 60.

- Hamouda M.F. (2004), Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. *Desalination* 165, 31-41.

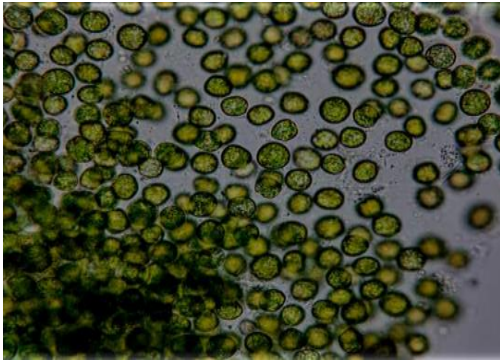
- Hassani, A., Dellal, A., Belkhodja, M. et Kaid- Harche, M. (2008) Effet de la Salinité
- Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*HordeumVulgare* L) European Journal of Scientific Research. Vol.23, n°1, pp.61-69.
- HU Y et al., 2005:Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. Plant Biol. pp973- 985.
- Imalet R., (1979) :Influence de différentes concentrations de sels (NaCL), Na₂SO₄,
- MgSO₄) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot.ThèseIng,INA, EL Harrach ,43p.
- Leone A.P., Menenti M., Buondonno A., Letizia A., Maffei C., Sorrentino G. (2007), A field experiment on spectrometry of crop response to soil salinity; Agricultural Water Management 89 39 – 48. maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/ sécheresse. Vol. 12, n° 3, pp. 74167.
- Maillard J., 2001 : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risqueset recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- Mara, D., et S. Cairncross. (1991). *Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture*. Genève: Organisation mondial de la santé, 212 p.
- Mermoud, A. (2006) Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols.
- Ecole
- Ministère de l'intérieur. 24p.
- Miyamoto S.et Chacon A. (2006), Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water II. Soilfactors. Landscape and Urban Planning 77, 28–38
- MRE, (2004). Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2004.
- Munns, R,Richard, A.J. et Lauchli, A. (2006): Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, Vol. 57, n°5, pp. 1025-1043.
- MunnS R et Rawson H.M, 1999: Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol. pp459-464.

- MunnS R, 2008:Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- Ovie S., Adeniji H. A,Olowe D.L. (1990): Micro- algal culture for fish food production. New bussa, Nigeria .National Institute for Freshwater Fisheries Research, National Institute for freshwater fisheries Research Technical Report Series, 24-36p. polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- SIGALA et al, (1988).- Influence du sodium sur les propriétés physiques d'un sol aux niveaux textural et structural (Options Méditerranéennes).
- SUN F et al., (2007). Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* pp178-188.
- ZID, E. et GRIGNON, C. (1991) : Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupelf-Uref. John Libbey. Eurotext, Paris, pp. 91-108.

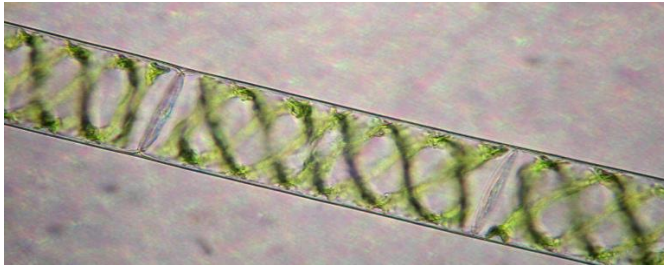
Les annexes

Les annexes

Les figures



Annex I. 4 Micro-algues (Chlorella) sous microscope (Ainane, 2011)



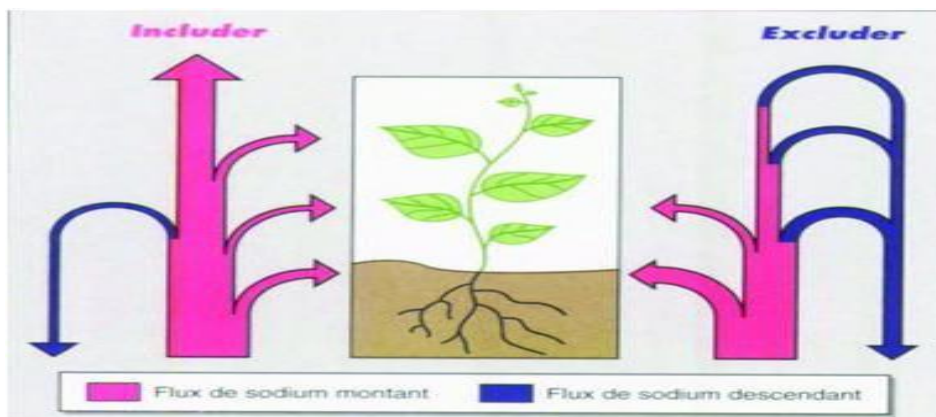
Annex I. 5 Algue spirogyre avec chloroplastes en hélice au microscope (x40) (étudiantes, 2023)



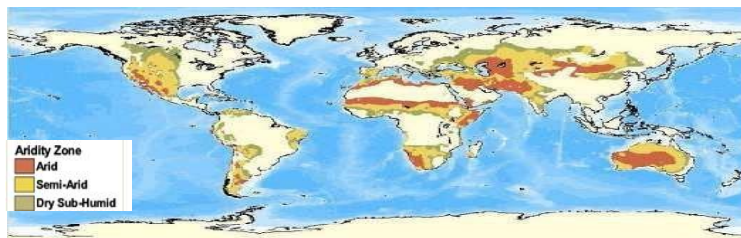
Annex I. 6 Photo de la Spirogyre (Spirogyra sp). en aquarium d'eau douce (Anonyme 2023).



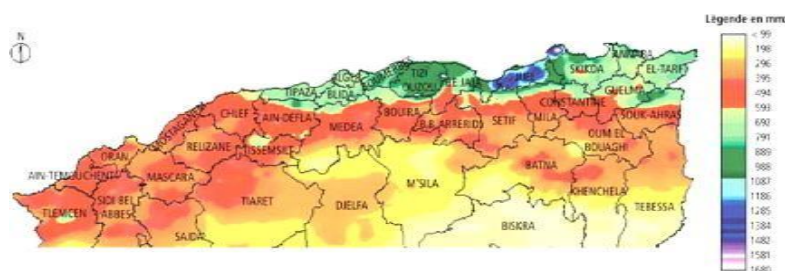
Annex. 5: Destruction de la structure du sol due à l'excès de sodium (Source:Soil Atlas of Europe ,2009)



Annex II. 6: Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes.



Annex II. 7: Carte des zones arides dans le monde (wri, 2002)



Annex II. 8: Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie (FAO, 2005).



pH mètre



Conductimètre



Balance



Pipete

Annex III. 4: Matériels de laboratoire



Annex III. 5: Les grains des petits pois variété Marveillekalvedon.



Annex III. 6: Les germes des grains de petits pois.

Annex III. 7: Les germes des grains de petits pois.

essai 01

S1

S2

S3

S4

essai 02

C1

C2

C3

C4

essai 03

B1

B2

B3

B4

essai 04

M1

M2

M

M4

Les tableaux

Annex II .2 Caractéristiques principales des sols salins et sodiques (Maillard, 2001).

Caractéristiques	Sol salin	Sol sodique (alcalin)
Chimiques	-Déminé par des sels solubles neutres Chlorure et Sulfates de Sodium Calcium et Magnésium Un pourcentage de Sodium échangeable inférieur à 5%	-Peut de sels solubles neutres mais des quantités généralement appréciables de sels capables d'hydrolyses alcalines telles que les carbonates de Sodium (Na_2CO_3) -Un pourcentage de Sodium échangeable à 5%
Chimiques	- Le pH de l'extrait de sol saturé généralement moins de 8,2	-Le pourcentage de l'extrait de sol saturé est plus de 8,2 atteignant souvent 9 ou 10
Physiques	- Conductivité électrique à 25°C CE >4Ms/cm	- Conductivité électrique à 25°C CE <4Ms/cm
Physique	-En présence excessive de sels solubles neutres, la fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	-Un excès en sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol
	-La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols « normaux ».	-La perméabilité à l'eau et à l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du sodium échangeable
Distribution Géographique	-Les sols salins dominent dans les régions arides à semi-arides.	-Les sols alcalins se trouvent Principalement dans les régions semi-arides et sub – humides

Annex III.1- Dispositif expérimentale

solution	Concentration NaCl g/l
NaCl+ Léau distillé	5g/l
NaCl+ Léau distillé	10g/l
NaCl+ Léau distillé +Spirogyre (SpirogyraSp)	5g/l
NaCl+ Léau distillé +Spirogyre(SpirogyraSp)	10g/l

1.4 Les conductivités électriques pour le 1ere essai

❖ 1ere essai (Témoin)

Selon les résultats obtenus tableau 1 ,la conductivité électrique moyenne pour la 1 ère témoin pour l'ensemble de l'essai(S1,S2,S3,S4) a quatre semaines est 0.33 ms/cm . la variance est 0.021 et l'écart type est de 0,004

Annex IV-1 . La conductivité électrique pour le 1 ère essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
S1	0.019	0.012	0.034	0.024	
S2	0.015	0.008	0.031	0.022	
S3	0.016	0.0015	0.033	0.026	
S4	0.021	0.0013	0.036	0.023	
\bar{x}	0.017	0.0013	0.037	0.024	0.033
Var	0.008	0.0014	0.006	0.005	0.021
δ	0.004	0.006	0.002	0.002	0.004

Annex IV.2. La conductivité électrique pour le 2eme essai (ms/cm

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
C1	1.44	1.31	1.33	1.38	
C2	1.45	1.28	1.27	1.34	
C3	1.46	1.26	1.27	1.31	
C4	1.47	1.24	1.25	1.32	
\bar{x}	1.47	1.23	1.26	1.33	1.44
Var	0.115	0.056	0.06	0.24	0.67
δ	0.012	0.007	0.008	0.016	0,019

1.5 La conductivités électrique pour le 3eme essai.

❖ 3eme essai

Selon les résultats obtenus tableau 3 ,la conductivité électrique moyenne pour la 3eme pour l'ensemble de l'essai (B1,B2,B3,B4) a quatre semaines est 2.87ms/cm . la variance est 0.011 et l'écart type est de 0,07 .

Annex IV-3- La conductivité électrique pour le 3eme essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
B1	1.49	1.31	1.33	1.31	
B2	1.48	1.28	1.27	1.26	
B3	1.46	1.26	1.27	1.24	
B4	1.47	1.24	1.25	1.22	
\bar{x}	1.43	1.23	1.26	0.034	2.87
Var	0.113	0.056	0.06	0.023	0.011
δ	0.09	0.006	0.015	0.006	0,07

1.4La conductivités électrique pour le 4eme essai.

❖ 4eme essai

Selon les résultats obtenus tableau 4 ,la conductivité électrique moyenne pour la 4emepour l'ensemble de l'essai (M1,M2,M3,M4) a quatre semaines est 1.66 ms/cm . la variance est 0.48 et l'écart type est de 0,011 .

Annex IV-4. La conductivité électrique pour le 4eme essai (ms/cm)

Essai	Conductivité Semaine 1	Conductivité Semaine 2	Conductivité Semaine 3	Conductivité Semaine 4	Moyenne
M1	1.34	1.33	1.39	1.46	
M2	1.35	1.27	1.37	1.44	
M3	1.36	1.25	1.37	1.43	
M4	1.33	1.25	1.35	1.42	
\bar{x}	1.29	1.22	1.33	1.38	1.66
VAR	0.034	0.036	0.22	0.32	0.48
δ	0.09	0.007	0.012	0.10	0,011

1.2.2. La salinité

1.2.2.1. La salinité pour le premier essai.

Le tableau 5 , illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (S1,S2,S3,S4)

associés au témoin. Tel que la moyenne est, la variance est de 0 et l'écart type moyenne est de 0.

Annex IV.5 : La salinité du 1^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	$\delta\bar{x}$
S1	17.8	16.7	15.5	13,2	0.12
S2	11.6	10,9	9.7	7.6	0.45
S4	9.8	8.7	6.5	5,8	0.32
Var	8.7	6,7	5.6	4.7	

1.2.2.2. La salinité pour le deuxième essai.

Le tableau 6 , illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 0.22, la variance est de 0.18, et l'écart type moyenne est de 0.21.

Annex - 6 : La salinité du 2^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	$\delta\bar{x}$
C1	0.00	0.00	0.50	0.10	0.67
C2	1.23	0.00	0.00	0.10	0.32
C3	0.00	0.11	0.00	0.10	0.33
C4	0.00	1.00	0.00	0.20	0.18
Var	0.36	0.26	0.09	0.00	

1.2.2.3. La salinité pour le troisième essai.

Le tableau 7, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 0.72, la variance est de 0.65, et l'écart type moyen est de 0.61.

Annex IV.7 : La salinité du 3^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
1	1.00	0.10	0.10	3.30	
B2	2.39	0.00	0.10	0.60	
B3	1.30	0.50	0.00	0.90	
B4	1.04	0.00	0.20	0.00	
Var	0.43	0.06	0.01	2.10	0.65

1.2.2.4. La salinité pour le quatrième essai.

Le tableau 8, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure la salinité de l'ensemble des essais (M1, M2, M3, M4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 0.84, la variance est de 0.3, et l'écart type moyen est de 0.57.

Annex IV.8 : La salinité du 4^{ème} essai

échantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
M1	0.2	1.3	0.4	1.6	
M2	0.4	1.5	0.3	0.9	
M3	0.5	1.2	0.4	0.6	
M4	1.1	0.2	0.1	1.6	
Var	0.17	0.32	0.02	0.27	0.3

1.2.4. Le pH

1. 2.4.1. Le pH pour le premier essai.

Le tableau 9, illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (S₁, S₂, S₃, S₄) associés au témoin. Tel que la moyenne est 6.65, la variance est de

0.06, et l'écart type moyen est de 0.23.

Annex 9: Le pH du 1^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
S1	6.82	6.49	6.28	6.63	
S2	6.64	6.7	6.95	6.73	
S3	6.33	7.13	6.31	6.81	
S4	6.35	6.66	6.82	6.77	
Var	0.06	0.07	0.12	0.01	

1.2.4.2. Le pH pour le deuxième essai.

Le tableau 10, illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, (5 g/l). Tel que la moyenne est 7.04, la variance est de 0.05, et l'écart type moyen est de 0.21.

Annex IV.10 : Le pH du 2^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
C1	7.95	7.45	6.26	7.17	
C2	7.45	7.15	6.34	7.03	
C3	7.29	6.98	6.24	7.37	
C4	7.32	7.06	6.58	6.96	
Var	0.09	0.04	0.02	0.03	

1.2.4.3. Le pH pour le troisième essai.

Le tableau 11, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 6.56, la variance est de 0.03, et l'écart type moyen est de 0.18.

Annex IV.11 : Le pH du 3^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
B1	6.30	6.39	6.38	7.02	
B2	6.30	6.39	6.41	6.81	
B3	6.15	6.79	6.43	6.90	
B4	6.44	6.27	6.81	7.18	
Var	0.01	0.05	0.04	0.03	0.03

1.2.4.4. Le pH pour le quatrième essai.

Le tableau 12, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (M1,M2,M3,M4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 0.66, la variance est de 0.07, et l'écart type moyen est de 0.25

Annex IV.12 : Le pH de 4^{ème} essai

Echantillon	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	Moyenne
M1	6.8	6.34	6.76	6.93	
M2	6.44	6.34	6.68	6.77	
M3	6.45	6.76	6.12	6.82	
M4	6.7	6.26	6.12	7.3	
Var	0.03	0.05	0.12	0.06	0.07

1.3.1 La hauteur de la tige

1.3.1.1. La hauteur de la tige pour le premier essai en cm.

Le tableau 13, illustre les résultats du 1^{er} essai qui mesure la hauteur de la tige pour l'ensemble des essais (S₁, S₂, S₃, S₄) associés au témoin. Tel que la moyenne est 23.76cm, la variance est de 29.25, et l'écart type moyen est de 4.66.

Annex IV.13 : Hauteur de la tige selon le 1^{er} essai cm

échantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
S1	1	33,5	33	19	
S2	1.5	32	25.5	35	
S3	2	36.2	39	27	
S4	6	33.6	39	17	
Var	5.22	3.04	41.06	67.66	29.25

1.3.1.2. La hauteur de la tige pour le deuxième essai.

Le tableau 14, illustre les résultats du 2^{ème} essai qui mesure le pH de l'ensemble des essais (C1, C2, C3, C4) associés à (Na Cl, 5g/l). Tel que la moyenne est 38.62cm, la variance est de 18.37, et l'écart type moyen est de 3.44

Annex IV.14 : Hauteur de la tige selon le 2^{ème} essai.

Echantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
C1	13	38	40	64	
C2	11	30	37	60	
C3	16	36	40	61	
C4	15	40	52	65	
\bar{x}	13.75	36	42.25	62.5	38.62
Var	4.91	18.66	44.25	5.66	18.37

1.3.1.3. La hauteur de la tige pour le troisième essai.

Le tableau 15, illustre les résultats du 3^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (B1, B2, B3, B4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 41.12cm, la variance est de 31.08, et l'écart type moyen est de 4.92.

Annex IV.15: Hauteur de la tige selon le 3^{ème} essais

échantillonnage	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
B1	18	31	42.5	61	
B2	27	42	50	59	
B3	22	39	38	60	
B4	17	42	45.5	64	
Var	20.66	27	72	4.66	31.08

1.3.1.4. La hauteur de la tige pour le quatrième essai.

Le tableau 16, illustre les résultats du 4^{ème} essai qui mesure pH de l'ensemble des essais (M1,M2,M3,M4) associés à (Na Cl, 10g/l). Tel que la moyenne est 43.3cm, la variance est de 28.77, et l'écart type moyen est de 4.81.

Annex IV.16 : Hauteur de la tige selon le 4^{ème} essai

échantillon	semaine1	semaine2	semaine3	semaine 4	Moyenne
M1	17	40,3	35	69	
M2	23	44	49	61	
M3	18	39	50	62	
M4	17.5	42	50	76	
Var	7.72	4.68	54	48,66	28.77

2.1. 1 Résultats obtenus de la conductivité électrique, la salinité

2.1.1..1. La conductivité électrique (CE)

Annex IV.17: Les moyennes globales de la conductivité électrique

Essai	S	C	B	M
Moy± Ecartype	0.33±0.004	1.44± 0.0019	7.87± 0.07	1.66±0.011

2.1.1.2. La salinité

Annex IV.18 : Les moyennes globales de la salinité.

Salinité				
Essai	S	C	B	M
Moy ±Ecartype	0±0	0.21±0.20	0.72±0.61	0.74±0.55

3. Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de variance donnent une idée préliminaire de l'effet de spirogyre (spirogyrasp) sur la salinité du sol étudiée.

D'après Munns et al, (2006) la tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces qui résistent à ce type de stress abiotique que d'autres

Annex IV.19: Analyse de la variance de la conductivité électrique pour tout les essais .

Sources des variances	DDL	SCE	CM	P	F
Var. répétition	5	423.28	84.65	0.15	4.32
Var .concentration	18	0.23	0.02	/	/
Total	23	423.51	/	/	/

B.La salinité

Annex IV.20 : Analyse de la variance de la salinité.

Sources des variances	DDL	SCE	CM	P	F
Var. répétition	5	161.15	33,34	0.15	3.67
Var .concentration	18	0.11	0.0008	/	/
Total	23	161.26	/	/	/

P<F non significative il a y a autre facteur .

Nom et prénom : CHELLIA Khaoula

Nom et prénom : BOUGHAITA Amira

Titre : Etude de l'effet phytoremediteur de la spirogyre *Spirogyra sp* sur la salinité de l'eau et du sol.

Résumé : La salinisation est un problème écologique majeur qui affecte un nombre croissant de région du globe, fréquemment associée à la contrainte hydrique, elle réduit les surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial et La salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales qui limite la production végétale dans les régions arides La salinisation apparaît comme la conséquence de divers processus complexes de redistribution des sels liés au fonctionnement hydrologique du milieu sous l'influence de l'irrigation et du drainage , Dans les régions méditerranéennes, la salinité des sols et les eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole. Ainsi, la sécheresse est l'un des principaux facteurs limitant des rendements, le manque d'eau, souvent associé à d'autres stress abiotique sont responsables de pertes de rendement très importantes.

En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables, conduisant à terme à des baisses de rendement et de Introduction qualité des productions Pour éliminer cet problème on utilise La phytoremediation est une technique écologique et économique pour dépolluer les sols et les eaux contaminés par des métaux lourds, des radionucléides, des composés organiques ou des sels. Elle consiste à utiliser des plantes capables d'absorber, de dégrader ou de stabiliser les polluants dans leurs tissus ou dans le sol comme Les spirogyres (*Spirogyra sp*) qui peuvent avoir une activité allopathique, c'est-à-dire qu'elles produisent des substances chimiques qui influencent la croissance et le développement d'autres organismes ,Les spirogyres peuvent aussi extraire des sels du sol et de l'eau par un processus appelé phytodésalinisation a l' »aide des plante des petit pois sont des légumineuses qui peuvent fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*. Elles peuvent aussi tolérer une certaine salinité du sol et de l'eau, mais leur croissance et leur rendement sont affectés par des concentrations élevées de sel.

الملوحة هي مشكلة بيئية رئيسية تؤثر على عدد متزايد من مناطق العالم ، وغالبًا ما ترتبط بالإجهاد المائي ، فهي تقلل من المساحات الزراعية وتهدد التوازن الغذائي العالمي. وتعتبر ملوحة التربة واحدة من أهم القيود البيئية التي تحد من الإنتاج النباتي في المناطق القاحلة. يظهر الملوحة كنتيجة لعمليات معقدة لإعادة توزيع الملح المرتبط بالوظيفة الهيدرولوجية للبيئة تحت تأثير الري والصرف ، وفي المناطق المتوسطة ، فإن ملوحة التربة ومياه الري هي أحد العوامل المحددة لإنتاجية النباتات والإنتاج الزراعي. وبالتالي ، فإن الجفاف هو أحد العوامل الرئيسية المحددة للمحصول ، وغالبًا ما يرتبط نقص الماء بضغوط أخرى غير حية مسؤولة عن خسائر كبيرة في المحصول .

فعلًا ، فإن الزيادة في ملوحة التربة تؤثر على الإنبات ونمو الشتلات وحيويتها والمرحلة الخضرية والإزهار والتكوين إلى درجات مختلفة ، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى انخفاض في الإنتاجية والجودة. للإنتاج للقضاء على هذه المشكلة ، نستخدم التحسين النباتي ، وهي تقنية بيئية واقتصادية لتنظيف التربة والمياه الملوثة بالمعادن الثقيلة أو الشعاعية أو المركبات العضوية أو الأملاح. إنه يتكون من استخدام النباتات التي قادرة على امتصاص أو تحلل أو تثبيت الملوثات في أنسجتها أو في التربة مثل الطحالب الدوارة (*Spirogyra sp*) التي يمكن أن تكون لها نشاط مضاد للحياة ، أي أنها تنتج مواد كيميائية تؤثر على نمو وتطور كائنات أخرى ، يمكن للطحالب الدوارة أيضًا استخراج الأملاح من التربة والماء من خلال عملية تسمى التحسين النباتي للتحليل بمساعدة نبات البازلاء هي بقولية يمكنها تثبيت النيتروجين الجوي بفضل التكافل مع بكتيريا جنس *Rhizobium* يمكنها أيضًا تحمل مستوى معين من ملوحة التربة والماء ، لكن نموها وإنتاجها يتأثران بتركيزات عالية من الملح.

Mots clés (05): Salinité, Eau, Sol, *Spirogyre (Spirogyra sp)*, Phytoremédiation

Année Universitaire : 2022/2023