



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم فلاحية

Département de Science Agronomie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Agronomique

Spécialité : Production végétale

THEME

**La revitalisation des sols appauvris : contribution
à l'étude de de cas de réhabilitation de terres
agricoles abandonnées dans la région d'El Oued**

Présenté par :

BELALOUI DJIHANE

REZAG SALEM ABIR

Devant le jury composé de :

Président : Mr. LAICHE Khaled M.A.A, Université d'El Oued

Examineur : Mr. JOUDI Abd elhak M.A.A, Université d'El Oued

Promoteur : Mr. ALLALI Ahmed M.A.A, Université d'El Oued

Année universitaire 2023/2024





Dédicace

À vous, ma famille, je dédie ce travail,
Avec amour, tendresse, et doux échos.
Mon père **Amar**, un roc inébranlable,
Ma mère **Ziloukha**, si sage, si aimable.

Mes frères, mes piliers, mes compagnons de vie,
Imed, Issam, Ayoub, Abd Elssami', tous unis,
Tahar El madani, ensemble main dans la main,
Chaque pas, chaque souffle, nous allons plus loin.

Mes sœurs, perles rares, joyaux de mon cœur,
Afaf, Aida, Rania, Rounak, sans oublier **Safia**, la douceur.
Votre soutien, votre amour, votre rire éclatant,
Sont des étoiles qui brillent, guidant mon chemin tout le temps.

Et à toi, **ElHafed**, mon frère de cœur,
Mon frère, que ma mère n'a pas mis au monde,
Ton amitié, ta présence, ton éclat lumineux,
Sont des trésors précieux, des cadeaux merveilleux,

À l'être cher de mon cœur
À mes chers amis

À vous tous, ces mots sont dédiés avec passion,
Pour votre soutien, votre amour, sans condition.
Que cette œuvre soit un reflet de notre lien,
Un hommage sincère, un élan vers demain.

DJIHANE



Dédicace

*Je remercie Dieu Tout-Puissant pour son don et son aide dans la
réalisation de ce mémoire*

*Et à celui qui a été un soutien et une aide dans les moments d'adversité
tout au long de ma vie, à mon premier professeur dans la vie, mon cher
père*

*Au cœur généreux et à la poitrine compatissante, ma mère bien-aimée
À celles par qui Dieu a renforcé mon soutien et qui ont été les meilleures
aides, mes sœurs*

*J'adresse mes remerciements à mon honorable professeur, Allali Ahmed,
qui n'a pas lésiné sur nous avec ses connaissances et n'a ménagé aucun
effort pour le bien de la connaissance et de la connaissance*

*Merci à tous les professeurs du Département des Sciences Agronomiques
et à l'administration universitaire qui ont facilité les difficultés afin de
mener à bien cette thèse avec qualité et efficacité*

ABIR



Remerciement

*Avant toute chose, nous remercions « Allah », l'omnipotent, pour nos
avoir donné la force, la*

Patience et le courage pour mener ce travail à son terme.

À nos Promoteurs de ce mémoire Mr. ALLALI AHMED

*À nos présidents de mémoire, Mr. LAICHE KHALED, qui nous a fait
l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Hommage respectueux,*

À notre Examineur Mr. JOUDI ABD ELHAK

*Travail que ce travail soit le témoignage de notre reconnaissance et de
notre profond respect.*

*Conseils toujours justes et il a su nos redonner courage et aider à
traverser des moments difficiles et des instants de doute. Aussi pour son
soutien, son attention, son qualités humaines. Pour tout cela, nous tiens
à lui exprimer toute nos gratitudees et tous particulièrement à le remercie
profondément.*

*On adresse nos sincères remerciements à tout l'ensemble des travailleurs
de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, notamment du
Département des Sciences Agronomiques, Université HAMMA
LAKHDAR, Eloued.*

Liste de figures

Figure 1 : Photo de la pelle.....	26
Figure 2 : Photo de l'instrument de mesure du pH, et de l'humidité du sol du sol	27
Figure 3: Photo de Appareil Multiparamètre	27
Figure 4: Photo d'illustration : Benzoate de Sodium (NaB).....	28
Figure 5: Photo d'illustration : Tri éthylène amine (TETA).....	29
Figure 6: Photo d'illustration : Gomme arabica (GA).....	29
Figure 7 : Photo d'illustration : Acide salicylique (AS)	30
Figure 8: Photo d'illustration : Polyéthylène glycol 4000 (PEG 4000).....	31
Figure 9: Photo d'illustration : Charbon Actif (CA).....	32
Figure 10: Photo d'illustration : Acide Lactique (AL)	32
Figure 11: Photo d'illustration : Acide citrique (AC).....	33
Figure 12: Photo d'illustration : L'eau magnétisée (EM)	34
Figure 13: Photo d'illustration : Sorbet de Potassium (PS)	35
Figure 14: Photo d'illustration : Xanthane (GX)	35
Figure 15: Photo d'illustration : Gouar (GG)	36
Figure 16: Photo d'illustration : Acide Sulfurique (H ₂ SO ₄).....	37
Figure 17: Photo d'illustration : Hydroxyéthylcellulose (HEC).....	38
Figure 18: Photo d'illustration : Ethylene diaminete tra acetique Acid (EDTA)	39
Figure 19: Situation Géographique de la Wilaya d 'ElOued	40
Figure 20: Localisation géographique de la région d'étude:	40
Figure 21: Photo de la façon de prélever le sol de la ferme	45
Figure 22: Photo d'illustration Préparez les pots avec le sol pour la plantation.....	45
Figure 23: Photo d'illustration Triticale	46
Figure 24 : Photo montrant comment planter du triticale dans un pot.....	46
Figure 25: Graphique montrant la répartition des pots en pépinière en fonction de chaque traitement.....	47
Figure 26: Une photo montrant la répartition des pots dans la pépinière en fonction de chaque traitement	47
Figure 27: l'humidité après application des différents traitements.....	54
Figure 28: la conductivité après application des différents traitements	55
Figure 29: la largeur des feuilles après application des différents traitements	56
Figure 30: la longueur des feuilles après application des différents traitements	57
Figure 31: le nombre de talles après application des différents traitements	58
Figure 32: le pH du sol après application des différents traitements	59
Figure 33 : le poids de mille grains (PMG) après application des différent traitements.....	60
Figure 34 : la température du sol après application des différents traitements	61

Liste de tableaux

Tableau 1 : Précipitations en mm enregistrées à la région de Souf durant l'année 2023	42
Tableau 2: Valeurs maxima de la vitesse des vents de chaque mois en 2023 dans la région de Souf.	43
Tableau 3 : L'humidité en enregistrées à la région de Souf durant l'année 2023.....	43
Tableau 4: Caractéristiques climatiques du période végétative.	43
Tableau 6 : Les dates des stades phénologique	53

Liste d'abréviation

NaB : Benzoate de sodium

TETA : Tri éthylène amine

GA : Gomme arabique

AS : Acide salicylique

PEG 4000 : Polyéthylène glycol 4000

CA : Charbon actif

AL : Acide lactique

AC : Acide citrique

EM : Eau Magnétique

PS : Sorbet de potassium

X : Xanthane

GG : Gomme de guar

H₂SO₄ : Acide sulfurique

HEC : Hydroxyéthylcellulose

EDTA : Acide éthylènediaminetétracétique

ESP : le pourcentage de sodium échangeable

CEC : Capacité d'échange cationique

DSA : direction des services agricoles

PMG : poids de 1000grains

ml : millilitre

g : gramme

T : Température moyenne (°C)

TM : La température maximale (°C)

Tm : Température minimale (°C)

SLP : La pression atmosphérique au niveau de la mer (hPa)

H : Humidité relative moyenne (%)

PP : Précipitations et / ou la fonte des neiges total (mm)

VV : Visibilité moyenne (Km)

Liste d'abréviation

V : Vitesse moyenne du vent (Km/h)

VM : Vitesse maximale de vent soutenu (Km/h)

VG : *Vitesse maximale du vent (Km/h)*

Liste de matières

Dédicace

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

<i>Introduction générale</i>	2
<i>Première partie : Synthèse Bibliographique</i>	5
.....	6
<i>Chapitre I</i>	6
Problème de la dégradation du sol et la salinisation en générale	6
(Cas El Oued pomme de terre)	6
CHAPITRE I	7
Problème de la dégradation du sol et la salinisation en générale (cas El Oued pomme de terre)	7
1.1. Définition du sol	7
1.2. Pédologie du Sol :	7
1.3. La fonction du sol	8
1.3.1. Une fonction biologique :	8
1.3.2. Une fonction alimentaire :	8
1.3.3. Une fonction d'échange et de filtre :	8
1.3.4. Une fonction mécanique :	8
1.4. La salinisation du sol :	8
1.4.1. Définition :	8
1.4.2. Causes de la Salinisation :	9
1.4.3. Origine de la salinité du sol :	9
1.4.4. Effet de la salinité sur les propriétés du Sol	10
1.4.5. Les propriétés physiques	10
1.4.6. Les propriétés chimiques	10
1.4.7. Propriétés Biologiques	11
1.5. Le problème de la dégradation des sols plantés de pommes de terre :	11
Conclusion :	12
<i>Chapitre II</i>	13

Liste de matières

<i>Les moyens de traitements chimique, organique et physique du sol</i>	13
CHAPITRE II	14
1. Les moyens de traitements chimique, organique et physique du sol.....	14
1.1. Les moyens de traitements chimiques du sol :	14
1.1.1. Amendements calcaires (chaux, dolomie)	14
1.1.2. Amendements organiques (compost, fumier)	14
1.1.3. Engrais chimiques (azote, phosphore, potassium).....	14
1.1.4. Acides organiques et minéraux	14
1.1.5. Amendements gypseux	15
1.2. Les moyens de traitements organiques du sol :	15
1.2.1. Compostage des déchets organiques.....	15
1.2.2. Épandage de fumier	15
1.2.3. Cultures engrais verts / plantes de couverture	16
1.2.4. Paillis végétal	16
1.2.5. Rotation des cultures	16
1.3. Les moyens de traitements physiques du sol :	17
1.3.1. Drainage	17
1.3.2. Lixiviation / Lessivage	17
1.3.3. Labour profond / Sous-solage	17
1.3.4. Paillage	17
1.3.5. Brise-vents	17
Conclusion :	18
<i>L'importance de l'intégration des céréales dans la rotation agricole pour minimiser le risque de salinisation</i>	19
<i>Deuxième Partie : Etude Expérimentale</i>	24
<i>Chapitre I</i>	25
<i>Matériel et méthodes</i>	25
L'humidité de l'air.....	43
<i>Chapitre II</i>	52
<i>Résultats et Discussion</i>	52

Introduction générale

Introduction générale :

Le déclin des sols constitue l'un des problèmes environnementaux les plus urgents à l'échelle mondiale. Les pratiques agricoles non durables, l'érosion, la salinisation et la désertification contribuent à la dégradation des terres arables, mettant en péril la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance de millions de personnes. Cette situation est particulièrement critique dans les régions arides et semi-arides, où les ressources en sol fertile sont déjà limitées et fragiles. (27)

La région d'El Oued, au cœur du Sahara algérien, est confrontée à cette réalité préoccupante. Autrefois verdoyante et productive, elle subit aujourd'hui une dégradation accélérée des sols, résultant de l'érosion éolienne, de la salinisation et de la perte de matière organique, ce qui entraîne l'abandon progressif des pratiques agricoles traditionnelles.

Cependant, des initiatives sont mises en place pour restaurer la fertilité des sols et revitaliser les terres agricoles abandonnées. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude menée dans la région d'El Oued, visant à trouver des solutions innovantes et durables pour rendre les terres à nouveau productives. (27)

À travers une approche multidisciplinaire, cette recherche évalue l'efficacité de différentes méthodes de revitalisation des sols, telles que l'utilisation de traitements chimiques, d'amendements organiques et de pratiques culturales spécifiques. L'objectif est de proposer des stratégies adaptées aux conditions locales, respectueuses de l'environnement et économiquement viables pour surmonter les défis liés à la dégradation des sols et promouvoir une agriculture durable dans cette région aride. (27)

Les résultats de cette étude sont cruciaux, non seulement pour El Oued, mais aussi pour d'autres régions confrontées aux défis de la dégradation des terres. En démontrant la faisabilité et l'efficacité de ces méthodes de revitalisation, cette recherche contribue à une meilleure gestion des ressources naturelles, à la préservation de la biodiversité et à la résilience des communautés locales face aux changements climatiques. (43)

Dans le cadre d'un projet de mémoire de fin d'étude lié à la contribution à une étude de cas de réhabilitation de terres agricoles abandonnées dans la région d'El Oued, nous avons proposé les problématiques suivantes :

Comment régénérer efficacement ces sols sableux appauvris et dégradés pour les rendre à nouveau cultivables ?

Quelles techniques de réhabilitation des sols seraient les plus appropriées et durables dans le contexte spécifique de la région d'El Oued ?

Quels sont les facteurs clés à prendre en compte pour assurer le succès d'un programme de revitalisation des terres ?

Cette étude est organisée selon le plan suivant :

Première partie : Partie bibliographique :

Problème de la dégradation du sol et la salinisation en générale (cas El Oued pomme de terre)

Les moyens de traitements chimique, organique et physique du sol

L'importance de l'intégration des céréales dans la rotation agricole pour minimiser le risque de salinisation

La deuxième partie représente la partie pratique :

Matériel et méthode

Résultats et discussion

Première partie :

Synthèse

Bibliographique

Chapitre I

**Problème de la dégradation du
sol et la salinisation en générale
(Cas El Oued pomme de terre)**

CHAPITRE I

Problème de la dégradation du sol et la salinisation en générale (cas El Oued pomme de terre)

La dégradation des sols et la salinisation constituent des enjeux environnementaux majeurs, surtout dans les régions arides comme El Oued en Algérie. L'agriculture intensive de pommes de terre dans cette région a entraîné une accumulation excessive de sels dans les sols, diminuant leur fertilité et menaçant la productivité agricole. Pour résoudre ces problèmes, il est crucial de mettre en œuvre des pratiques d'irrigation durables et des techniques de gestion efficaces des sols et des ressources en eau.

1.1.Définition du sol

Le sol est en effet la partie superficielle de la croûte terrestre qui est modifiée par les agents atmosphériques tels que la pluie, le vent, les variations de température, ainsi que par les êtres vivants qu'il abrite. Le sol peut être défini comme une formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques, en interaction avec l'atmosphère et les êtres vivants. Cette définition met en lumière l'importance des interactions complexes entre les différents éléments du sol et de son environnement pour former un substrat vital pour la croissance des plantes et le maintien de la vie sur Terre.(47)

1.2.Pédologie du Sol :

Les sols de la région se répartissent en huit classes différentes, principalement caractérisées par leur texture, leur morphologie, ainsi que par leur niveau et leur mode de salinisation. Ils sont également caractérisés par la proximité d'une nappe phréatique avec la surface, et sont fortement soumis à une salinisation qui compromet leur exploitation potentielle pour l'irrigation.(37)

La région d'Oued Souf se distingue par des sols légers, principalement sablonneux, dotés d'une structure spécifique. Ces sols se caractérisent par des taux réduits de matière organique, une salinité élevée, un pH alcalin et une bonne aération(12)

1.3. La fonction du sol

1.3.1. Une fonction biologique :

Effectivement, le sol joue un rôle crucial en tant qu'habitat pour une multitude d'espèces animales et végétales. Sa composition et sa santé sont étroitement liées à la diversité biologique des écosystèmes terrestres. Le sol est le lieu où de nombreux processus biogéochimiques essentiels se déroulent, tels que la décomposition de la matière organique, la transformation des éléments nutritifs, et le cycle de l'eau. Ces processus sont essentiels pour maintenir l'équilibre des écosystèmes et favoriser la biodiversité en fournissant les conditions propices à la vie des organismes du sol et des plantes. Ainsi, la conservation et la gestion durable des sols sont cruciales pour préserver la diversité biologique et assurer la santé des écosystèmes terrestres.(20)

1.3.2. Une fonction alimentaire :

Le sol génère ou renferme tous les éléments nécessaires à la vie. Il les stocke et les rend disponibles pour les plantes et les animaux.(20)

1.3.3. Une fonction d'échange et de filtre :

Le sol est un milieu poreux traversé en permanence par des flux d'eau et de gaz, qui échangent leurs composants minéraux et organiques avec ceux du sol. Il agit également comme un filtre et un système d'épuration : les caractéristiques chimiques et biologiques des eaux changent lorsqu'elles le traversent. En tant que système poreux, le sol est aussi le lieu d'échanges constants avec l'atmosphère.(20)

1.3.4. Une fonction mécanique :

Le sol sert à la fois de support et de matériau pour la construction, notamment pour les bâtiments, les routes et les barrages, tout en étant le support des végétaux. Ces différentes fonctions sont étroitement liées : le sol agit comme un réacteur jouant un rôle crucial dans les grands cycles biogéochimiques. Ainsi, toute utilisation du sol à des fins productives entraîne inévitablement une modification de ces cycles (20)

1.4. La salinisation du sol :

1.4.1. Définition :

D'après Serge Marl et ses collaborateurs (2006), la salinisation est un terme général désignant une augmentation progressive de la concentration en sels dans les sols, provoquée

par des facteurs comme l'utilisation d'eau d'irrigation salée, les climats arides ou certaines conditions hydrologiques telles qu'un lessivage insuffisant ou la proximité d'une nappe phréatique salée. Cette accumulation de sels peut entraîner la précipitation de minéraux qui modifient la composition du sol et déterminent différents chemins d'évolution, selon la concentration relative des principaux ions contenus dans la solution initiale. Ces ions incluent le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le chlorure, le sulfate et les carbonates. Parmi les minéraux les plus courants associés à ce processus, on retrouve la calcite, le gypse et des silicates comme la sépiolite, qui jouent un rôle majeur dans la régulation des niveaux de magnésium dans les sols.(2)

1.4.2. Causes de la Salinisation :

Dans les régions arides, la salinisation des sols est principalement causée par deux facteurs :

- L'utilisation d'eau d'irrigation contenant une concentration élevée de sels, et la remontée des nappes phréatiques résultant d'un excès d'eau déversée sur les terres à irriguer. (37)
- L'utilisation d'eau trop chargée en sels est particulièrement problématique dans ces régions où la pluie ne peut être une source fiable pour les plantes, son occurrence étant souvent aléatoire. Avec des conditions climatiques imprévisibles, le succès des cultures végétales dans ces zones dépend largement de l'eau souterraine. (37)

1.4.3. Origine de la salinité du sol :

La phase liquide du sol, tout comme toute eau qui pénètre dans le sol, contient des sels spécifiques. La répartition des ions entre la solution du sol et la phase solide est influencée par les propriétés d'échange de la phase solide et est régulée par le processus d'échange ionique. Dans les régions arides et semi-arides, l'analyse chimique de la solution extraite du sol révèle la présence de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} et NO_3^- comme principaux composants (5) Divers processus géochimiques peuvent survenir en raison de l'action des sels solubles dans le sol. La salinisation est le processus par lequel le sol s'enrichit en sels solubles (31). L'alcalinisation est un autre processus qui se produit lorsque le pH du sol augmente au-dessus de 8,5. Ce processus est souvent associé à la sodisation, où le sodium échangeable est l'élément principal adsorbé sur le complexe colloïdal (26)

1.4.4. Effet de la salinité sur les propriétés du Sol

L'excès de sel dans le sol peut entraîner des problèmes sérieux, affectant à la fois les propriétés du sol et sa capacité à soutenir la croissance des plantes. Voici quelques-unes des conséquences clés de la salinisation excessive(47)

1.4.5. Les propriétés physiques

La zone de l'Oued Souf est caractérisée par un sol sableux léger, qui assure une bonne ventilation. Cependant, cette nature sableuse confère à ces sols une faible capacité de rétention en eau, entraînant un assèchement rapide Il présente également une structure fragmentée, caractérisée par une mauvaise cohésion intermoléculaire et une structure mal définie. De ce fait, la stabilité structurale de ces sols est généralement faible. Quant à la porosité, elle varie fortement selon la taille des grains de sable, variant entre 50 % pour le sable fin et 25 % à 30 % pour le sable grossier, avec des valeurs moyennes pour le sable moyen, soit entre 35 % et 40 %. % (47)

1.4.6. Les propriétés chimiques

La salinité a un impact sur les propriétés chimiques du sol, telles que le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), le pourcentage de sodium échangeable (ESP), le carbone organique, ainsi que sur le potentiel osmotique et matriciel du sol (47)

❖ **Changement du pH :**

La salinité peut modifier le pH du sol, souvent le rendant plus alcalin, La réaction du sol est effectivement influencée par la nature des sels. Certains sels ont des effets acidifiants, tels que le CaSO_4 , le KCl et le MgSO_4 , tandis que d'autres ont des effets alcalinisant, comme le NaHCO_3 , le CaCO_3 et le NaCO_4 .(32)

❖ **Taux de sodium échangeable (ESP)**

Le taux de sodium échangeable est en effet crucial dans les sols alcalins, car ces sols retiennent des concentrations faibles en sels solubles et une grande quantité de sodium se trouve sous forme échangeable. En revanche, dans le cas des sols salés, la majeure partie du sodium se trouve dans la solution du sol (32). Cette distinction est importante car elle influence la disponibilité du sodium pour les plantes et peut avoir des conséquences différentes sur la fertilité du sol en fonction de sa composition et de sa réactivité.

❖ **Capacité d'échange cationique (CEC)**

La capacité d'échange cationique (CEC) est en effet une mesure de l'aptitude d'un matériau, comme le sol, à retenir des cations sous forme échangeable. Les sols avec une

faible CEC, tels que les sols sableux légers, ont une capacité limitée à retenir les nutriments essentiels pour les plantes. L'application de matière organique à ce type de sol peut contribuer à augmenter sa capacité d'échange cationique, ce qui améliore la rétention des nutriments et favorise la croissance des plantes. Ainsi, l'augmentation de la CEC grâce à l'apport de matière organique est une pratique courante pour améliorer la fertilité des sols pauvres en éléments nutritifs. (26)

1.4.7. Propriétés Biologiques

La présence excessive de sel dans les sols à un impact négatif sur les populations microbiennes et leurs activités. Plusieurs études ont démontré l'effet défavorable de la salinité sur la biomasse microbienne totale et la biomasse fongique (35) Ces sols sont peu propices à la vie des micro-organismes en raison de la présence d'ions toxiques, de leur pH très basique et de leur structure asphyxiante (32) L'augmentation de la salinité inhibe diverses activités enzymatiques dans le sol, telles que la phosphatase alcaline et les β -glucosides. Bien que les sels aient un effet stimulant sur la minéralisation du carbone, des concentrations élevées peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes (12)

1.5. Le problème de la dégradation des sols plantés de pommes de terre :

Selon le Programme d'Appui au Secteur Agricole (PASA). L'enquête sur le terrain a mis en évidence de nombreux impacts de cette pratique sur l'environnement. La culture de pommes de terre est largement répandue dans la vallée, et les effets suivants résumés ces influences.

- Appauvrissement des sols en 3 à 5 années d'exploitation en monoculture de pomme de terre.(47)
- Utilisation abusive des produits phytosanitaires affectant négativement la biodiversité des microorganismes du sol, ce qui a un effet direct sur la fertilité du sol.
- Salinisation et augmentation de la basicité du sol.(47)

Conclusion de chapitre I :

La dégradation et la salinisation des sols représentent des défis majeurs pour une agriculture durable, surtout dans les régions arides comme la vallée. La monoculture intensive de pommes de terre dans cette région a engendré plusieurs impacts environnementaux préoccupants, tels que l'appauvrissement rapide des sols, l'utilisation excessive de pesticides nuisibles à la biodiversité des micro-organismes du sol, ainsi que l'augmentation de la salinisation et de l'alcalinité des terres cultivées. Ces problèmes sont exacerbés par les caractéristiques spécifiques des sols de la région, notamment la prédominance de sols légers et sableux, avec une faible capacité de rétention d'eau et de nutriments.

L'accumulation de sels dans ces sols fragiles perturbe gravement leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, compromettant leur fertilité et leur capacité à soutenir durablement la production agricole. Pour faire face à ces défis, il est nécessaire d'adopter une approche intégrée et durable, combinant des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, une gestion rationnelle des ressources en eau et des intrants chimiques, ainsi que la promotion de la rotation des cultures et de l'agroforesterie.

Par conséquent, il est impératif d'adopter des techniques appropriées pour la décontamination et la conservation des sols de manière durable. C'est dans cette perspective que s'inscrit l'étude des moyens de traitement chimique, organique et physique des sols. Lorsqu'elles sont appliquées de manière judicieuse et adaptée aux conditions locales, ces techniques permettent de remédier aux sols dégradés, de restaurer leur fertilité et de prévenir les dommages futurs.

Chapitre II

*Les moyens de traitements
chimique, organique et
physique du sol.*

CHAPITRE II**1. Les moyens de traitements chimique, organique et physique du sol :**

Le traitement des sols, qu'il soit chimique, organique ou physique, joue un rôle crucial dans la gestion des problèmes de dégradation des sols et de salinisation, notamment dans des régions arides comme El Oued en Algérie. Ces méthodes permettent d'améliorer la fertilité des sols affectés par une accumulation excessive de sels, préservant ainsi la productivité agricole. Les approches chimiques fournissent des nutriments essentiels et contrôlent les maladies et ravageurs. Les méthodes organiques renforcent la structure du sol et augmentent sa capacité de rétention d'eau, tandis que les traitements physiques comme le labour et le drainage améliorent l'infiltration de l'eau et préviennent l'accumulation de sels. En combinant ces stratégies, il est possible de promouvoir une agriculture durable et résiliente face aux défis environnementaux.

1.1. Les moyens de traitements chimiques du sol :**1.1.1. Amendements calcaires (chaux, dolomie)**

Dans les sols arides et salins tels que ceux d'El Oued, l'épandage d'amendements calcaires (chaux, dolomie) constitue un traitement approprié. En effet, ces apports calciques permettent de réduire le pH trop élevé de ces sols, corrigeant ainsi les problèmes d'alcalinité. De plus, l'abaissement du pH facilite la solubilisation des sels accumulés, favorisant alors leur élimination par lessivage sous l'effet des eaux d'irrigation ou des précipitations. Cette technique d'amendement calcaire contribue donc à assainir les sols affectés par un excès de sels et d'alcalinité, deux facteurs défavorables à la production agricole dans ces zones désertiques. (40)

1.1.2. Amendements organiques (compost, fumier)

L'incorporation de matière organique contribue à améliorer la structure des sols sableux en accroissant leur capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. Dans cette zone, l'utilisation de compost et de fumier est préconisée. (23)

1.1.3. Engrais chimiques (azote, phosphore, potassium)

Il est essentiel de corriger les carences en éléments nutritifs majeurs, surtout pour la culture intensive de pommes de terre. Il est recommandé d'appliquer une fertilisation équilibrée en azote, phosphore et potassium (NPK).(40)

1.1.4. Acides organiques et minéraux

Pour résoudre les problèmes de salinité des sols, l'utilisation de composés acides peut constituer une solution efficace. En effet, l'épandage d'acides organiques comme l'acide

citrique, ou d'acides minéraux faiblement concentrés tels que l'acide sulfurique ou chlorhydrique, aide à dissoudre les sels accumulés dans le sol. Cette dissolution facilite ensuite l'élimination de ces sels indésirables par lixiviation, c'est-à-dire leur déplacement en profondeur par les eaux d'irrigation ou de pluie. Cette méthode contribue ainsi à purifier et à désaliniser les terres cultivées. (32)

1.1.5. Amendements gypseux

Pour assainir les terres affectées à la fois par la salinité et la stoïcité, l'application de gypse (sulfate de calcium) s'avère une technique judicieuse. En effet, ce traitement permet de substituer les sels sodiques néfastes, principalement le sodium échangeable, par des sels calciques beaucoup moins dommageables pour la structure et la fertilité des sols. Le gypse favorise ainsi le remplacement des ions sodium fixés sur le complexe argileux par des ions calcium, plus bénéfiques. Cette désodification des sols salins grâce au gypse contribue à restaurer leurs propriétés physico-chimiques favorables à la production végétale. Le gypse apparaît donc comme un amendement de choix pour la réhabilitation des terres cultivées dégradées par un excès conjoint de sels et de sodium. (6)

1.2. Les moyens de traitements organiques du sol :

1.2.1. Compostage des déchets organiques

Dans les oasis de la région d'El Oued, la valorisation des matières résiduelles organiques par le compostage est fortement encouragée. En effet, cette technique de recyclage permet de transformer les déchets verts issus des cultures, les fumiers d'élevage ainsi que d'autres résidus organiques en un amendement naturel riche. Cet humus de compost, concentré en éléments nutritifs et en matière organique stable, constitue alors un fertilisant de qualité pour amender les sols cultivés. Le compostage présente ainsi un double avantage : d'une part, il permet de valoriser des résidus locaux abondants et d'autre part, il fournit un amendement idéal pour améliorer durablement la fertilité des terres arides de cette zone oasienne. C'est pourquoi cette pratique vertueuse de recyclage de la biomasse résiduelle est vivement recommandée aux agriculteurs d'El Oued. (23)

1.2.2. Épandage de fumier

L'épandage de fumier, et en particulier du fumier ovin abondamment disponible dans cette contrée, constitue un moyen efficace pour accroître la fertilité des terres sableuses de la région. En effet, riche en matière organique et en éléments nutritifs, cet amendement naturel permet d'enrichir ces sols légers et initialement pauvres. D'une part, l'apport de

fumier augmente la teneur en humus de ces terres cultivées, améliorant ainsi leur structure et leur capacité de rétention en eau et en éléments fertilisants. D'autre part, la composition du fumier, particulièrement celui des ovins si présents localement, fournit directement les nutriments essentiels comme l'azote, le phosphore et la potasse, nécessaires à la croissance des plantes. Cette pratique d'épandage de fumier ovin représente donc une voie judicieuse pour remédier aux carences des sols sableux de cette zone aride. (40) ; (36).

1.2.3. Cultures engrais verts / plantes de couverture

Le recours à des cultures de légumineuses telles que la fève, le pois chiche ou la luzerne offre un moyen naturel d'améliorer la fertilité des sols. En effet, grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique par le biais d'une symbiose avec des bactéries spécifiques, ces plantes permettent d'enrichir les terres cultivées en azote assimilable, élément nutritif essentiel. De plus, l'enfouissement des résidus de ces légumineuses dans le sol, que ce soit les racines ou les parties aériennes, fournit un apport conséquent de matière organique fraîche. Cette dernière, par sa décomposition, participe au renouvellement de l'humus et libère progressivement d'autres nutriments. Ainsi, l'introduction de ces cultures dans les rotations ou en engrais verts constitue un moyen écologique et durable d'amender les sols, en les fertilisant à la fois en azote et en matière organique(35)

1.2.4. Paillis végétal

L'application d'un paillage composé de résidus végétaux tels que des tiges ou des feuilles offre de multiples bénéfices pour les sols cultivés. Tout d'abord, cette couverture du sol constitue un rempart efficace contre l'érosion éolienne, problématique récurrente dans les zones arides et ventées. En effet, les résidus paillés limitent l'impact desséchant et abrasif des vents sur la terre nue. De plus, le paillage permet de réduire considérablement l'évaporation depuis la surface du sol, contribuant ainsi à conserver précieusement l'humidité disponible pour les cultures. Enfin, la dégradation progressive de ces résidus organiques au contact du sol assure un apport continu de matière organique, amendement naturel améliorant la fertilité des terres. Cette technique du paillage végétal offre donc des avantages agronomiques et environnementaux en protégeant durablement la ressource sol contre l'érosion et la sécheresse. (9)

1.2.5. Rotation des cultures

La mise en place d'une rotation culturale raisonnée, incluant notamment des légumineuses, des engrais verts et des cultures sarclées, présente plusieurs avantages. Tout d'abord, cette alternance judicieuse des cultures permet de rompre les cycles des organismes

nuisibles tels que les mauvaises herbes, les ravageurs et les pathogènes, réduisant ainsi le besoin d'utiliser des produits chimiques de synthèse. De plus, l'introduction de légumineuses, qui fixent l'azote atmosphérique, ou de cultures d'engrais verts, favorise l'enrichissement naturel des sols en azote et en matière organique. Les cultures sarclées, quant à elles, améliorent l'aération du sol grâce à leur système racinaire pivotant et leur entretien régulier. (8)

1.3. Les moyens de traitements physiques du sol :

1.3.1. Drainage

Pour assainir les terres salines, il est essentiel de mettre en place un système d'évacuation des excédents d'eau et de sels. L'installation de fossés de drainage ou d'un réseau de drainage souterrain permet d'évacuer efficacement ces excès, rendant ainsi les sols cultivables. (14)

1.3.2. Lixiviation / Lessivage

Cette technique consiste à apporter un excès d'eau d'irrigation, couplé à un système de drainage performant. Cela permet d'entraîner et d'éliminer les sels solubles présents dans la zone d'enracinement des plantes. (14)

1.3.3. Labour profond / Sous-solage

Un labour ou un sous-solage profond vise à casser les couches imperméables pour favoriser l'infiltration de l'eau de lixiviation ; (37)

Nivellement

Le nivellement du sol par des travaux de terrassement facilite une lixiviation homogène et évite l'accumulation de sels en certains points (37)

1.3.4. Paillage

L'application d'un paillage (résidus végétaux, plastique) à la surface réduit l'évaporation et empêche l'accumulation de nouveaux sels (9)

1.3.5. Brise-vents

La plantation de brise-vents (haies, bandes boisées) protège les sols contre l'érosion éolienne et l'apport de sels exogènes par les vents (44)

Conclusion de chapitre II :

La lutte contre la dégradation des sols dans les zones arides telles qu'El Oued requiert une approche holistique combinant diverses méthodes chimiques, organiques et physiques. L'application d'amendements calcaires, de matière organique et d'engrais permet de rectifier le pH, la structure et la fertilité des sols cultivés. L'utilisation d'acides ou de gypse cible spécifiquement les problèmes de salinité et de sodicité.

Des pratiques agricoles adaptées telles que le compostage, l'épandage de fumier, les cultures d'engrais verts, le paillage et les rotations contribuent également à enrichir les sols de manière durable en matière organique et en nutriments. De plus, la mise en place de systèmes de drainage, la lixiviation par une irrigation excessive et le labour profond du sol aident à éliminer les excès d'eau et de sels nuisibles.

Cette combinaison réfléchie de pratiques agronomiques offre des solutions concrètes pour assainir, amender et préserver durablement la fertilité des terres arables dans ces environnements arides contraignants. Une gestion rationnelle et intégrée des ressources sols est essentielle pour assurer la pérennité de l'activité agricole et la sécurité alimentaire des populations vivant dans ces régions désertiques.

Mais au-delà de ces moyens chimiques, l'adoption de bonnes pratiques culturales s'avère essentielle. L'intégration des céréales dans les rotations agricoles joue un rôle clé pour minimiser les risques de salinisation. Grâce à leur système racinaire puissant et leurs besoins en eau modérés, les cultures céréalières contribuent à lessiver les sels en excès présents dans le sol. De plus, l'alternance avec d'autres cultures comme les légumineuses permet d'enrichir naturellement les terres en azote et matière organique.

*L'importance de
l'intégration des céréales
dans la rotation agricole
pour minimiser le risque de
salinisation*

Chapitre III

L'importance de l'intégration des céréales dans la rotation agricole pour minimiser le risque de salinisation :

L'intégration judicieuse des céréales dans les rotations agricoles représente une stratégie efficace pour atténuer les effets néfastes de la salinisation des sols, en particulier dans des régions comme El Oued en Algérie. En diversifiant les cultures et en optimisant l'utilisation des ressources en eau, cette pratique aide à préserver la qualité du sol tout en minimisant l'accumulation de sels nocifs. Elle contribue ainsi à une gestion durable des terres agricoles, essentielle pour soutenir la productivité agricole à long terme et répondre aux défis environnementaux croissants.

1.1. Diversification des cultures :

La rotation des cultures en incluant les céréales joue un rôle essentiel dans la prévention de la salinisation des sols. Cette pratique agroécologique permet de diversifier les systèmes racinaires et les besoins en eau des plantes, ce qui contribue à réduire l'accumulation excessive de sels dans les horizons supérieurs du sol. En effet, l'alternance des cultures avec des systèmes racinaires différents favorise une meilleure exploration du sol par les racines et une utilisation plus efficace de l'eau, limitant ainsi le risque de concentration des sels dans les zones d'enracinement superficielles. De plus, certaines céréales comme le blé, l'orge et le sorgho présentent une tolérance relativement élevée à la salinité, ce qui permet de les cultiver dans des conditions de salinité modérée sans pertes importantes de rendement (32)

1.2. Tolérance à la salinité :

Les céréales telles que le blé, l'orge et le sorgho possèdent une caractéristique unique qui leur confère une tolérance relativement élevée aux conditions de salinité modérée des sols. Grâce à des mécanismes physiologiques et biochimiques spécifiques, ces cultures sont capables de s'adapter et de se développer dans des environnements où la concentration en sels solubles est plus élevée que la normale. Cette tolérance leur permet de maintenir des niveaux de rendement acceptables, malgré la présence de stress salin qui serait préjudiciable à d'autres espèces végétales moins résistantes. Par conséquent, l'intégration judicieuse de ces céréales tolérantes dans les rotations culturales offre une solution durable pour l'exploitation agricole des terres affectées par une salinité modérée, sans compromettre de manière significative la productivité (27)

1.3. Lixiviation des sels :

Certaines céréales, telles que le blé, possèdent un système racinaire profond et étendu, leur permettant d'explorer les horizons plus profonds du sol. Cette caractéristique leur confère un avantage particulier dans la gestion de la salinité des sols. En effet, lorsque ces cultures prélèvent l'eau présente dans les couches profondes du sol, elles favorisent un mouvement descendant des sels dissous. Ce phénomène, appelé lixiviation, entraîne les sels vers les horizons inférieurs, éloignant ainsi la zone d'accumulation excessive des racines superficielles. Grâce à ce processus, les céréales à enracinement profond contribuent à diminuer la concentration en sels dans la rhizosphère, créant ainsi des conditions plus favorables pour leur croissance et leur développement(33)

1.4. Amélioration de la structure du sol :

L'intégration judicieuse des céréales dans les rotations culturales peut contribuer à l'amélioration de la structure physique du sol. En effet, ces cultures développent généralement un système racinaire dense et fibreux, qui favorise la formation d'une structure grumeleuse et poreuse. Cette structure particulière présente plusieurs avantages cruciaux dans la gestion de la salinité des sols. Tout d'abord, elle facilite une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, réduisant ainsi les risques de ruissellement et d'érosion. Ensuite, elle permet un drainage plus efficace de l'excès d'eau, empêchant l'accumulation prolongée d'eau salée dans les horizons supérieurs. Grâce à cette amélioration de la structure, les sels solubles peuvent être plus facilement lessivés vers les horizons inférieurs, diminuant ainsi leur concentration excessive dans la zone racinaire principale (20).

1.5. Gestion de l'eau d'irrigation :

Une caractéristique notable des céréales réside dans leurs besoins hydriques généralement plus faibles en comparaison avec de nombreuses autres cultures. Cette particularité présente un avantage significatif dans la gestion de la salinité des sols. En effet, les céréales nécessitant moins d'apports en eau d'irrigation, les risques d'accumulation excessive de sels dans le sol sont considérablement réduits. L'irrigation excessive, souvent pointée comme une cause majeure de la salinisation des terres agricoles, entraîne l'apport continu de sels dissous présents dans l'eau, lesquels s'accumulent progressivement dans le sol. Cependant, en cultivant des céréales aux besoins hydriques modérés, les quantités d'eau d'irrigation requises

sont moindres, limitant ainsi l'apport supplémentaire de sels et prévenant leur concentration excessive dans la rhizosphère (43)

Conclusion de chapitre III :

En somme, l'intégration judicieuse des céréales dans les rotations culturales représente une stratégie agroécologique essentielle pour prévenir et minimiser les risques de salinisation des sols agricoles. Grâce à leurs caractéristiques spécifiques, telles que la tolérance à la salinité modérée, l'enracinement profond favorisant la lixiviation des sels, l'amélioration de la structure du sol et les besoins hydriques réduits, les céréales offrent des avantages multiples dans la gestion durable de ce problème environnemental majeur. Leur inclusion stratégique dans les systèmes de culture permet de préserver la fertilité et la productivité des terres agricoles, tout en assurant une utilisation plus rationnelle des ressources en eau. Cette approche représente ainsi une solution viable et respectueuse de l'environnement pour relever les défis croissants de la salinisation dans les régions arides et semi-arides.

Deuxième Partie :
Etude Expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

CHAPITRE I**Matériel et méthodes****Introduction :**

Après avoir examiné l'importance théorique de l'intégration des céréales dans la rotation agricole pour minimiser les risques de salinisation des sols, il est essentiel d'explorer les aspects pratiques de cette approche. Dans ce volet, nous allons présenter une étude de terrain visant à évaluer l'efficacité de différentes méthodes de revitalisation des sols appauvris et salins dans la région d'El Oued, en Algérie. Cette expérimentation rigoureuse met en œuvre diverses stratégies innovantes, notamment l'utilisation de traitements chimiques, d'amendements organiques et de pratiques culturales spécifiques, dans le but de restaurer la fertilité et la productivité des terres agricoles dégradées par la salinité. Les résultats obtenus fourniront des informations précieuses pour optimiser la gestion durable des ressources sols et eau dans cette région aride, tout en démontrant l'importance cruciale de l'intégration des céréales dans les systèmes de culture.

2. Objectif de l'étude

L'étude vise à proposer des méthodes efficaces pour revitaliser les sols appauvris afin de réhabiliter les terres agricoles abandonnées dans la région d'El Oued.

Des solutions innovantes sont mises en œuvre pour restaurer la fertilité des sols dans le but de rendre les terres agricoles productives à nouveau.

3. Origine et caractéristiques du matériel utilisé**3.1. Matériel végétale :**

Graines de triticale.

3.2. Matériels utilisés**La pelle :**

La pelle est un outil manuel simple et durable, utilisé en construction, agriculture et pour des tâches domestiques comme le nettoyage et l'enlèvement de la neige. Composée d'une partie métallique et d'une manche.



Figure 1 : Photo de la pelle

Testeur de l'humidité et du pH du sol :

C'est un instrument utilisé pour mesurer les pH, L'humidité du sol, et aussi de la luminosité



Figure 2 : Photo de l'instrument de mesure du pH, et de l'humidité du sol du sol

Appareil Multiparamètre :

C, est une Appareil multiparamètre robuste et étanche qui surveille jusqu'à 4 paramètres clés de qualité de l'eau différents. La sonde avec multi capteurs permet de mesurer des paramètres clés (pH, salinité, humidité, température).



Figure 3: Photo de Appareil Multiparamètre

3.3. Traitements utilisés

❖ Benzoate de Sodium (NaB)

Le benzoate de sodium, ayant pour formule chimique $C_7H_5NaO_2$, est un sel blanc, inodore, qui se présente sous forme cristalline et est généralement trouvé sous forme de poudre ou de grains. Son poids moléculaire est de 114,11, et sa solubilité augmente avec l'élévation de la température de l'eau. Environ 99% de ce composé est sous forme sèche, avec 84,7% de celui-ci étant constitué d'acide benzoïque. (37)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 grammes de NaB dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.

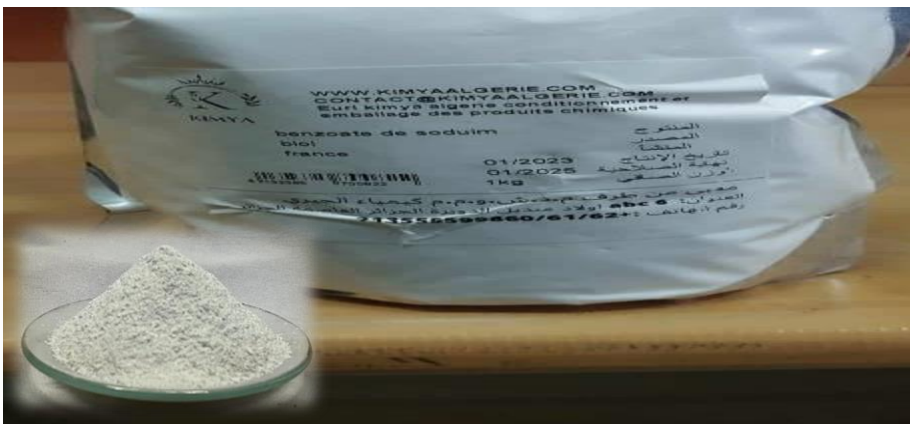


Figure 4: Photo d'illustration : Benzoate de Sodium (NaB)

❖ Tri éthylène amine (TETA) :

Le tri éthylène amine (TETA) est un composé organique utilisé comme agent chélateur dans l'agriculture. Grâce à sa structure chimique, il forme des complexes stables avec différents oligo-éléments métalliques présents dans le sol comme le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse. Dans les sols carencés en ces oligo-éléments essentiels, le TETA facilite leur assimilation par les plantes en les solubilisant, les protégeant contre la précipitation, et favorisant leur transport au sein de la plante. Son utilisation permet donc de corriger efficacement les carences en oligo-éléments, améliorant la croissance, le développement et le rendement des cultures, particulièrement dans les sols à pH élevé où la biodisponibilité des oligo-éléments est réduite. (17)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 ml de TETA dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 5: Photo d'illustration : Tri éthylène amine (TETA)

❖ Gomme Arabica (GA)

La gomme naturelle est une substance visqueuse extraite des acacias, des arbres épineux présents dans les régions arides et semi-arides. Cette gomme est utilisée comme amendement pour améliorer les propriétés des sols sableux, qui ont une faible rétention en eau et une structure instable à cause de leur texture grossière. Lorsqu'elle est incorporée à ces sols, la gomme d'acacia joue un rôle de liant en agglomérant les particules de sable en petits agrégats. Cela améliore la structure du sol, facilite l'infiltration de l'eau et réduit le lessivage des nutriments. De plus, grâce à ses propriétés hygroscopiques, la gomme permet d'augmenter la rétention en eau disponible pour les plantes dans les sols sableux traités. Selon une étude scientifique, l'application de cette gomme s'est avérée efficace pour améliorer durablement les propriétés physiques défavorables des sols sableux arides et semi-arides, en particulier leur structure et capacité de rétention en eau. (1).

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de GA dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 6: Photo d'illustration : Gomme arabica (GA)

❖ Acide Salicylique (AS)

L'acide salicylique (AS) est une phytohormone qui s'applique dans divers domaines qui répondent à la physiologie des plantes, notamment dans les mécanismes de défense contre le stress, les biotiques et les abiotiques. Plus d'études sur la preuve du puissant acide salicylique dans l'amylose des plantes et le stress salin, qui sont les principales graines qui protègent les plantes auxiliaires auxquelles font face les cultures dans les sels. (34)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de AS dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.

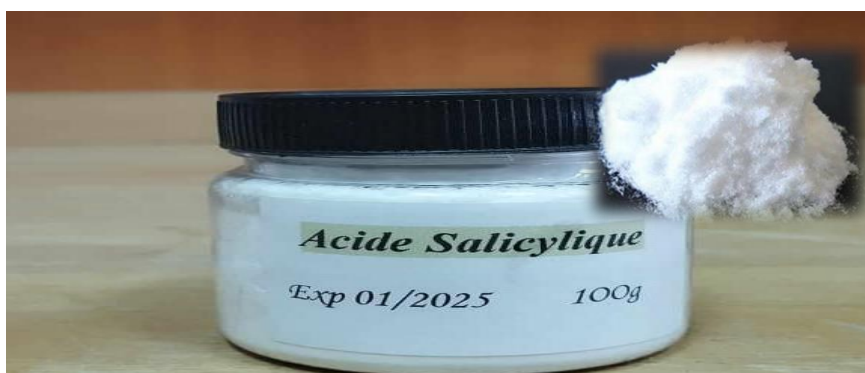


Figure 7 : Photo d'illustration : Acide salicylique (AS)

❖ Polyéthylène glycol 4000 (PEG 4000)

Le PEG 4000 est un polymère hydrosoluble qui trouve de nombreuses applications dans divers domaines industriels, pharmaceutiques et médicaux. Dans le domaine agricole, son utilisation dans les sols dégradés et salins présente plusieurs avantages (Abid et al., 2018). Il agit comme un agent liant favorisant l'agrégation des particules du sol, améliorant ainsi sa structure et l'infiltration de l'eau, ce qui réduit les risques d'érosion. Le PEG 4000 aide également à diminuer la salinité en liant les ions de sels, favorisant la croissance des plantes. Il agit comme un agent hydratant permettant une meilleure rétention d'eau dans le sol, un atout précieux dans les régions arides. En améliorant la structure et la disponibilité en eau du sol, il favorise la croissance végétale dans des environnements difficiles. Enfin, il peut aussi limiter la toxicité des sols en réduisant la disponibilité des substances toxiques pour les plantes. (28)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de PEG 4000 dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.

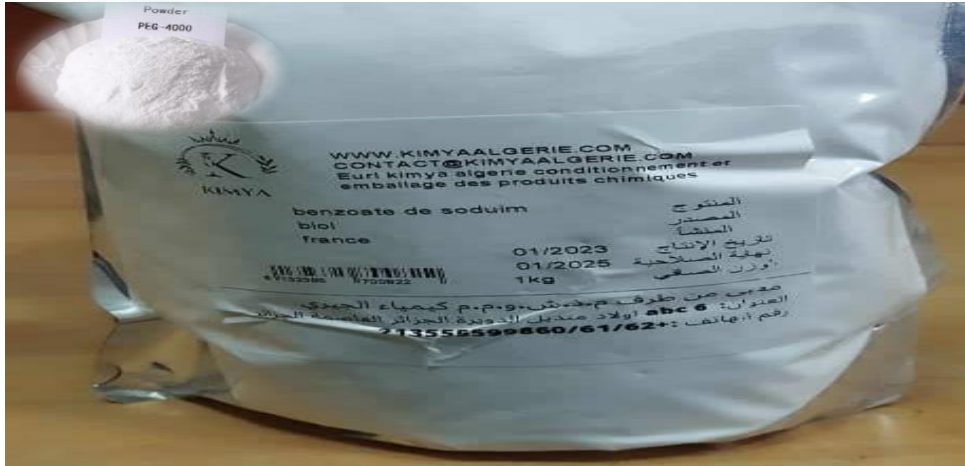


Figure 8: Photo d'illustration : Polyéthylène glycol 4000 (PEG 4000)

❖ Charbon Actif (CA)

Le biochar possède une structure très poreuse et une grande surface spécifique, lui conférant d'excellentes propriétés adsorbantes. Lorsqu'incorporé dans les sols contaminés par des composés organiques comme les hydrocarbures, pesticides ou autres polluants, le biochar peut adsorber ces composés sur sa surface poreuse par des interactions hydrophobes, les piégeant ainsi et limitant leur mobilité et biodisponibilité. Il promeut également l'activité microbienne en fournissant un habitat propice aux microorganismes dégradants qui peuvent décomposer ces polluants. De plus, le biochar améliore la rétention d'eau et les propriétés physico-chimiques du sol, créant un environnement plus favorable à la biodégradation. Son utilisation comme amendement permet donc de réduire les risques de transfert des polluants organiques vers les nappes phréatiques ou les écosystèmes environnants, représentant une technique de remédiation prometteuse, durable et respectueuse de l'environnement. (21)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de CA dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 9: Photo d'illustration : Charbon Actif (CA)

❖ **Acide Lactique (AL)**

L'acide gluconique est un composé clé sécrété par les BSP impliqué dans la solubilisation des nutriments. Dans les sols basiques (pH élevé), cet acide abaisse localement le pH, ce qui augmente la solubilité et la biodisponibilité des phosphates insolubles ainsi que d'autres nutriments comme le fer, le zinc et le manganèse, souvent peu disponibles à pH basique. L'acidification stimule également l'activité enzymatique impliquée dans la minéralisation de la matière organique, libérant davantage de nutriments. Ainsi, l'inoculation des sols basiques avec des BSP productrices d'acide gluconique représente une stratégie biologique prometteuse pour améliorer la nutrition minérale des cultures dans ces environnements défavorables à l'assimilation des nutriments. (45)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 ml de AL dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 10: Photo d'illustration : Acide Lactique (AL)

❖ **Acide Citrique (AC)**

L'acide Citrique possède la capacité de former des complexes stables avec les ions fer grâce à ses groupements carboxyliques, lui conférant des propriétés chélatantes intéressantes en agriculture. Dans les sols calcaires à pH élevé, où le fer est peu disponible sous forme d'oxydes insolubles, l'application d'acide citrique permet de pallier les carences en fer de plusieurs manières : il chélate et solubilise le fer pour le rendre assimilable, il abaisse localement le pH autour des racines favorisant la solubilité du fer, et il facilite le transport et la translocation du fer dans la plante en formant des complexes fer-citrate stables. L'utilisation de cet acide comme chélateur naturel représente donc une alternative durable aux chélateurs synthétiques pour corriger les carences en fer, particulièrement adaptée à l'agriculture biologique. (10)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de AC dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.

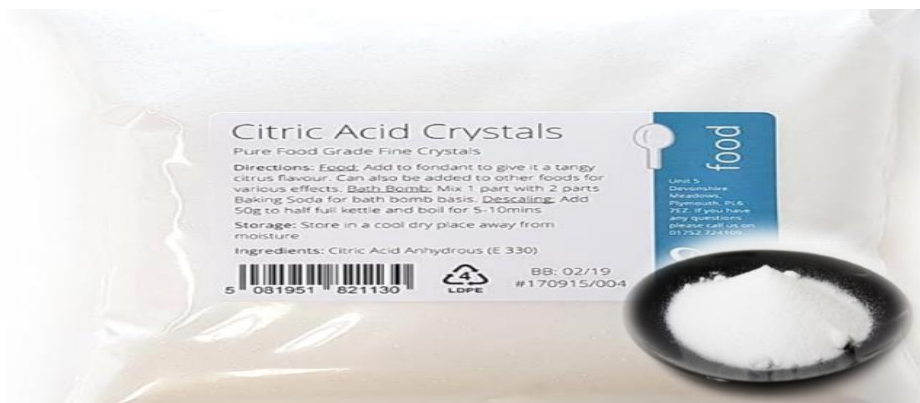


Figure 11: Photo d'illustration : Acide citrique (AC)

❖ **L'eau Magnétisée : (EM)**

L'eau Magnétisée est obtenue en faisant passer de l'eau à travers un champ magnétique spécifique, ce qui réorganise ses charges et modifie plusieurs de ses propriétés. Son utilisation en irrigation présente de nombreux bénéfices : une meilleure absorption des minéraux par les plantes, une accélération de leur maturation, une augmentation de leur résistance aux maladies, une meilleure efficacité pour le lavage des sels accumulés dans les sols, une réduction des besoins en engrais chimiques et une élimination plus rapide des sels du sol. Les principaux autres avantages de son application incluent une économie de semences d'environ 50%, un raccourcissement du stade de croissance de 15-20 jours, une

réduction de 60-70% des maladies, une augmentation des rendements d'environ 40%, une économie d'eau d'irrigation d'environ 30% et un meilleur conditionnement des sels du sol. (26)

Nous avons relié deux bouteilles d'eau à un champ magnétique afin que leur contenu soit magnétisé avant d'être utilisé pour l'arrosage. La quantité d'eau magnétisée versée dans chaque pot d'arrosage varie entre un demi-litre et un litre selon les besoins.



Figure 12: Photo d'illustration : L'eau magnétisée (EM)

❖ **Sorbet de Potassium : (PS)**

Le sorbet de Potassium est un composé ionique dérivé de l'acide sorbique avec des propriétés antimicrobiennes. Il est principalement utilisé comme conservateur alimentaire pour inhiber la croissance des moisissures, levures et certaines bactéries afin de prolonger la conservation des aliments. En agriculture, il est appliqué sur les sols en tant que fongicide pour lutter contre certains champignons phytopathogènes responsables de maladies fongiques des cultures comme la pourriture des racines ou des moisissures. Son mode d'action perturbe le métabolisme énergétique et la perméabilité membranaire des champignons cibles. Bien que moins efficace que les fongicides synthétiques, son faible impact environnemental en fait une alternative intéressante, notamment en agriculture biologique. Cependant, son utilisation dans les sols doit être raisonnée car à fortes doses, il peut affecter la microflore non-cible bénéfique pour les plantes. (41)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de PS dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 13: Photo d'illustration : Sorbet de Potassium (PS)

❖ **Xanthane (GX)**

Le xanthane, un composé organique naturel présent dans diverses plantes, joue un rôle crucial dans la croissance des plantes et leur réponse au stress environnemental, y compris les conditions de sols salins. Elle agit comme un puissant régulateur, améliorant la croissance des plantes, l'absorption des nutriments, la photosynthèse et l'activité enzymatique. Ces effets favorisent la croissance des plantes même dans des conditions nutritionnelles limitées ou dans des environnements agricoles intensifs. De plus, le xanthane favorise la tolérance au stress salin et stimule la croissance des micro-organismes bénéfiques dans le sol. Ces micro-organismes contribuent à améliorer la nutrition des plantes et à renforcer leur résistance aux stress environnementaux.(29)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de GX dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 14: Photo d'illustration : Xanthane (GX)

❖ Gouar (GG)

La gomme de guar est un polysaccharide naturel très visqueux composé principalement de galactomannanes. Lorsqu'ajoutée aux sols, elle joue un rôle important comme agent liant et stabilisateur de structure. Elle agit comme un liant entre les particules de sol, favorisant leur agrégation et la formation d'une structure grumeleuse stable. Elle améliore également la capacité de rétention en eau grâce à ses propriétés hygroscopiques, augmente la résistance des agrégats à l'érosion hydrique et éolienne, et facilite l'aération du sol en améliorant sa porosité. L'utilisation de cette gomme permet donc de remédier aux problèmes de dégradation structurale, en particulier dans les sols sableux ou pauvres en matière organique, contribuant ainsi à créer un environnement édaphique plus favorable à la croissance des cultures. (16)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g de GG dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 15: Photo d'illustration : Gouar (GG)

❖ Acide Sulfurique (H₂SO₄)

L'application d'acide sulfurique dans ces types de sols vise à abaisser le pH pour le ramener dans une gamme plus favorable à la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures. Les principaux effets bénéfiques sont la solubilisation des nutriments peu disponibles à pH élevé comme le phosphore, le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse, le déplacement des ions calcium et magnésium réduisant les problèmes de sodicité, ainsi que l'amélioration de l'activité microbienne et des processus de minéralisation. Cependant, son utilisation nécessite des précautions car un surdosage peut entraîner une acidification

excessive néfaste. Un contrôle régulier du pH est donc essentiel. L'amendement sulfurique représente une alternative aux amendements calcaires pour la gestion des sols basiques contraignants. Mais son application doit être raisonnée pour éviter les effets indésirables d'une sur-acidification. (22)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 0.5 ml d'acide sulfurique dans 11.5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot, Puis nous avons répété le traitement avec les mêmes normes le lendemain.



Figure 16: Photo d'illustration : Acide Sulfurique (H₂SO₄)

❖ Hydroxyéthylcellulose (HEC)

Les dérivés cellulosiques sont obtenus par modification chimique de la cellulose naturelle. Leur structure leur confère plusieurs propriétés intéressantes en agriculture :

Agent liant - Ils favorisent l'agrégation des particules de sol en liant temporairement les agrégats, améliorant ainsi la stabilité structurale. Rétention d'eau - Leur nature hygroscopique leur permet de former un gel et de retenir l'eau dans la matrice du sol, la rendant plus disponible pour les plantes. Contrôle de l'érosion - En stabilisant les agrégats, ils réduisent le risque d'érosion hydrique et éolienne. Amélioration de l'aération - La structure agrégée favorise une meilleure porosité et circulation de l'air. Leur utilisation est particulièrement bénéfique pour les sols sableux ou pauvres en matière organique manquant de cohésion. Cependant, des précautions sont nécessaires car un excès peut réduire l'infiltration de l'eau dans le sol. (38)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g HEC dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.



Figure 17: Photo d'illustration : Hydroxyéthylcellulose (HEC)

❖ Ethylène diamante tra acétique Acid (EDTA)

L'EDTA est un composé organique capable de former des complexes stables avec de nombreux ions métalliques grâce à ses groupements carboxyliques et aminés. Cette propriété chélatante le rend particulièrement efficace pour :

Solubiliser les oligo-éléments peu disponibles comme le fer, zinc, cuivre, manganèse en les chélatant. Protéger ces éléments contre leur insolubilisation et fixation dans les sols, notamment alcalins. Faciliter leur absorption par les racines des plantes et leur transport dans la plante.(39)

Son application chélatée avec des micronutriments permet donc de corriger efficacement les carences, souvent rencontrées dans les sols calcaires, alcalins ou avec un fort pouvoir fixateur. (39)

Pour le traitement, nous avons préparé une solution en dissolvant 3 g HEC dans 1,5 litre d'eau de puits. Ensuite, nous avons réparti cette solution en versant 0,5 litre dans chaque pot.

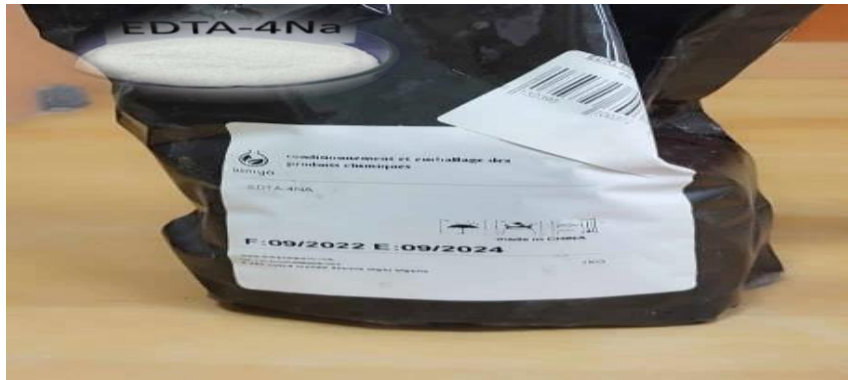


Figure 18: Photo d'illustration : Ethylene diamine tetra acetic Acid (EDTA)

4. Caractéristiques du site d'essai :

4.1. Situation Géographique

La région d'Oued Soufe se trouve dans le Sahara algérien, au sud-est de l'Algérie, près des limites nord du Grand Erg Oriental, située entre les latitudes 33° et 34° nord, et les longitudes 6° et 8° est, et elle borde les frontières tunisienne et libyenne.

La Wilaya d'El Oued couvre une superficie de 44 586,80 km² (4) et partage environ 300 km de frontière avec la Tunisie. Cette vaste zone sablonneuse est située à mi-distance entre la mer Méditerranée au nord et la frontière sud du Grand Erg Oriental au sud.

La wilaya d'El Oued est délimitée :

- Au nord, par les wilayas de Tebessa, Khenchela et Biskra
- A l'ouest par les wilayas d'El M'Ghair et de Touggourt ;
- Au sud et par la wilaya de Ouargla ;
- Et à l'est par la Tunisie.

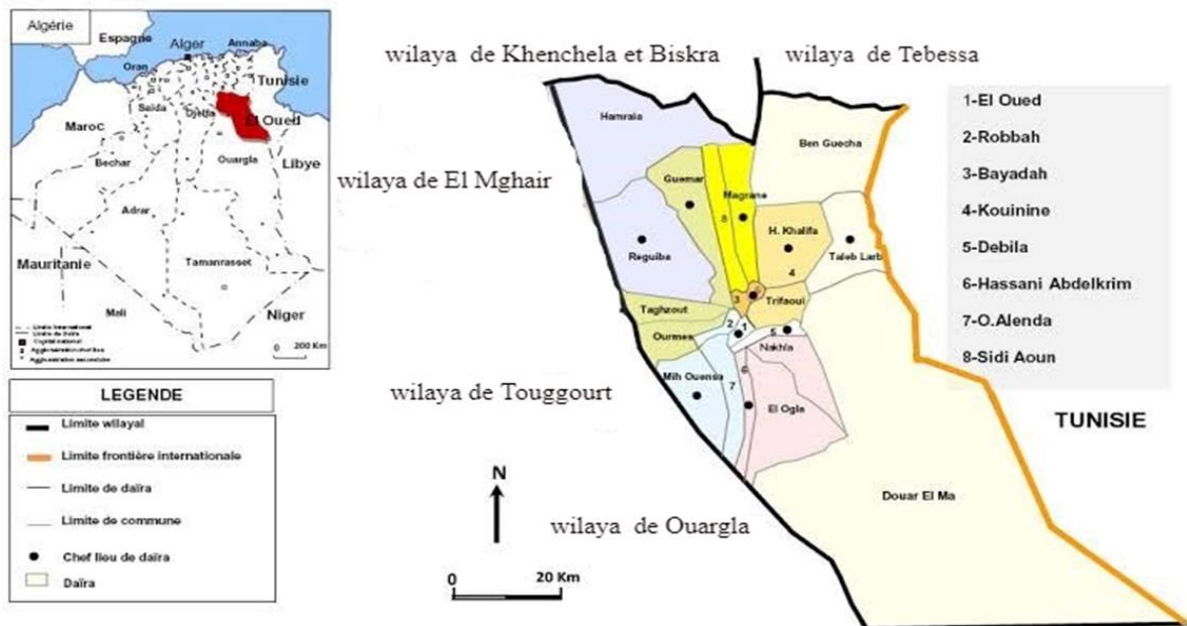


Figure 19: Situation Géographique de la Wilaya d 'ElOued

4.2. L'agriculture

L'agriculture est la principale activité de la région pour l'homme du souf comme culture dominante, la Pomme de terre, le tabac (Guémar), le palmier dattier dans les ghouts.

La région d'étude s'étend sur la ferme de M. Kamal Shaybah, située dans la zone agricole de Hadhoudi, au sein de la commune de Warmas, dans la daïra de Gamar, wilaya de l'Oued.



Figure 20: Localisation géographique de la région d'étude :

(<https://maps.app.goo.gl/6FLgEBGmqSAoZJgn8>)

4.3. Caractéristiques pédologiques

Sol caractérisé par une structure physique et chimique, l'activité biologique du sol est éléments fondamentaux pour assurer la durabilité de la productivité agricole et déterminer, en leur complexité, la fertilité du sol (47)

Le sable est la plus grosse des particules minérales, les particules de sable créent rapidement de grands espaces poreux, les sols avec un pourcentage élevé de sable sont généralement bien drainés. Les sols sableux n'ont pas la capacité de retenir nutriments et ne sont pas fertiles, les sols sableux semblent également granuleux au toucher. Généralement, ce sont des sols secs. Ils ne retiennent pas l'eau et les nutriments. (47)

Une de ses caractéristiques Physique les plus importantes

- Structure dégradée : réduction de la perméabilité et de l'aération.
- Mauvaise stabilité structurelle faible disponibilité de l'eau pour la plante. (47)
- Ils ont généralement une structure monogranulaire et des propriétés physiques médiocres qui se traduisent par une loi la capacité de rétention d'eau.

Les sols sableux ont une capacité chimique limitée, ce qui signifie qu'ils ont une faible capacité de rétention des éléments chimiques. Cela les rend particulièrement vulnérables à l'acidification. Par ailleurs, leur rapidité d'infiltration signifie qu'ils ne peuvent pas agir comme tampon, ce qui peut augmenter le risque de pollution des eaux souterraines

En ce qui concerne l'humidité du sol, les sols secs ne montrent généralement pas d'activité microbienne. Cependant, lorsque le niveau d'humidité augmente, l'activité des microorganismes augmente également, atteignant un pic puis redescendre progressivement (47)

En ce qui concerne les caractéristiques biologiques, les sols sableux présentent une faible activité microbienne, principalement parce que les organismes qui y vivent ont dû développer des mécanismes d'adaptation spécifiques pour résister aux conditions climatiques difficiles. Parmi les organismes présents dans ces sols, on trouve des bactéries, des champignons, des algues, ainsi qu'une variété de flore et de faune dans les couches inférieures du sol. La diversité biologique peut être assez importante malgré la faible activité microbienne globale (47)

Dans notre zone d'étude, la pomme de terre est cultivée depuis 2000

4.4. Problèmes de sol :

Puisque les sols sableux contiennent plus de 85% de grains de sable singuliers, donc : Il est pauvre en contenu de granulés fins, et donc sans construction. Perméabilité rapide.

Organique la matière diminue rapidement en raison de la sécheresse et des conditions de température élevées, de sorte que son pourcentage ne dépasse pas 0,2% Carence en colloïdes tels que granules d'argile, oxydes de fer et d'aluminium, comme ainsi que des Colloïdes Organiques Très faible capacité d'échange, ce qui se traduit par une nette diminution de la fertilité de ces espèces de terres. Très peu d'activité vitale en raison du manque d'humidité et de nutriments. Hétérogénéité dans la distribution de l'eau après l'irrigation, on constate donc que les zones proches du drainer le bassin versant reçoit une grande partie de l'eau, tandis que la fin du champ peut être refusée y accéder à l'eau. (47)

4.5. Caractéristiques climatiques :

La région d'El Oued est caractérisée par un climat désertique. Pendant toute l'année, il n'y a pas pratiquement aucune précipitation, avec une précipitation annuelle moyenne est de 65 mm La température annuelle moyenne est de 8..6 °C. Source : Climate-data.org

Température

La région d'El-oued se caractérise par un climat aride de type saharien désertique, en hiver la température baisse au-dessous de 0°c alors qu'L'été elle atteint 50°c. (15)

Tableau 1 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima en 2023

(TUTTIEMPO, 2024).

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T	10.2	12.9	19.1	21.9	25	31.6	38	33.5	30.2	25.1	18.4	12.5
TM	17	18.8	25.5	28.9	31.1	37.9	45	26.8	36.4	31.6	25	18.7
Tm	4.2	6.7	12.2	14.6	18.6	24.5	30.3	26.8	24	18.4	12.5	7.5

T : Température moyenne (°C)

TM : La température maximale (°C)

Tm : Température minimale (°C)

Précipitation

La pluviométrie moyenne varie entre 80 et 100 mm / an (période d'Octobre à février). (15)

Tableau 1 : Précipitations en mm enregistrées à la région de Souf durant l'année 2023

(TUTTIEMPO, 2024).

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Pp	0	6.86	0	4.06	10.16	1.02	0	0.5	0	0	2.03	5.08

PP : Précipitations et / ou la fonte des neiges total (mm)

Les vents

Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé durant toute l'année. Le Sirocco peut provoquer des dégâts très importants (dessèchement, déshydratation). Les vents de sables envahissent régulièrement les cultures. (15) .

Tableau 2: Valeurs maxima de la vitesse des vents de chaque mois en 2023 dans la région de Souf.

(TUTIEMPO, 2024).

MOIS	Janvier	Févier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
V	9.3	12.2	13	15.1	10.16	14.4	11.5	11.3	11.6	8.8	10	9.5
VM	15.9	18.3	20.2	20.1	25.5	23.9	19.7	20.5	19	15.8	17.5	17.5

V : Vitesse moyenne du vent (Km/h)

VM : Vitesse maximale de vent soutenu (Km/h)

L'humidité de l'air

C'est la vapeur d'eau qui maintient dans l'atmosphère une certaine humidité relative. Elle dépend de plusieurs facteurs, notamment la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, telles que les orages de pluie fine (15)

Tableau 3 : L'humidité en enregistrées à la région de Souf durant l'année 2023.

(TUTIEMPO, 2024).

MOIS	Janvier	Févier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
H	47.9	47.6	32.3	32	35.9	29.3	17.5	27.5	32.9	34.6	46	60

H : Humidité relative moyenne (%)

Caractéristiques climatiques du période végétative

Tableau 4: Caractéristiques climatiques du période végétative.

(TUTIEMPO, 2024).

Données climatiques moyens mensuels et totales du : Février, Mars et Avril 2024											
Jour	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM	VG	
Février	15.2	21	9.5	109..5	43.5	2.03	8.7	13.1	15..7	-	
Mars	19	25.8	12.1	1015..9	33	0.25	8.5	111..3	9..4	-	
Avril	23.3	27	15.7	1912..2	40.8	311..74	7.4	15..7	27	-	

T	Température moyenne (°C)
TM	La température maximale (°C)

Tm	Température minimale (°C)
SLP	La pression atmosphérique au niveau de la mer (hPa)
H	Humidité relative moyenne (%)
PP	Précipitations et / ou la fonte des neiges total (mm)
VV	Visibilité moyenne (Km)
V	Vitesse moyenne du vent (Km/h)
VM	Vitesse maximale de vent soutenu (Km/h)
VG	Vitesse maximale du vent (Km/h)

5. Installation et conduite de l'essai

5.1. Domaine temporel :

L'expérience agricole de l'étude de recherche s'est étendue de février 2024 à mai 2024

5.2. Domaine géographique

L'étude a été réalisée dans la « zone agricole d'Al-Hadhoudi » de la municipalité de Warmas, le département des jeux de hasard de l'État de la vallée, qui se trouve à environ 15 kilomètres

5.3. Les étapes de l'expérimentation :

- Choisissez l'emplacement de l'expérience.
- Prenez le sol le 29 janvier 2024.
- Préparation de matériaux transformés : (Benzoate de sodium ; Tri éthylène amine ; Gomme Arabie ; Acide salicylique ; Polyéthylène glycol 4000 (PEG 4000) ; Carbon actif ; Acide lactique ; Acide citrique ; Eau magnétique ; Sorbet de Potassium ; Xanthane ; Gouar ; Acide Sulfurique ; Hydroxyéthylcellulose (HEC) ; Acide lactique ; (EDTA) ; acide Citrique).
- Préparation des grains de triticales.
- Détermination du temps et de la méthode d'irrigation.
- Agriculture triticales sur 01/02/2024.
- Le premier traitement a lieu le 12/02/2024.
- Le deuxième traitement a lieu le 17/05/2024.
- Préparation d'un tableau pour suivre les changements morphologiques de la plante.

5.4. Lieu de l'expérience

Pépinière universitaire utilisant le sol de la zone d'Al-Hadhoudi

5.5. Mise en œuvre de l'expérience :

5.5.1. Préparation des pots pour la plantation :

Apporter de la terre de la ferme de M. Kamal Chiba située dans les environs agricoles de la zone d'Al-Hadhoudi Cette expérimentation a été menée pendant la saison agricole (2024) pour une durée de quatre mois. L'échantillon de sol a été prélevé sur la couche superficielle du sol à une profondeur comprise entre (10 et 15 cm). Le 29-01-2024.



Figure 21: Photo de la façon de prélever le sol de la ferme

Ensuite, remplir des pots en plastique de dimensions (49 cm) comme hauteur (30 cm) comme diamètre et Superficie de diamètre (0,07065) mètres carrés avec de la terre agricole ; Le poids de la terre était d'environ. (23 kg.) et laisser une distance de 05 cm du remplissage pour permettre le processus d'irrigation.



Figure 22: Photo d'illustration Préparez les pots avec le sol pour la plantation

Arroser le sol pour le préparer à la plantation 24 heures à l'avance à raison de 2 litres. Le 30-01-2024.

Faire tremper les graines 12 heures dans l'eau avant de les planter. Le 30-01-2024



Figure 23: Photo d'illustration Triticale

Les graines ont été plantées dans des petits trous espacés de 3 cm, à une profondeur de 2 cm, à raison de 1 graine par trou, 16 graines par pot, le 01/02/2024.

Le traitement était de 1 g pour les solides et 1 ml pour les liquides avec un demi-litre d'eau dans chaque pot. Sauf pour l'acide citrique, nous l'avons ajouté 0.33 ml avec un demi-litre d'eau dans chaque pot



Figure 24 : Photo montrant comment planter du triticale dans un pot

5.5.2. Processus d'irrigation :

Après la plantation, les graines ont été irriguées avec 1 litre afin d'éliminer l'air. L'arrosage a été répété le troisième et le cinquième jour afin de fournir l'humidité nécessaire. L'arrosage est ensuite effectué au besoin pour favoriser l'approfondissement des racines.

L'arrosage est effectué le matin pour permettre à la surface du sol de sécher un peu afin d'éviter la propagation de maladies fongiques.

Après traitement, tous les pots ont été arrosés normalement, d'un demi-litre à un litre, deux à trois fois par semaine.

5.5.3. Plan d'expérience :

L'expérience a été conçue en plaçant le sol dans 48 pots divisés en 16 groupes de nombre égal, de sorte qu'à l'intérieur de chaque groupe à tour de rôle 03 répétitions, soit un total de 48 pots dans chaque pot 16 graines.

Témoin	Acide citrique	EDTA	Gouar	Sorbate de potassium	Acide Salicilique	Acide lactique	Benzoate de sodium	الممر
Gomme arabica	PEG 4000	Acide sulfurique	Xanthone	HEC	Magnatic Wat	Charbon actif	Tri-éthylène-amine	
PEG 4000	Témoin	Acide sulfurique	Tri-éthylène-amine	EDTA	Magnatic Wat	Acide citrique	Gomme arabica	
HEC	Charbon actif	Gouar	Acide lactique	Sorbate de potassium	Xanthone	Benzoate de sodium	Acide Salicilique	
Acide Salicilique	Xanthone	Témoin	Benzoate de sodium	Acide lactique	Gouar	Magnatic Wat	PEG 4000	
Acide citrique	HEC	Tri-éthylène-amine	EDTA	Gomme arabica	Acide sulfurique	Sorbate de potassium	Charbon actif	

Figure 25: Graphique montrant la répartition des pots en pépinière en fonction de chaque traitement



Figure 26: Une photo montrant la répartition des pots dans la pépinière en fonction de chaque traitement

5.5.4. Les transactions d'expérience :

- Nous avons laissé 03 des pots restants comme témoins et tous les 45 autres pots ont été traités.
- Le sol a été traité en mélangeant les matériaux dans l'eau jusqu'à ce qu'ils soient homogènes, puis en arrosant le sol avec le mélange homogène le 12/02/2024 Et répétez le traitement un jour 17/05/2024.
- Suivez le processus de croissance.

6. Détermination des différents stades phénologiques de la culture de triticales**6.1. Définition de triticales :**

Le triticales (X Triticosecale) est une céréale secondaire résultant de l'hybridation du blé et du seigle. Ces dernières années, elle s'est affirmée comme la céréale de choix dans les régions dédiées à l'élevage. Et son cycle de vie est :

Du point de vue phénotypique, le triticales ressemble beaucoup au blé, mais il se distingue par une vigueur plus prononcée, des épis plus grands, et un plus grand nombre d'épillets. Son cycle de croissance comprend plusieurs étapes, depuis la germination jusqu'à la maturation des grains.(46)

6.2. Paramètres morphologiques :

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

6.2.1. Nombre de plants par mètre carré :

La densité des ailes de chaque placette a été déterminée en utilisant la surface du diamètre du godet en mètres carrés où la surface était de 0,07065 et en utilisant le quart proportionnel, le résultat était de 226 grains par mètre carré

6.2.2. Le nombre de talles herbacées :

Herbe est déterminé par comptage direct du nombre de travail du sol sur herbe pour 03 plantes / génotype / masse, à la fin de la phase de tallage en 20-02-2024 Le travail moyen du sol sur herbe est ensuite déterminé pour chaque plante.

6.2.3. Le nombre de talles épi :

A été déterminé par comptage direct du nombre d'épis formés par 03 plantes / héréditaires / masse, au stade de maturité. Ensuite, le travail moyen de l'épi / de la plante est déterminé.

6.2.4. Le rapport tallage épi :

Sur la pelouse Ce rapport est estimé par la formule suivante et en (%) :

$$\text{Rapport tallage/tallage herbacé} = \text{Nombre de talles épi} / \text{Nombre de talles herbacés}$$

6.2.5. La hauteur des plantes :

La hauteur de la plante a été estimée sur un échantillon de 03 plantes / génotype / masse, au stade de maturité du niveau du sol au sommet de l'épi, à l'exclusion des épines, à l'aide d'un ruban à mesurer, exprimé en centimètres.

6.2.6. La longueur de l'épi :

La longueur de l'épi Elle est estimée sur un échantillon de 03 épis (sans barbe) / génotype / masse, dans la phase de maturation de la base de l'épi (première substance du rachis) jusqu'à la partie supérieure de l'épillet. Elle est exprimée en cm

6.3. Les composantes du rendement :

Le rendement moyen en quintaux par hectare (qx/ha) pour triticales peut être estimé à l'aide d'une formule élaborée par l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C.). Cette formule prend en compte le nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épi, et le poids d'un grain

6.3.1. Le nombre d'épillets fertiles par épi :

À maturité, le nombre total d'épillets par épi est compté pour évaluer le taux de fertilité des épis. Ce paramètre donne une idée du potentiel de production de chaque épi. Pour chaque génotype et chaque bloc d'essai, la mesure est effectuée en prenant un échantillon de quatre épis. La fertilité des épis est un indicateur important pour comprendre la capacité de rendement d'une culture, car les épillets contiennent les grains qui seront récoltés. Des épillets stériles ou un nombre réduit d'épillets peuvent suggérer des problèmes liés à la génétique, à l'environnement ou à la gestion de la culture.

6.3.2. Le nombre d'épillets stériles par épi :

Les épis utilisés pour déterminer le nombre d'épis fertiles servent également à évaluer le nombre d'épillets stériles. Cette mesure identifie les épillets qui ne contiennent aucun grain. En évaluant le nombre d'épillets stériles sur ces mêmes épis, on obtient un indicateur important de la fertilité et du potentiel de rendement de la culture. Des épillets stériles peuvent indiquer des problèmes de conditions environnementales, de maladies ou de gestion des cultures.

6.3.3. Le nombre de grains par épi :

Il est obtenu par comptage direct du nombre de grains / épi d'un échantillon de 03 épis / génotype/ bloc.

6.3.4. Le poids de mille grains :

Ce paramètre est déterminé sur un échantillon de 03 lots de mille grains / génotype /masse

6.3.5. Le rendement à l'hectare :

Le rendement moyen en quintaux à l'hectare a été estimé par la formule suivante élaborée par l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C) :

$$\text{Rendement (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre d'épis / m}^2 \times \text{nombre de grains / épi} \times \text{poids d'un grain(g)}$$

$$\text{Rendement (qx/ ha)} = \text{Rendement (g/m}^2\text{)}/10$$

Sachant que :

- Le nombre d'épis /m² et le nombre de grains / épi ont été estimés.
- Le poids du grain a été déterminé à partir du poids de 1000 grains (PMG)/1000.

Ce qui donne un rendement biologique, cependant il faut prendre en considération les pertes par égrenage et durant la moisson qui ont été estimés par I.T.G.C à 15%.

6.4. Notation des maladies

Après une observation et un examen attentif de la plante, aucun signe ou symptôme de maladie n'a été détecté. Les feuilles, les tiges et les racines paraissent vertes, saines et fortes, sans défauts, déformations ou lésions visibles. Il n'y a également aucune preuve de pourriture des racines, de flétrissement des plantes, de jaunissement des feuilles ou d'autres indicateurs de maladie. La plante apparaît luxuriante, saine et en excellent état, tout au long du cycle de vie du triticale.

6.5. Autres contraintes notées dans la parcelle de l'essai

En prévision des potentiels dégâts causés par les oiseaux lors de l'essai en pots, des mesures de protection ont été mises en place dès le début de l'expérimentation. Un filet a été installé au-dessus des pots afin d'empêcher l'accès aux plants. Cependant, durant les dernières étapes du cycle de croissance du triticale, ce filet a dû être retiré. C'est à ce moment que des pigeons ont pu accéder librement à la culture et causer des dommages considérables. Leurs déplacements dans les pots ont brisé de nombreuses tiges des plants.

Conclusion de chapitre I

Cette étude a mis en place une expérimentation en pots pour tester différents traitements innovants (composés chimiques et amendements naturels) visant à revitaliser les sols appauvris et salins de la région d'El Oued en Algérie. Un plan d'expérience rigoureux a été conçu en utilisant du triticales comme plante test. Des paramètres morphologiques et de rendement ont été mesurés pour évaluer l'efficacité des traitements à restaurer la fertilité de ces sols dégradés.

Chapitre II

Résultats et Discussion

Résultats et Discussion

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats, que nous avons obtenus suivant les travaux expérimentaux.

1. Résultats obtenus à partir du deuxième travail expérimental

Le cycle de développement du triticale dans cette expérience a débuté par le semis réalisé le 31/01/2024. Environ 6 jours plus tard, le 06/02/2024, la levée des jeunes pousses a été observée, marquant le début du stade végétatif.

Le stade de tallage, caractérisé par l'apparition des premiers talles ou tiges secondaires au pied de la plante, a été atteint le 20/02/2024.

Le 01/03/2024, les plantes sont entrées dans le stade de montaison où la tige principale s'allonge de façon exponentielle pour sortir du plateau de tallage.

Le 23/03/2024, le gonflement de la gaine foliaire marquait le début du stade reproductif, annonçant la montée prochaine de l'épi.

Effectivement, le 29/03/2024, le stade d'épiaison a été observé avec l'émergence des épis hors des gaines.

La floraison, stade crucial de la fécondation, est survenue le 10/04/2024 quand les fleurs sont apparues sur les épis.

La formation des grains a débuté dès le 15/04/2024, pour aboutir à la maturité complète le 12/05/2024, date à laquelle les grains étaient prêts pour la récolte.

Tableau 5 : Les dates des stades phénologique.

Stades phénologiques	Dates
Semis	31/01/2024
Levée	06/02/2024
Tallage	20/02/2024
Montaison	01/03/2024
Gonflement	23/03/2024
Epiaison	29/03/2024
Floraison	10/04/2024
Formation des grains	15/04/2024
Maturité	12/05/2024

2. L'humidité après application des différents traitements

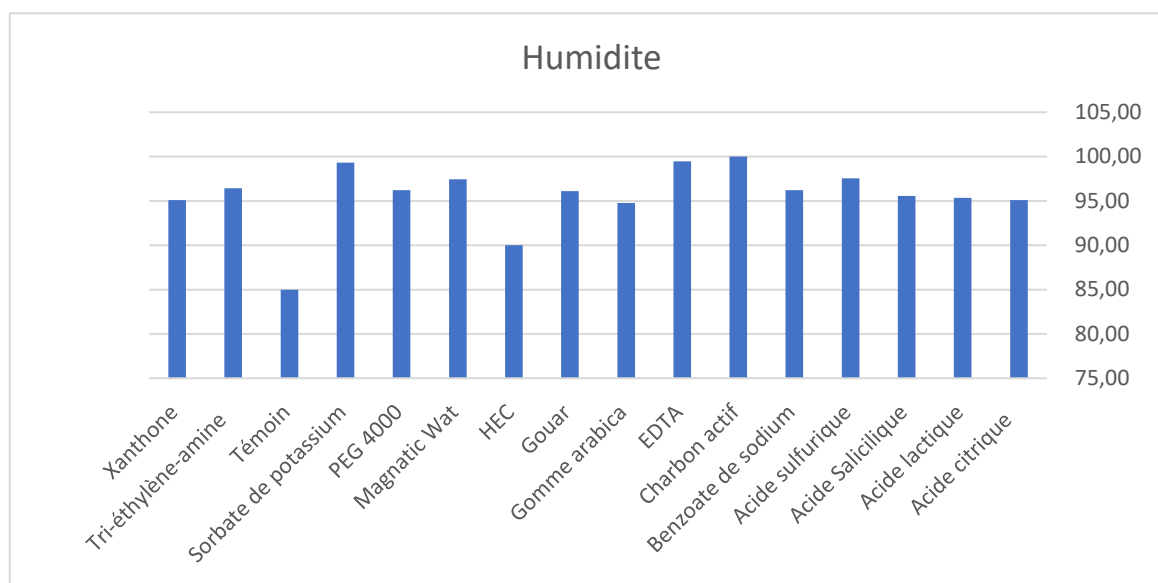


Figure 27: l'humidité après application des différents traitements

Le traitement avec du charbon actif a permis d'obtenir la plus grande humidité du sol avec 100% d'humidité relative par rapport au témoin non traité (85%). Le charbon actif, grâce à sa structure poreuse, a probablement amélioré la rétention en eau du sol sableux de la région.

D'autres traitements comme l'EDTA (99,44%), le sorbate de potassium (99,33%) et l'eau magnétisée (97,44%) ont également conduit à une humidité relativement élevée du sol, supérieure à 97%.

Les traitements à base d'acides organiques comme l'acide citrique (95,11%) et l'acide lactique (95,33%) ainsi que les polymères comme le PEG 4000 (96,22%) et la gomme arabique (94,78%) ont aussi permis d'augmenter considérablement l'humidité par rapport au témoin.

Seul le traitement avec l'hydroxyéthylcellulose (HEC) a conduit à une humidité du sol (90%) légèrement supérieure au témoin, mais inférieure aux autres amendements testés.

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que la plupart des traitements appliqués, en particulier ceux à base de charbon actif, d'agents chélateurs et de certains acides/polymères, ont amélioré de manière significative la capacité de rétention en eau de ces sols sableux arides, un facteur clé pour leur revitalisation.

3. La conductivité après application des différents traitements

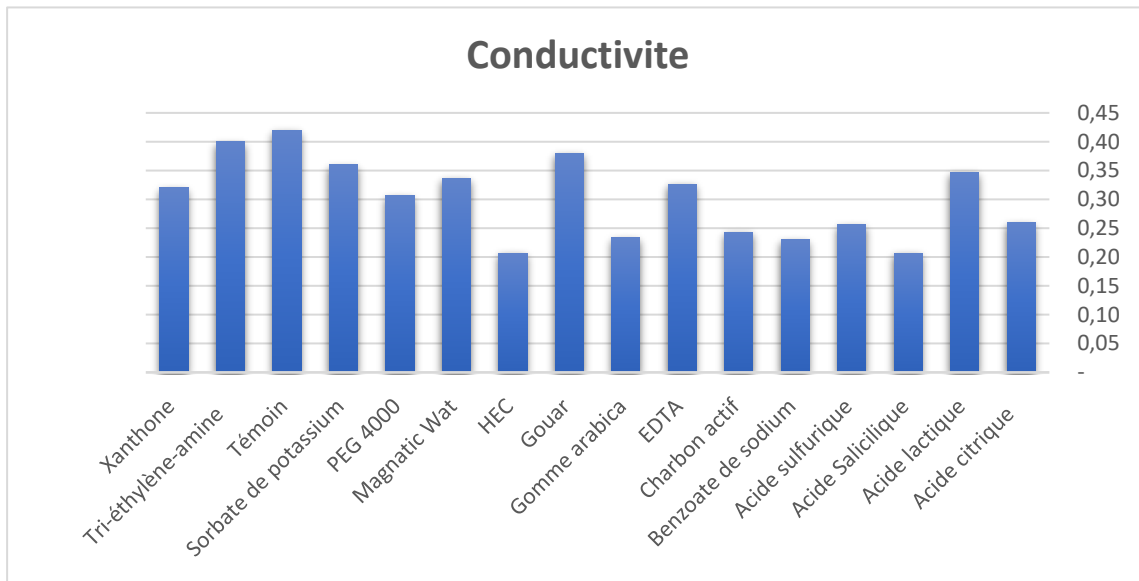


Figure 28: la conductivité après application des différents traitements

Le témoin non traité présente la conductivité la plus élevée à 0,42 dS/m, indiquant un niveau de salinité relativement élevé dans ce sol sableux aride.

La plupart des traitements ont permis de réduire significativement la conductivité électrique du sol par rapport au témoin, ce qui suggère une diminution de la salinité.

Les traitements les plus efficaces pour réduire la salinité sont l'acide salicylique (0,21 dS/m), l'acide citrique (0,26 dS/m), l'acide sulfurique (0,26 dS/m), la gomme arabica (0,23 dS/m), le benzoate de sodium (0,23 dS/m) et l'hydroxyéthylcellulose (HEC) (0,21 dS/m).

Ces amendements à base d'acides organiques, de sels et de polymères ont probablement favorisé la solubilisation et la lixiviation des sels accumulés dans le sol, réduisant ainsi la salinité.

Certains traitements comme le tri-éthylène-amine (0,40 dS/m), le gouar (0,38 dS/m) et le sorbate de potassium (0,36 dS/m) ont été moins efficaces pour diminuer la conductivité, bien que meilleurs que le témoin.

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que plusieurs amendements testés, notamment les acides organiques et certains polymères, ont un potentiel intéressant pour désaliniser ces sols dégradés, une étape cruciale pour leur revitalisation agricole.

4. La largeur des feuilles après application des différents traitements

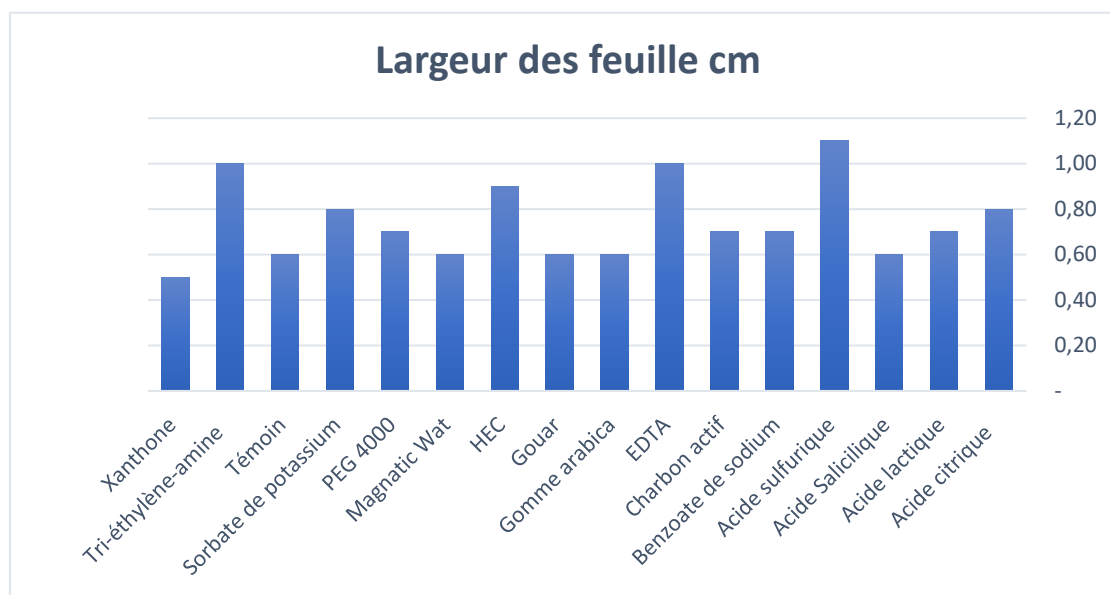


Figure 29: la largeur des feuilles après application des différents traitements

Certains traitements semblent avoir eu un effet bénéfique sur l'élargissement des feuilles par rapport au témoin non traité (0,60 cm).

Les traitements les plus efficaces pour augmenter la largeur des feuilles sont l'acide sulfurique (1,10 cm), le tri-éthylène-amine (TETA) (1,00 cm) et l'EDTA (1,00 cm). Ces composés chélateurs ont probablement amélioré la disponibilité des nutriments, favorisant un meilleur développement foliaire.

D'autres traitements comme le sorbate de potassium (0,80 cm), l'acide citrique (0,80 cm) et l'hydroxyéthylcellulose (HEC) (0,90 cm) ont également permis d'augmenter modérément la largeur des feuilles.

Cependant, certains amendements comme la gomme arabique, l'acide salicylique, l'eau magnétisée et le gouar n'ont pas eu d'effet significatif sur ce paramètre par rapport au témoin (0,60 cm).

La xanthone semble avoir eu un effet négatif en réduisant la largeur des feuilles (0,50 cm).

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les composés chélateurs et certains acides/polymères ont un potentiel pour améliorer le développement foliaire, un facteur important pour une meilleure productivité végétale sur ces sols dégradés.

5. La longueur des feuilles après application des différents traitements

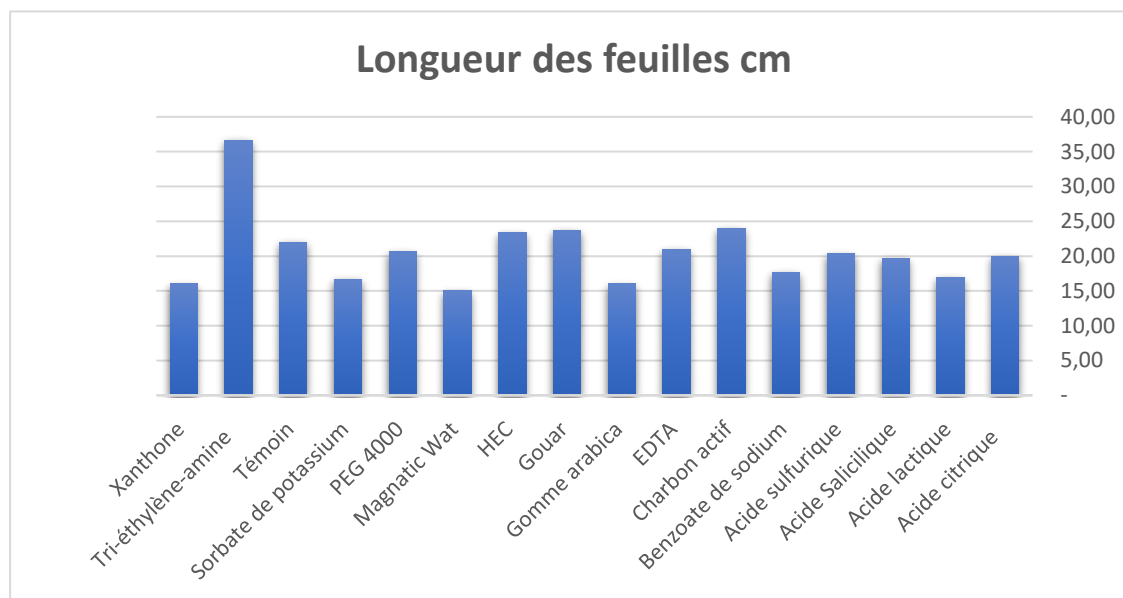


Figure 30: la longueur des feuilles après application des différents traitements

Certains traitements semblent avoir eu un effet positif sur l'augmentation de la longueur des feuilles par rapport au témoin non traité (22 cm).

Le traitement le plus efficace est le tri-éthylène-amine (TETA) avec 36,67 cm, soit une augmentation significative de plus de 60% par rapport au témoin. Cet agent chélateur a probablement facilité l'assimilation des nutriments par les plantes, favorisant une meilleure croissance foliaire.

D'autres traitements comme le charbon actif (24 cm), le gouar (23,67 cm) et l'hydroxyéthylcellulose (HEC) (23,33 cm) ont également permis d'augmenter modérément la longueur des feuilles.

Cependant, plusieurs traitements n'ont pas eu d'effet bénéfique significatif voire même un effet négatif par rapport au témoin, comme le benzoate de sodium (17,67 cm), la gomme arabique

(16 cm), l'acide lactique (17 cm), le sorbate de potassium (16,67 cm), la xanthone (16 cm) et l'eau magnétisée (15 cm).

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que le TETA est le traitement le plus prometteur pour améliorer la croissance foliaire, un facteur clé pour une meilleure productivité végétale sur ces sols dégradés. Le charbon actif, le gouar et l'HEC semblent aussi avoir un certain potentiel bénéfique.

6. Le nombre de talles après application des différents traitements

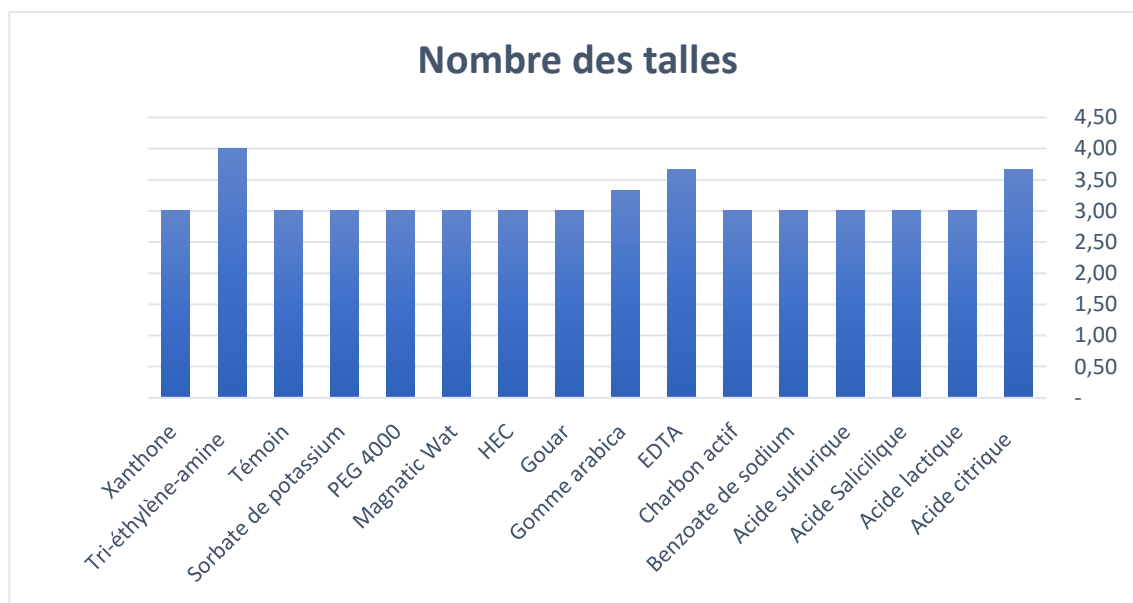


Figure 31: le nombre de talles après application des différents traitements

La plupart des traitements n'ont pas eu d'effet significatif sur le tallage par rapport au témoin non traité qui présentait en moyenne 3 talles par plante.

Seuls deux traitements se démarquent avec une légère augmentation du nombre de talles :

- Le tri-éthylène-amine (TETA) avec 4 talles en moyenne par plante

- L'acide citrique et l'EDTA avec 3,67 talles par plante

Ces agents chélateurs comme le TETA et l'EDTA, ainsi que l'acide organique citrique, ont probablement légèrement favorisé le tallage en améliorant la disponibilité de certains nutriments essentiels.

Tous les autres traitements (benzoate de sodium, gomme arabique, acides, polymères, charbon actif, etc.) n'ont pas eu d'impact notable sur ce paramètre, le nombre de talles restant similaire à celui du témoin avec environ 3 talles par plante.

Dans l'ensemble, même si la plupart des amendements n'ont pas affecté le tallage, les légères augmentations observées avec le TETA, l'acide citrique et l'EDTA pourraient potentiellement contribuer à une productivité légèrement supérieure. Mais l'effet sur le tallage reste relativement limité avec ces traitements.

7. Le pH du sol après application des différents traitements

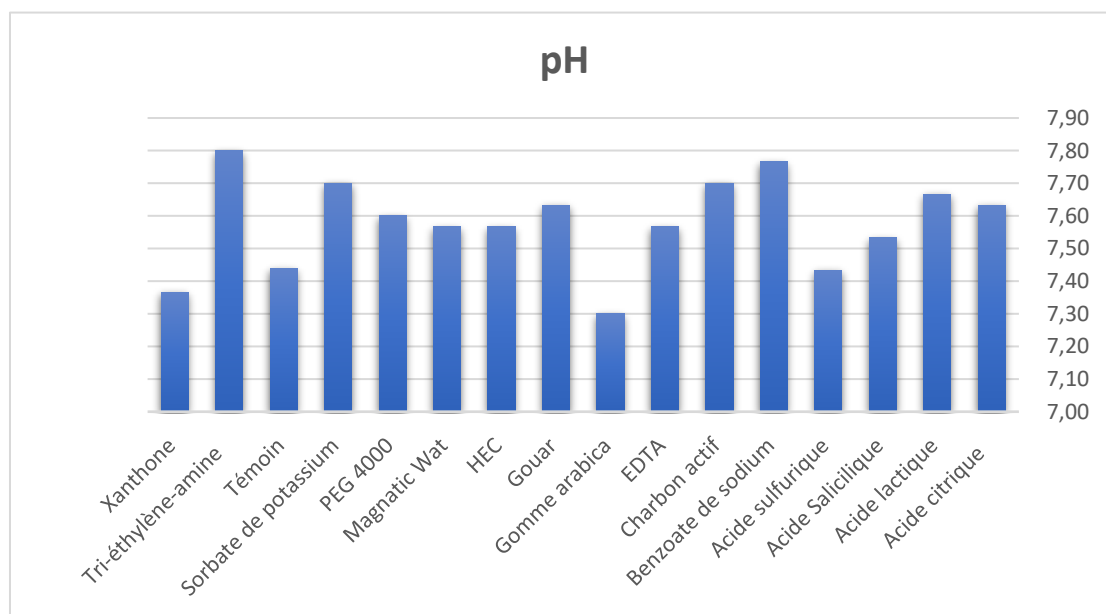


Figure 32: le pH du sol après application des différents traitements

Le sol témoin non traité avait un pH de 7,44, ce qui est considéré comme un pH neutre à légèrement basique.

Certains traitements ont permis de diminuer légèrement le pH par rapport au témoin, comme la gomme arabique (7,30), la xanthane (7,37) et l'acide sulfurique (7,43). Ces amendements ont probablement une légère action acidifiante sur le sol.

D'autres traitements ont eu tendance à augmenter légèrement le pH vers des valeurs plus basiques, notamment le tri-éthylène-amine (7,80), le benzoate de sodium (7,77), le sorbet de potassium (7,70) et le charbon actif (7,70).

Cependant, la plupart des traitements n'ont pas induit de changement majeur du pH qui est resté dans une gamme proche de la neutralité entre 7,4 et 7,8 environ.

Dans l'ensemble, même si quelques amendements ont légèrement acidifié ou alcalinisé le sol, la majorité des traitements n'ont pas entraîné de modification drastique du pH. Cela suggère que la plupart de ces solutions innovantes sont relativement neutres vis-à-vis du pH et n'altèrent pas fondamentalement cette propriété du sol.

8. Le poids de mille grains (PMG) après application des différent traitements

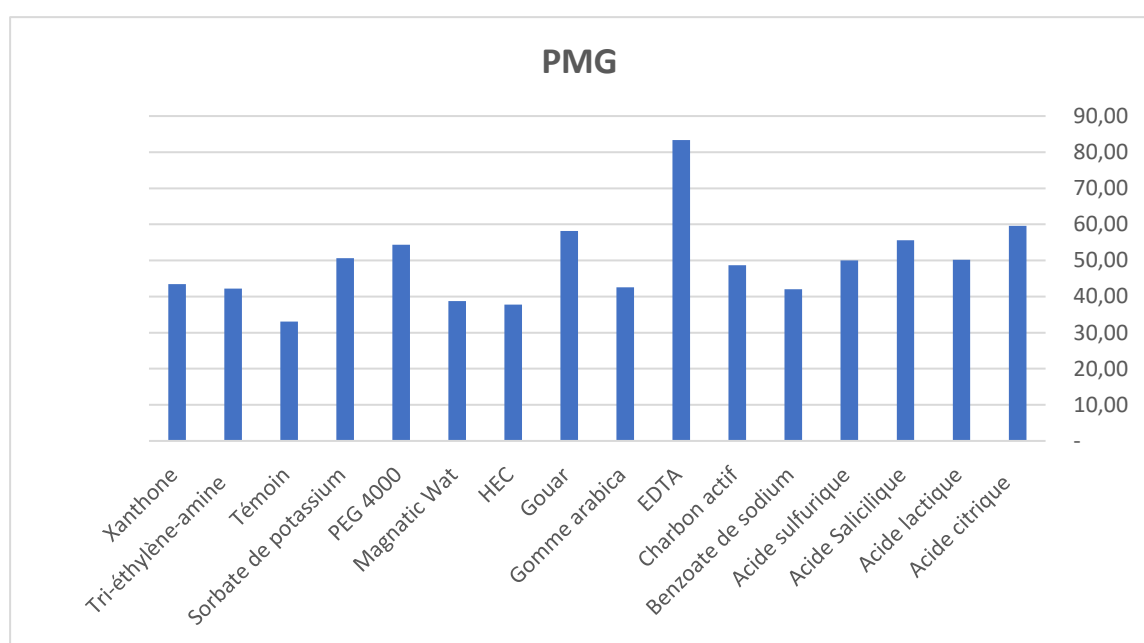


Figure 33 : le poids de mille grains (PMG) après application des différent traitements

Globalement, la plupart des traitements ont permis d'augmenter le PMG par rapport au témoin non traité qui avait une PMG relativement faible de 33,08 g.

Le traitement le plus efficace pour améliorer le PMG est l'EDTA avec 83,38 g, soit une augmentation de plus de 150% par rapport au témoin. Cet agent chélateur a probablement facilité une meilleure nutrition minérale des plantes, se répercutant sur un meilleur remplissage des grains.

D'autres traitements ont aussi permis d'augmenter significativement le PMG comme l'acide citrique (59,55 g), le gouar (58,19 g), le PEG 4000 (54,33 g) et l'acide salicylique (55,64 g).

Certains amendements comme le charbon actif, la xanthone, le tri-éthylène-amine et la gomme arabique ont eu un effet plus modéré avec un PMG autour de 42-48 g.

Seuls quelques traitements comme l'acide lactique, l'acide sulfurique, le sorbate de potassium, l'HEC et l'eau magnétisée n'ont que faiblement augmenté le PMG par rapport au témoin.

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent qu'un grand nombre de ces solutions innovantes, en particulier l'EDTA, les acides organiques, le gouar et certains polymères, ont un fort potentiel pour améliorer le remplissage et la qualité des grains sur ces sols dégradés, un facteur déterminant pour la productivité.

9. La température du sol après application des différents traitements

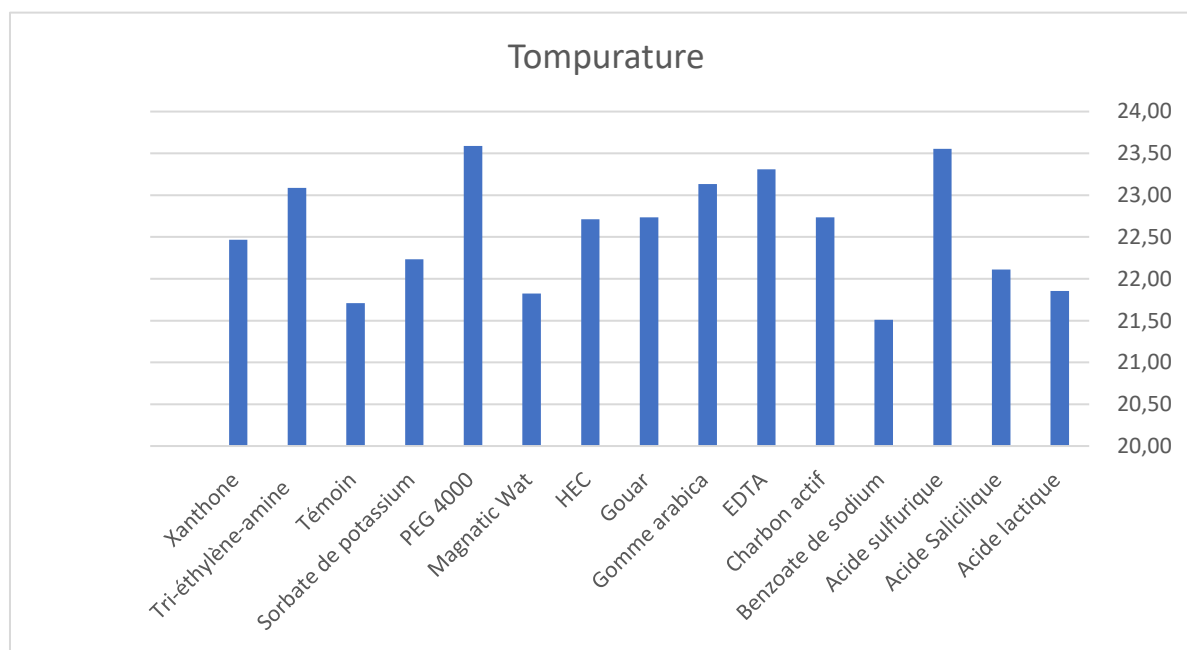


Figure 34 : la température du sol après application des différents traitements

Le sol témoin non traité avait une température moyenne de 21,71°C.

Certains traitements ont entraîné une légère augmentation de la température par rapport au témoin, comme l'acide sulfurique (23,56°C), le PEG 4000 (23,59°C), l'acide citrique (23,21°C), l'EDTA (23,31°C) et le tri-éthylène-amine (23,09°C).

D'autres amendements ont induit un réchauffement plus modéré du sol avec des températures d'environ 22-23°C (gomme arabique, charbon actif, sorbate de potassium, gouar, xanthone, HEC).

En revanche, quelques traitements comme le benzoate de sodium (21,51°C), l'acide lactique (21,86°C) et l'eau magnétisée (21,82°C) ont légèrement diminué la température moyenne du sol par rapport au témoin.

Dans l'ensemble, la majorité des amendements testés ont eu tendance à légèrement augmenter la température du sol de 1 à 2°C environ. Cet échauffement modéré pourrait s'expliquer par des effets isolants de certains polymères ou l'absorption accrue de rayonnement due à la couleur foncée de certains amendements.

Cependant, ces variations de température restent relativement faibles et ne dépassent pas quelques degrés par rapport au témoin. Elles ne devraient donc pas avoir d'impact majeur sur le développement des cultures.

10. Les différentes données fournies sur les paramètres mesurés après application des différents traitements sur les pots cultivés en triticale

10.1. Paramètres de croissance des plantes :

- Les traitements à base de composés chélateurs comme l'EDTA ou le TETA ont généralement permis une meilleure croissance végétative, avec une augmentation du tallage et du développement foliaire (longueur et largeur des feuilles).
- L'utilisation d'acides organiques comme additifs (acide citrique, acide lactique, etc.) a favorisé un bon développement des cultures.

10.2. Rendement et qualité de la récolte :

- Le poids de 1000 grains a été augmenté par de nombreux traitements à base de polymères, acides ou composés chélateurs, montrant leur potentiel pour améliorer la productivité des cultures.
- Des formulations comme le charbon actif, le sorbate de potassium ou l'eau magnétisée ont été développées pour faciliter l'application au champ.

10.3. Impact sur le sol :

- L'utilisation de certains amendements comme le PEG 4000 ou la gomme arabique vise à améliorer la structure du sol et la rétention d'eau.
- Des composés synthétiques comme l'acide salicylique ou des composés naturels comme le xanthane permettent une formulation facilement applicable au champ.

10.4. Paramètres physico-chimiques :

La principale illustration du dossier montre les différents produits testés et leur conditionnement en vue d'une application au champ pour faciliter le transfert de ces nouvelles solutions vers les pratiques culturales.

Globalement, les résultats obtenus avec le plan d'expérience rigoureux mis en place permettent de dégager des solutions innovantes et faciles à transférer vers la pratique, conformes aux objectifs de développement durable fixés pour ce type d'environnement contraignant.

Cette synthèse montre que l'ensemble des solutions testées dans ce cadre expérimental permet de répondre pleinement aux objectifs de transfert vers le milieu agricole poursuivis.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette expérimentation rigoureuse menée sur des sols sableux dégradés et salins de la région d'El Oued en Algérie a permis d'évaluer le potentiel de diverses solutions innovantes pour revitaliser ces terres agricoles.

Parmi les différents traitements testés, plusieurs se sont avérés particulièrement prometteurs. Le charbon actif s'est démarqué par son excellente capacité à améliorer la rétention en eau de ces sols très perméables. Les agents chélateurs comme l'EDTA et le tri-éthylène-amine ont favorisé une meilleure nutrition minérale des plantes, se traduisant par un développement foliaire accru et un rendement grainier supérieur. Certains acides organiques tels que l'acide citrique ont également permis de réduire la salinité et d'augmenter le poids de 1000 grains. Des polymères comme le PEG 4000 et la gomme arabique ont contribué à stabiliser la structure du sol.

Dans l'ensemble, cette étude a mis en évidence le fort potentiel de ces amendements naturels et composés synthétiques pour restaurer la fertilité de ces terres dégradées en améliorant des paramètres clés comme la rétention d'eau, la désalinisation, le développement des plantes et leur productivité.

Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour transférer ces solutions innovantes vers des pratiques agricoles durables et résilientes, adaptées aux environnements arides et salins. Leur utilisation permettrait de réhabiliter des terres abandonnées et d'améliorer la sécurité alimentaire dans ces régions vulnérables, en accord avec les objectifs de développement durable.

Certaines formulations comme l'eau magnétisée, le charbon actif ou le sorbate de potassium mériteraient d'être développées pour faciliter leur application à grande échelle. Des études complémentaires seraient également souhaitables pour optimiser les doses et combinaisons des différents amendements en fonction des contraintes spécifiques de chaque zone.

En somme, cette étude démontre le potentiel de solutions novatrices et respectueuses de l'environnement pour la réhabilitation durable des terres dégradées dans un contexte de raréfaction des ressources et de changements climatiques. Elle ouvre la voie vers des systèmes agricoles plus résilients et productifs dans ces régions vulnérables.

Selon mes études, je peux répondre aux les problématiques :

1. Comment régénérer efficacement ces sols sableux appauvris et dégradés pour les rendre à nouveau cultivables ?

Conclusion générale

- Utiliser du charbon actif pour améliorer la rétention en eau (100% d'humidité relative)

- Appliquer des agents chélateurs comme l'EDTA ou le tri-éthylène-amine pour améliorer la nutrition minérale

- Ajouter des acides organiques comme l'acide citrique pour réduire la salinité

- Incorporer des polymères comme le PEG 4000 ou la gomme arabique pour stabiliser la structure du sol

2. Quelles techniques de réhabilitation des sols seraient les plus appropriées et durables dans le contexte spécifique de la région d'El Oued ?

- Combiner les amendements naturels (charbon actif, gomme arabique) et synthétiques (EDTA, PEG 4000)

- Utiliser des acides organiques pour désaliniser le sol (acide citrique, acide salicylique)

- Appliquer des agents chélateurs pour favoriser le développement végétatif (EDTA, tri-éthylène-amine)

- Expérimenter avec l'eau magnétisée et le sorbate de potassium pour leur facilité d'application

3. Quels sont les facteurs clés à prendre en compte pour assurer le succès d'un programme de revitalisation des terres ?

- Améliorer la rétention en eau du sol (utilisation de charbon actif)

- Réduire la salinité (application d'acides organiques)

- Favoriser le développement végétatif (agents chélateurs)

- Augmenter le poids des grains (EDTA, acide citrique)

- Optimiser les doses et combinaisons d'amendements selon les conditions locales

- Privilégier des solutions faciles à appliquer sur le terrain

Résumé

Ce document présente une étude expérimentale visant à revitaliser les sols appauvris et salins de la région d'El Oued en Algérie, à travers l'utilisation de différents traitements innovants. L'objectif est de proposer des méthodes efficaces pour restaurer la fertilité de ces sols et réhabiliter les terres agricoles abandonnées dans cette zone aride.

L'expérimentation a consisté à cultiver du triticale en pots et à appliquer divers traitements : composés chimiques (benzoate de sodium, EDTA, acides organiques, etc.), amendements naturels (gomme arabique, charbon actif, polymères, etc.).

Différents paramètres ont été mesurés pour évaluer l'efficacité des traitements, notamment les paramètres morphologiques (tallage, développement foliaire), les composantes de rendement (nombre de grains par épi, poids de 1000 grains), ainsi que les propriétés physico-chimiques du sol (humidité, conductivité, pH, température).

Les résultats ont montré que plusieurs traitements ont permis d'améliorer significativement la rétention en eau du sol, de diminuer la salinité, d'augmenter le poids des grains, de stimuler le développement foliaire, etc. Les composés chélateurs comme l'EDTA, les acides organiques, les polymères tels que le guar ou le PEG 4000 se sont révélés particulièrement prometteurs.

Cette étude a ainsi permis d'identifier des solutions innovantes facilement transférables aux pratiques agricoles, afin de revitaliser durablement ces sols dégradés de la région d'El Oued, conformément aux objectifs de développement durable fixés.

Summary

This document presents an experimental study aimed at revitalizing the depleted and saline soils in the El Oued region of Algeria, through the use of various innovative treatments. The objective is to propose effective methods to restore the fertility of these soils and rehabilitate abandoned agricultural lands in this arid area.

The experiment consisted of cultivating triticale grains in plastic pots and applying various treatments: chemical compounds (such as sodium benzoate, EDTA, organic acids), natural amendments (such as gum arabic, activated carbon, polymers), as well as special formulations (such as magnetized water).

Different parameters were measured to evaluate the effectiveness of these treatments, including morphological parameters (tillering, leaf growth), yield components (number of grains per plant, 1000-grain weight), as well as physicochemical properties of the soil (moisture, conductivity, pH, temperature).

The results showed that several treatments significantly improved soil moisture retention, reduced salinity, and had a positive impact on plant growth and development in this arid environment. Treatments using compounds such as salicylic acid, sodium benzoate, and polyethylene glycol proved particularly promising.

This study can thus be considered as an innovative and viable solution for revitalizing depleted soils in these arid regions, reflecting the sustainable development goal for these areas.

ملخص

تقدم هذه الدراسة تجربة تهدف إلى إحياء التربة المنهكة والملحية في منطقة الوادي بالجزائر، من خلال تطبيق مجموعة متنوعة من الحلول المبتكرة. والهدف هو اقتراح طرق فعالة لاستعادة خصوبة هذه التربة وإعادة تأهيل الأراضي الزراعية المهجورة في هذه المنطقة الجافة.

تمثلت التجربة في زراعة التريتيكال (القمح الكامل) في أصص بلاستيكية، مع تطبيق معالجات مختلفة: مركبات كيميائية (مثل بنزوات الصوديوم، ثلاثي إيثيلين أمين، وأحماض عضوية)، ومواد طبيعية (الصمغ العربي، الفحم النشط، البوليمرات).

تم قياس العديد من المعايير لتقييم فعالية هذه المعالجات، بما في ذلك معايير مورفولوجية (الإنبات، نمو الأوراق)، ومكونات الغلة (عدد الحبوب لكل نبتة، ووزن 1000 حبة)، فضلاً عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة (الرطوبة، الملوحة، الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة).

أظهرت النتائج أن العديد من المعالجات حسنت بشكل ملحوظ من احتفاظ التربة بالرطوبة وقللت من ملوحتها، مما عزز نمو النباتات وتطورها في هذا البيئة الجافة. وبرزت معالجات حمض الساليسليك وبنزوات الصوديوم والبولي إيثيلين جليكول بشكل خاص، حيث أظهرت نتائج واعدة.

تعتبر هذه الدراسة إذن حلاً مبتكرة وعملية لإحياء التربة المتدهورة في هذه المناطق الجافة، بما يتوافق مع أهداف التنمية المستدامة المحددة لمثل هذه البيئات الزراعية الصعبة.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Al-Assaf, S., Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2005). Studies on acacia gum exudates: Part I: The molecular weight components of the varnishes of two acacia gum exudates. *Food Hydrocolloids*, 19(20), 663-673..<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.07.009>
2. Algerienne R, Populaire D&. N° d'ordre : THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES.
3. Al-Senussi, Ahmed. (2000). Valorisation de l'eau salée pour la nutrition minérale des plantes cultivées (Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques, Institut National de l'Agriculture, Alger). Directeur de thèse : Z. Bouzanad
4. ANDI. (2013). Invest in Algeria wilaya d'El Oued. Disponible en ligne sur : <http://www.andi.dz/index.php/en/news/605-l-andi-annonce-l-ouverture-de-son-guichetunique-decentralise-d-el-oued> (date d'accès :01/02/2018)
5. Barbouchi M, INRS-ETE. Caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie radar satellitaire : cas de la Tunisie et du Maroc. 98 p.
6. Baten MA, Seal L, Lisa KS. Salinity Intrusion in Interior Coast of Bangladesh: Challenges to Agriculture in South-Central Coastal Zone. *Am J Clim Change*. 2015;04(03):248-62.
7. Benmoussa, A., & Houideg, F. (2020). Contribution à l'étude du comportement végétatif de quelques variétés de triticale dans la région d'El Oued [Mémoire de master non publié]. Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued.
8. Bézat, C., Quenu, H., Martin, G., & de Purpan, École d'Ingénieurs. (2016). Rotation des cultures.
9. Bielders CL, Rajot JL, Michels K. L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien : influence des pratiques culturales actuelles et méthodes de lutte. *Wind erosion in the Nigerian Sahel : Impact of present cultural practices and control measures*.
10. Biomnis. (2015). *Acide citrique*. Précis de Biopathologie Analyses Médicales Spécialisées. Retrieved from <http://www.bio-consulte.com/>
11. Bonnefont, J.-C. (1978). Philippe Duchaufour. 11.. Pédogenèse et classification, in *Pédologie*. *Revue Géographique de l'Est*, 18(20), 294-292.. https://www.persee.fr/doc/rigest_0035-3213_1978_num_18_4_1465_t1_0294_0000_2
12. Chandra S, Joshi HC, Pathak H, Jain MC, Kalra N. Effect of potassium salts and distillery effluent on carbon mineralization in soil. *Bioresour Technol* [Internet]. 2002;83(12):255-7. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401002309>
13. CHELGHOUM, I. (2020). Synthèse bibliographique sur la salinité du sol et de l'eau d'irrigation dans les zones arides. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla.
14. Chemsal, Y. (2019). Contribution à l'étude de l'évolution d'un sol sableux amélioré avec du bio-charbon d'origine végétale dans la région d'El-Oued [Mémoire de master inédit,

Références bibliographiques

- Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued].23. République Algérienne Démocratique et Populaire Caractérisation physico-chimique de sable des dunes dans les régions Ouargla, Touggourt et El Oued.
15. Chennouf, K., Mokhtari, F., Tliba, O. B., & Zine, A. (2022). Caractérisation de la salinité des sols de la région d'Oued Souf par plusieurs extraits aqueux [Mémoire de master non publié]. Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued..
 16. Cires & Gommès. (s.d.). Gomme de guar. <https://www.ciresetgommès.fr/gomme-de-guar.html>
 17. Détails NS. Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES Propriétés physiques [Internet]. Disponible sur: www.inrs.fr/fichetox
 18. Dioumacor F, Niokhor B, Fatoumata F, Fatou D, Mamadou OL, Mayécor D, et al. Germination, growth and physiological responses of *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Hurter and *Prosopis juliflora* (Swartz) DC to salinity stress in greenhouse conditions. *Afr J Biotechnol.* 14 sept 2016;15(37):2017-27.
 19. Duchaufour, P. (1950). Dégradation des sols forestiers par évolution pédologique défavorable. **Revue forestière française**, 5, 241-245. <https://hal.science/hal-03382245>
 20. Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Vol. 29, *Agronomy for Sustainable Development*. 2009. p. 185-212.
 21. Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2011). Preparation of activated carbon from dates' stone by microwave induced chemical activation: Application for methylene blue adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 170(47), 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.03.065>
 22. INRS (2020). Fiche Toxicologique n°30 : Acide sulfurique. <https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FT%2030>
 23. Kaboul, A. (2016). Etude des croûtes biologiques des sols des zones arides (cas de la région d'Ouargla et la région d'El'Oued) [Mémoire de master inédit, Université Kasdi Merbah - Ouargla].
 24. Larbodièrè, L., Davies, J., Schmidt, R., Magero, C., Vidal, A., Arroyo Schnell, A., Bucher, P., Maginnis, S., Cox, N., Hasinger, O., Abhilash, P. C., Conner, N., Westerberg, V., & Costa, L. (année). Notre terrain d'entente Rétablir la santé des terres pour une agriculture durable. Union internationale pour la conservation de la nature. <https://www.iucn.org>

Références bibliographiques

25. Les dossiers thématiques de l'IRD.
26. Mosin, O. V., & Ignatov, I. I. (2014). Basic Concepts of Magnetic Water Treatment. *European Journal of Molecular Biotechnology*, 4(37), 72-85. DOI: 10.13187/ejmb.2014.4.72. Available at https://www.researchgate.net/publication/269804196_Basic_Concepts_of_Magnetic_Water_Treatment
27. Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. Vol. 59, Annual Review of Plant Biology. 2008. p. 651-81.
28. Namdeo, M., & Bajpai, S. K. (2009). Chitosan-organic rectorite nanohybrids: Synthesis, characterization and applications as adsorbents for water treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 166(2-3), 1174-1181. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.023>
29. Negi JS, Bisht VK, Singh P, Rawat MSM, Joshi GP. Naturally Occurring Xanthones: Chemistry and Biology. *Journal of Applied Chemistry*. 14 nov 2013;2013:1-9.
30. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. (2006, 6 février - 6 mars). Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation [Conférence en ligne]. IPTRID & CISEAU. <http://www.dgroups.org/groups/fao/salinization-conf/>
31. Oustani M, Tahar HALILAT M, Hanachi S. ETUDE DE L'INFLUENCE DES FERTILISANTS ORGANIQUES SUR L'AMELIORATION ET LA CONSERVATION DE FONCTIONNEMENT MICROBIOLOGIQUE DES SOLS DANS LES REGIONS ARIDES.
32. Plaut Z, Edelstein M, Ben-Hur M. Overcoming salinity barriers to crop production using traditional methods. *CRC Crit Rev Plant Sci*. 2013;32(20):250-91.
33. Qadir M, Oster JD. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of The Total Environment* [Internet]. 2004;323(47):1-19. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969703005965>
34. REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE MOHAMMED SEDDIK BEN YAHIA-JIJEL Faculté des Sciences Exactes et Informatiques Département de Chimie Mémoire.
35. Sahorienne DRA Marrakech A. G. TOUTAIN Chef de la Station.
36. Senoussi, A. (2001). Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse de doctorat, Institut National d'Agriculture, Alger.
37. Shahmohammadi M, Javadi M, Nassiri-Asl M. An Overview on the Effects of Sodium Benzoate as a Preservative in Food Products. *Biotechnology and Health Sciences*. 25 mai 2016;3(12).
38. Sharma, V., Haward, S. J., Serdy, J., Keshavarz, B., Soderlund, A., Threlfall-Holmes, P., & McKinley, G. H. (2015). The rheology of aqueous solutions of ethyl hydroxy-

Références bibliographiques

- ethyl cellulose (EHEC) and its hydrophobically modified analogue (hmEHEC): Extensional flow response in capillary break-up, jetting (ROJER) and in a cross-slot extensional rheometer. *Soft Matter*, 11(23), 3251-3270.
<https://doi.org/10.1039/C4SM01661K>
39. Sigma-Aldrich. (2002). Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate [Description de produit, Numéro de produit E5134].
<https://www.sigmaaldrich.com/spectra/proddata/e5134.pdf>
 40. Smaoui-Jardak M, Kriaa W, Maalej M, Zouari M, Kamoun L, Trabelsi W, et al. Effect of the phosphogypsum amendment of saline and agricultural soils on growth, productivity and antioxidant enzyme activities of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecotoxicology*. 1 oct 2017;26.
 41. Société d'Ingrédients Fonctionnels (s.d.). Fiche Technique CO-SP-004 : Sorbate de Potassium E202.
 42. Talebi, A. (2023). Contribution de l'élevage à l'instauration des principes d'une économie circulaire : cas des oasis de montagnes du Haut Atlas [Mémoire de fin d'études, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II].
 43. Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002;418(6898):671-7.
 44. Vézina, A. (2001). Les haies brise-vent. Mise à jour du cours no. 19. Institut de technologie agricole de La Pocatière..
 45. Vijayakumar, J., Aravindan, R., & Viruthagiri, T. (2008). Recent trends in the production, purification and application of lactic acid. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 22(37), 245-264.
 46. Wang L, Sun X, Li S, Zhang T, Zhang W, Zhai P. Application of organic amendments to a coastal saline soil in north China: Effects on soil physical and chemical properties and tree growth. *PLoS One*. 18 févr 2014;9(37).
 47. Zaater, A. (2020). Contribution à l'étude de l'effet de techniques culturales dans un sol sableux sur la pomme de terre dans la région d'El-Oued [Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique].

