

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb Blida 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie et Agro-écologie



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master Académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Effet de la rhizodégradation par une légumineuse sur
l'assimilation de potassium échangeable dans les sols traités par
un herbicide.**

Présenté par :

Mabed Kelthoum

Makrelouf Leila

Devant la commission du jury constituée par :

- | | | |
|-------------------|--------------|--------------|
| • Mme. Zemouri S | Présidente | MAA, Blida 1 |
| • Mme. Degui N | Examinatrice | MCB, Blida 1 |
| • Mme. Cheloufi R | Promotrice | MCB, Blida 1 |

Année universitaire 2024/2025

Remerciements :

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant pour sa guidance et son inspiration, qui nous ont accordé la patience nécessaire pour mener à bien ce travail et ce parcours. Il est le soutien de ceux qui sont démunis.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à notre professeure encadrante le **Dr Chaloufi Rebeh Hind**, pour ses conseils, ses précieux commentaires et son soutien constant tout au long de la réalisation de cette thèse.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux professeures **Mme Zemouri S** et **Mme Degui N** pour avoir accepté de discuter de notre mémoire de fin d'études et pour leur précieux temps.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre cher professeur, le **Dr Amirouche Mawhoub**, pour ses efforts et son dévouement tout au long de ce parcours universitaire. Je le remercie également pour sa compréhension et pour les précieuses informations qu'il a partagées avec nous avec sincérité.

Nous tenons également à remercier les professeurs du département et tous ceux qui ont contribué à enrichir nos connaissances pendant nos années d'études, pour leurs efforts et leur dévouement à la transmission du savoir et de l'apprentissage.

Nous n'oublions pas non plus d'exprimer notre sincère gratitude à nos familles pour leur patience et leur soutien.

À vous tous, nous exprimons notre plus profonde gratitude et notre plus profond respect.

Dédicace

Merci Dieu pour tout, pour la force, la persévérance et l'amour que tu m'as donné pour terminer ce chemin et vivre ce moment.

♥ Je dédie ce mémoire à... ♥

À mon cher père **Mohamed**, qui a été mon soutien, mon compagnon et mon aide tout au long de ces années. Que Dieu te protège pour moi.

À ma chère mère **Rashida**, qui m'a accompagnée de ses prières et a été ma source de force et d'inspiration tout au long de mon parcours, Je t'aime de tout mon cœur.

À ma chère sœur **Sihamet** à sa petite famille, Et surtout **Asilet Marame**.

A mes deux chers frères, **Redouane** et **Younes**.

À ma chère grand-mère **Khira**, la source d'amour et de joie dans notre famille. Je vous remercie du fond du cœur pour vos prières et votre amour chaque fois que je vous vois, je t'aime.

À tous mes amis, Et surtout **Houria** et **Ikram** qui ont été mes bonnes compagnes, mon soutien et mon aide. J'espère que notre amitié durera toujours.

À mes chères cousines, **Asma**, **Nesrin**, **Nadia**, **Hadjer**, **Marwa** et **Loubna**.

À moi personnellement, pour tous les efforts et les sacrifices que j'ai consentis malgré les obstacles et les difficultés rencontrés tout au long de cette étape difficile et particulière.

Alhamdulillah

Mabed Kelthoum

Dédicace:

Ces mots ne sauraient rendre justice à tout ce que vous méritez, mais ils gravent sur le papier ce que ma langue n'a pu exprimer.

À toi, mon cher père **Ali**,

Tu es ma forteresse et mon soutien, un homme qui ne connaît pas l'impossible. Grâce à toi, j'ai appris que la réussite n'était pas qu'un rêve, mais une volonté et un travail. Chacun de tes mots d'encouragement a été mon carburant, chacun de tes sacrifices m'a rendue plus forte.

Qu'**Allah** te récompense pour moi au centuple.

À ma mère **Halima**,

Je dédie mon diplôme à ma mère, la première qui m'a appris à rêver, la première à m'avoir relevée après chaque chute. Quelles que fussent les circonstances, ton amour fut toujours ce rayon de lumière qui me guidait.

À toi, ma grande sœur **Manel** et ta petite famille, spécialement le petit **Hamidou**...

Tu es bien plus qu'une sœur... Tu es une amie, une inspiration. Ta présence dans ma vie est une grâce inestimable. Pour chaque moment de soutien, chaque mot d'affection, chaque sacrifice...

Merci de toute mon âme.

Hasna et Sérine,

Vous fûtes ma joie dans l'effort, mon soutien quand je trébuchais.

Mes grands-mères - qu'**Allah** prolonge leur vie - et mes chères cousines, spécialement ma

Tendre **Amina**,

Ma joie n'est complète qu'en ta présence, et ton rire illuminait mes jours difficiles. Merci d'avoir fait sourire mon cœur même aux moments les plus durs.

À vous, mes précieuses amies **Ikram**, **Shkira** et **Meriam**,

Sans vous, le chemin eût été bien plus sombre. Vous fûtes la lumière éclairant ma route, le soutien qui ne fait jamais défaut. Merci de m'avoir fait sentir que je n'étais jamais seule.

Enfin... à **moi-même**,

À cette âme qui a peiné et veillé, à ce cœur qui a résisté au désespoir, à cet esprit qui a refusé de capituler. Cette réussite est ta fierté - continue d'avancer vers tes rêves.

Louange à **Allah** par la grâce duquel toute bonne chose s'accomplit.

Makrelouf Leila

Résumé

Notre travail vise à étudier l'effet de la rhizodégradation par des légumineuses sur la disponibilité du potassium échangeable (K_2O), dans les sols traités aux herbicides. Dans cette étude, nous avons utilisé une légumineuse (haricot) et un herbicide (2,4-D) avec une dose de 0,66 ppm a été planté dans des pots remplis des sols de la station expérimentale de l'Université de Blida 1.

Les résultats obtenus confirment l'impact négatif de l'herbicide sur la disponibilité du potassium dans (SH) par une libération de 124.11 ppm, vis-à-vis dans le traitement sol (S) notamment par son impact sur l'activité microbienne. C'est-à-dire, l'herbicide perturbe le processus naturel de libération et de disponibilité du potassium dans le sol.

Cependant, les résultats confirment également l'impact positif de la rhizodégradation et son amélioration de la disponibilité du potassium notamment dans les traitements (SHG). Pour clarifier, la rhizosphère des légumineuses contient des micro-organismes bénéfiques (bactéries), qui jouent un rôle crucial dans la libération du potassium du sol

Mots-clés : rhizodégradation , légumineuses, herbicide, potassium échangeable, 2,4-D.

ملخص:

يهدف عملنا إلى دراسة تأثير تحلل الجذور بواسطة البقوليات على توافر البوتاسيوم التبادلي (K2O)

في الترب المعالجة بمبيدات الأعشاب. في هذه الدراسة، استخدمنا بقوليات (فاصوليا) ومبيد أعشاب (2,4-D) بجرعة

0.66 جزء في المليون، مزروعين في أصص مملوءة بتربة من محطة التجارب بجامعة البليدة 1.

تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها التأثير السلبي لمبيد الأعشاب على توافر البوتاسيوم في (SH) بإطلاق 124.11 جزء في

المليون، مقارنةً بمعاملة التربة (S)، وخاصةً من خلال تأثيره على النشاط الميكروبي. أي أن مبيد الأعشاب يعطل العملية

الطبيعية لإطلاق البوتاسيوم وتوافره في التربة.

ومع ذلك، تؤكد النتائج أيضًا التأثير الإيجابي لتحلل الجذور وتحسينه لتوافر البوتاسيوم، وخاصةً في معاملات (SHG)

وللتوضيح، تحتوي منطقة جذور البقوليات على كائنات دقيقة مفيدة (بكتيريا)، والتي تلعب دورًا حاسمًا في إطلاق البوتاسيوم

من التربة.

الكلمات المفتاحية: تحلل الجذور، البقوليات، مبيدات الأعشاب، البوتاسيوم المتبادل، 2,4-D.

Abstract:

Our work aimed to study the effect of rhizodegradation by legumes on the availability of exchangeable potassium (K₂O) in herbicide-treated soils. In this study, we used a legume (bean) and a herbicide (2,4-D) at a dose of 0.66 ppm, planted in pots filled with soil from the experimental station at the University of Blida 1.

The results obtained confirm the negative impact of the herbicide on potassium availability in (SH) with a release of 124.11 ppm, compared to the soil treatment (S), particularly through its impact on microbial activity. That is, the herbicide disrupts the natural process of potassium release and availability in the soil.

However, the results also confirm the positive impact of rhizodegradation and its improvement in potassium availability, particularly in the (SHG) treatments. To clarify, the rhizosphere of legumes contains beneficial microorganisms (bacteria), which play a crucial role in releasing potassium from the soil.

Keywords: rhizodegradation, legumes, herbicide, exchangeable potassium, 2,4-D.

Liste des tableaux :

Tableau N° 1 : Dispositif Expérimentale	17
TableauN°2: Les caractéristiques des propriétés physico-chimiques de sol	21

Liste des figures:

Figure 1 : Observation du nodule sous ME	7
Figure 2 : Les étapes de développement des nodules	9
Figure 3 : Cycle de potassium	11
Figure 4 : Echantillon de sol	14
Figure 5 : Suivi de l'expérimentation	16
Figure 6 : Les traitements expérimentés mis sous serre	17
Figure 7 : Les étapes des analyses physico-chimiques	18
Figure 8 : Effet de la rhizodégradation sur la libération de potassium échangeable dans le sol traité par 2.4-D	22
Figure 9 : La partie racinaire de légumineuse	24

Liste des abréviations :

K : Potassium

N : Azote

P : Phosphore

K₂O : Oxyde de potassium

CO₂ : Dioxyde de carbone

C : Carbone organique

Na : Sodium

Mg : Magnésium

Ca : Calcium

PH : Potentiel hydrogène CE

: Conductivité électrique

CR : Capacité de rétention en eau MO

: Matière organique

S : Sol

H : Herbicide

L : Légumineuse

2,4-D : Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique

ME : Microscope Electronique

HNO₃ : Acide Nitrique

Table des matières

- Remerciements
- Dedicace
- Résumé
- ملخص
- Abstract
- Liste des tableaux
- Liste des figures
- Liste des abreviations

INTRODUCTION	1
--------------------	---

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES

I.1 Généralité sur le sol	4
I.1.1 Définition du sol.....	4
I.1.2 Le rôle du sol	4
I.1.3 Les fonctions des sols.....	4
I.2 Généralité sur les herbicides	5
I.2.1 Définition	5
I.2.2 Dommages causés par les herbicides.....	5
I.2.3 Le devenir des herbicides dans le milieu.....	6
I.3 La phytoremédiation et la rhizodégradation	6
I.3.1 Définitions et principe	6
I.3.2 Les différentes techniques de phytoremédiation	6
I.4 Généralité sur légumineuses.....	7
I.4.1 Définitions	7
I.4.2 L'intérêt des légumineuses pour l'agriculture.....	7
I.4.3 Le rôle des légumineuses dans la nutrition minérale.....	8
I.4.4 Les étapes de développement des nodules.....	8
I.4.5 Fonctionnement ou maturité des nodules	9
I.5 Le potassium (K)	10
I.5.1 Définition	10
I.5.2 Sources du potassium	10
I.5.3 Le rôle du potassium	10
I.5.4 Formes du potassium dans le sol (K+)	11
I.5.5 Le cycle du potassium.....	11

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1 L'objectif de travail	14
II.2 Présentation générale de la zone d'étude	14
II.3 Matériels utilisés.....	14
II.3.1 Échantillonnage des sols.....	14
II. 3.2 Choix et caractérisation des herbicides et leur dose.....	15
II. 3.3 Choix de l'espèce (Le haricot).....	15
II.4. Protocole expérimental	15
II.4.1 Essai de germination	15
II.4.2 Préparation des pots	15
II.4.3 Description du dispositif	17
II.4.4 Dosage du Potassium assimilable par attaque à l'acide nitrique bouillant	18
II.4.5 Paramètres mesurés... ..	19
II.5 Analyse statistique	19
II.5.1 les courbes... ..	19

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats des analyses des caractéristiques physico-chimiques de sol	21
III.2 Effet de la rhizodégradation sur le potassium échangeable (K ₂ O) dans le sol traité par 2.4-D	22

- **CONCLUSION.**
- **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.**

INTRODUCTION

L'intensification de l'agriculture a rendu inévitable l'utilisation croissante des fertilisants et des produits phytosanitaires notamment les herbicides, pratiqués dans le but d'améliorer la production agricole, dont le but de limiter la prolifération des mauvaises herbes, qui peuvent provoquer la chute des rendements en agriculture.

Récemment dans notre pays, l'usage des herbicides ne cesse de se multiplier. Ainsi environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs (**Bouziati, 2007**). Nous notons aujourd'hui, pendant le traitement et la pulvérisation des herbicides, que seulement 1% de cette quantité utilisée arrive directement sur les adventices ciblées, tandis qu'environ de 30 à 50 % de la quantité peut être perdue dans les différentes composantes de l'environnement (sol, air et nappe d'eau). Et cela pose plusieurs problématiques d'ordre agro-économique et environnemental.

En vue d'une lutte biologique contre ces biocides, de nombreux chercheurs ont utilisé différentes méthodes de la biotechnologie comme la bioaugmentation, phyto-stimulation, ...(**Savadojo et al., 2006 ; Delgado-M et al., 2007, Monard, 2008a ; Monard et al, 2008b ; Mukherjee I, 2009 ; Monard et al, 2010 ; Kersante A., 2003 ; Cheloufi et al., 2016**). Dans cette perspective, la rhizodégradation qui est une technique in situ utilisant les racines des légumineuses (plantes) et des microorganismes pour dégrader des polluants organiques en constituants élémentaires (minéralisation).

En outre, l'intégration des légumineuses dans les agrosystèmes est primordiale du fait de leur rôle central pour l'alimentation humaine et animale et pour la santé des sols, grâce à la fixation d'azote (N) atmosphérique via la symbiose racinaire avec le rhizobium du sol (rhizobiums). Cette relation aboutit à la formation d'un petit organe particulier au niveau des racines, le nodule, au sein duquel les bactéries, grâce à leur activité nitrogénase, fixent l'azote atmosphérique et le transfèrent à la plante sous une forme assimilable. En retour, la bactérie fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la plante. C'est donc une véritable symbiose avec un échange réciproquement bénéfique (**Giraud, 2007**).

Toutefois, l'effet de la rhizodégradation des herbicides par une légumineuse (le haricot) dans la région de Blida, sur l'assimilation des éléments nutritifs majeurs dans les sols agricoles n'a pas fait l'objet particulier notamment sur l'aspect de la minéralisation du potassium. Notre étude s'oriente dans cette problématique et vise à connaître l'impact de cette

association microbienne dans le rôle de la dégradation des herbicides pour produire le potassium (K) dans les sols agricoles de Soumaa.

Chapitre I : Synthèse bibliographiques

Chapitre I : Synthèse bibliographiques

I.1 Généralité sur le sol :

I.1.1 Définition du sol :

Le sol est un milieu naturel à propriétés essentiellement dynamiques différencié en horizons à constituants minéraux et (ou) organiques généralement meubles est résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques, le sol est le support des végétaux, leu dans lequel, grâce à leurs racines, les plantes se procurent l'eau et les éléments nutritif elles ont besoin, qui est dénommée couverture pédologique, **(Duchaufour, 1984)**

I.1.2 Le rôle du sol :

Selon la **FAO** le sol est essentiel à l'équilibre de l'écosystème car il assure plusieurs fonctions notamment :

- Fournir un soutien matériel pour les plantes.
- Agissant comme une réserve de nutriment et d'eau.
- Abritant une grande variété d'organisme.
- Contrôle des cycles biogéochimiques.

Dans le domaine agricole le sol joue un rôle central pour nourrir les plantes en leur fournissant les éléments minéraux nécessaires ; y compris le potassium sous sa forme échangeable.

I.1.3 Les fonctions des sols :

Les sols sont une ressource non renouvelable (leur formation prend des siècles), et leurs fonctions interconnectées en font un pilier des écosystèmes et des sociétés humaines **(UE, Directive Sols, 2022)**. Ils accomplissent de nombreuses fonctions vitales qui sont souvent interdépendantes :

I.1.3.1 Fonction alimentaire :

Le sol participe aux cycles du phosphore P le potassium K et l'azote N **(FAO, 2015)**

I.1.3.2 Fonction hydrologique :

Il agit en tant que filtre naturel pour l'eau, améliorant sa qualité, et régule les flux hydriques, prévenant les inondations. (AEA, 2022).

I.1.3.3 Fonction écologique :

- Il est l'hôte de plus de 25 % de la biodiversité terrestre étant donné que la biodiversité sous- sol est souvent plus riche que la biodiversité en surface
- Il est un élément vital dans cycles biogéochimiques (IPBES, 2019).

I.1.3.4 Régulation climatique :

- Le sol stocke le carbone (troisième plus grand réservoir mondial), influençant les émissions de CO₂.
- Il échange de la chaleur avec l'atmosphère, modulant les températures locales (GIEC, 2021).

I.1.3.5 Fonction culturelle et historique :

- Support pour les infrastructures humaines (bâtiments, routes).
- Archives archéologiques préservant les traces des civilisations passées (UNESCO, 2020).

I.2 Généralité sur les herbicides :

I.2.1 Définition :

Les herbicides sont appelés parfois désherbants, notamment en horticulture. Ce sont des matières actives ou des produits formulés ayant la propriété de tuer les végétaux (Coulibaly, 2005).

Les herbicides sont des substances chimiques synthétiques ou naturelles utilisées pour éliminer ou contrôler les adventices (mauvaises herbes) qui entrent en compétition avec les cultures pour les ressources (eau, lumière, nutriments). Ils agissent en perturbant des processus physiologiques spécifiques des plantes cibles (Cobb, A.H., & Reade, J.P.H. 2010).

I.2.2 Dommages causés par les herbicides :

Evidemment, l'utilisation intensive d'herbicides a des nombreuses des conséquences négatives pour les écosystèmes, telles que

- Perturbation des communautés microbiennes du sol
- Altération des cycles biogéochimiques
- Réduction de la biodiversité édaphique

- Changement des propriétés physico-chimiques du sol
- Réduction de l'efficacité d'assimilation des nutriments par les plantes
- La contamination des eaux souterraines et de surface (**Manneville,O.,Vergne**) (**Pascual, J. A**)

I.2.3 Le devenir des herbicides dans le milieu :

Une fois encore, l'utilisation intensive d'herbicides a provoqué de multiples conséquences négatives pour les écosystèmes, tel que :

- Adsorption sur les particules du sol
- Dégradation par voies chimiques, photochimiques ou biologique
- Lixiviation vers les nappes phréatiques
- Volatilisation dans l'atmosphère
- Absorption par les organismes non-cibles (**Calvet, R., 1989**).

I.3 La phytoremédiation et la rhizodégradation :

I.3.1 Définitions et principe :

La phytoremédiation regroupe l'ensemble des techniques utilisant les plantes et les microorganismes associés pour décontaminer les milieux pollués. Elle exploite les capacités naturelles des végétaux à absorber, accumuler, transformer ou dégrader les polluants organiques et inorganiques (**Pilon-Smits, E., 2005**).

La rhizodégradation est un processus naturel de dégradation des polluants organiques par les racines des plantes et les microorganismes qui les entourent (rhizosphère). En termes simples, la rhizodégradation utilise les capacités des plantes à stimuler l'activité bactérienne dans la rhizosphère, permettant ainsi la dégradation des substances toxiques comme les herbicides (**Susarla et al., 2002**).

I.3.2 Les différentes techniques de phytoremédiation :

Plusieurs approches de phytoremédiation existent :

- . **Phytoextraction** : accumulation des polluants dans les parties aériennes des plantes.
- . **Phytoastabilisation** : immobilisation des contaminants dans la rhizosphère.
- . **Phytovolatilisation** : transformation et libération des polluants sous forme gazeuse.
- . **Photodégradation** : dégradation des polluants dans les tissus végétaux.
- . **Rhizodégradation** : dégradation des polluants par l'activité microbienne stimulée dans la rhizosphère.

I.4 Généralité sur légumineuses :

1.4.1 Définitions :

Les légumineuses, aussi appelées légumes secs, Elles appartiennent à la famille des Fabacées, c'est une famille très diversifiée, qui comprend environ 765 genres et 19.500 espèces (Deluzarche, 2019).

Grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique dans le sol via une symbiose avec des bactéries (Figure 1), les légumineuses contribuent à enrichir les sols en azote, ce qui permet de réduire la nécessité d'utilisation d'engrais chimiques. Elles peuvent être utilisées comme cultures de couverture pour améliorer la qualité du sol avant la culture principale (Huyghe et Schneider, 2015).



Figure 1 : Observation du nodule sous ME

I.4.2 L'intérêt des légumineuses pour l'agriculture :

Les légumineuses représentent en agriculture, un intérêt écologique et économique (Nielsen et al, 2001).

- Les légumineuses améliorent la fertilité des sols, ce qui permet d'améliorer et de renforcer la productivité des terres agricoles.
- Elles contribuent à lutter contre l'érosion et l'épuisement des sols, et à réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution.
- Les légumineuses jouent un rôle important dans l'atténuation des effets néfastes du changement climatique.
- L'intégration des légumineuses dans la rotation des cultures utilise des bactéries symbiotiques pour fixer l'azote, ce qui assure une bonne croissance végétative, contribuant ainsi à l'augmentation des rendements (Kharrat et al., 2023).

I.4.3 Le rôle des légumineuses dans la nutrition minérale :

Les légumineuses jouent un rôle efficace dans l'amélioration de la santé des sols en fournissant des nutriments.

- Elles possèdent la capacité de fixer biologiquement l'azote en convertissant l'azote atmosphérique de son état gazeux en ammoniac (une forme d'azote utilisable par les plantes).

I.4.4 Les étapes de développement des nodules :

I.4.4.1 Définition :

Les nodules des légumineuses se développent à travers plusieurs étapes, de l'infection à la maturation, en passant par l'organogenèse et la fixation de l'azote. Cette symbiose avec les bactéries *Rhizobium* est essentielle pour la fixation de l'azote atmosphérique, indispensable à la croissance des légumineuses.

I.4.4.2 Étapes du développement de nodosités :

La formation des nodules d'une légumineuse et d'une bactérie du genre *Rhizobium* se fait en plusieurs étapes schématisées et illustrées dans la figure (2) (Lydie Suty, 2015).

Ces étapes se font en six phases :

a. Phase 1 d'attraction : Les racines émettent des flavonoïdes, composés hétérocycliques qui attirent les bactéries *Rhizobium* à proximité des jeunes poils absorbants des racines

b. Phase 2 de reconnaissance : En réponse à ces flavonoïdes, les rhizobactéries synthétisent des facteurs Nod. Les cellules des racines possèdent des récepteurs spécifiques des facteurs Nod (voir 6.1) au niveau de leurs membranes plasmiques.

c. Phase 3 d'infection : Pendant laquelle les rhizobactéries pénètrent dans les cellules du poil absorbant en formant un cordon infectieux discontinu. Ce cordon se ramifie pour entrer dans les cellules corticales de la racine.

d. Phases 4 et 5 d'activation de la division cellulaire : elles forment des petits méristèmes qui vont fusionner pour initier l'organogenèse de la nodosité. Les nodosités ne sont pas encore fonctionnelles pour la fixation de l'azote gazeux.

e. Phase 6 : Le nodule se forme et contient des cellules contenant les bactéroïdes, devenant ainsi capables de fixer l'azote. Le nombre de nodules et leur masse sont contrôlés par la plante en fonction des conditions environnementales et de son état physiologique.

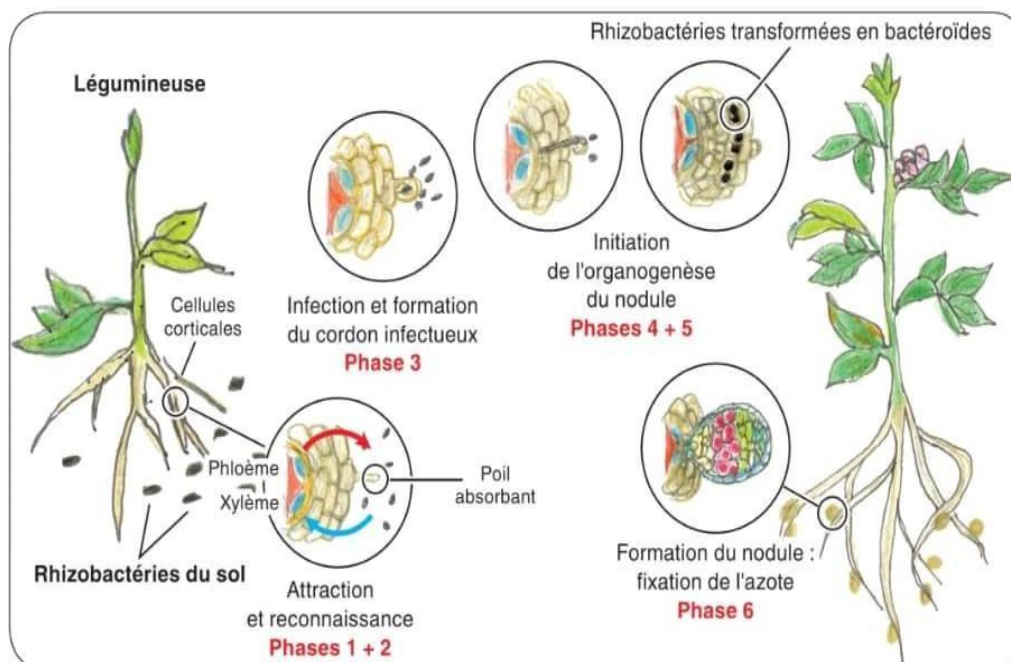


Figure 2 : Les étapes de développement des nodules.

I.4.5 Fonctionnement ou maturité des nodules :

- Suivant le type de légumineuse, deux types de nodules peuvent être produits : les nodules de type indéterminé et les nodules de type déterminés.
- La croissance du nodule est due à une augmentation de la taille des cellules végétales et non aux divisions cellulaires (**Sanchez, 2017**).
- À l'intérieur du nodule, les bactéries se différencient en bactéroïdes, la forme spécialisée capable de fixer l'azote atmosphérique en ammoniac assimilable par la plante.
- Les nodules ont besoin d'air et d'oxygène pour fonctionner correctement, mais en quantité contrôlée grâce à des protéines comme la légghémoglobine qui régulent la disponibilité en oxygène pour protéger la nitrogénase.

I.5 Le potassium (K) :

I.5.1 Définition :

Le potassium est un élément essentiel de la vie ; il joue un rôle clé dans la planification et la croissance des cellules (**Anonyme, 2005**)

I.5.2 Sources du potassium :

Le potassium ne se trouve dans le sol que comme un minéral. En fait, le potassium contenu dans la majorité des restes et les déchets végétaux est K^+ , qui sont libérés dans le sol pendant la mort cellulaire. Il se trouve dans le sol sous quatre formes :

- En solution dans l'eau du sol.
- complexe adsorbant (Argile - humus).
- Présent dans la composition des minéraux primaires (roche d'origine) : cette forme est libérée très progressivement durant les processus d'altération (**Anonyme, 2005**).

I.5.3 Le rôle du potassium :

Le potassium (K) est l'élément le plus abondant après l'azote (N) et le phosphore (P), dont les plantes ont largement besoin. Le potassium dans le sol est un nutriment essentiel absorbé sous forme ionique par les racines pour faciliter divers processus physiologiques chez les plantes.

Le potassium agit principalement dans les processus suivants :

I.5.3.1 Le rôle du potassium dans les cellules :

- Photosynthèse :** Il est essentiel pour la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.
- Régulation de l'eau :** Il aide à réguler l'ouverture et la fermeture des stomates, les pores des feuilles qui contrôlent la perte d'eau.
- Transport des nutriments :** Il favorise le mouvement des nutriments à travers les membranes des plantes.
- Synthèse des protéines :** Le potassium joue un rôle dans l'activation des enzymes responsables de la formation des protéines

I.5.3.2 Le rôle du potassium chez d'autres êtres vivants :

- Le potassium est nécessaire au fonctionnement de toute cellule vivante.
- Le potassium est aussi un constituant majeur des cellules animales.
- Il a des fonctions importantes dans l'organisme : il régule la pression osmotique interne des cellules et contribue à faire baisser la tension artérielle.

- Il intervient dans le contrôle de la contraction musculaire.

I.5.3.3 Le rôle du potassium dans les plantes :

- Le potassium est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux. Il est absorbé par les racines sous forme de cation K^+ , et circule sous cette forme dans toute la plante.
- Ses fonctions dans le métabolisme des plantes sont multiples :
- Il maintient le port de la plante par son effet majeur sur la turgescence des cellules et la constitution de parois cellulaires résistantes.
- Il favorise la circulation de la sève ascendante dans le xylème et la sève descendante dans le phloème.
- Il permet le transfert des assimilâtes (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules).
- Il contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates et régule le cycle de l'eau dans la plante.

I.5.4 Formes du potassium dans le sol (K^+) :

Le potassium n'est présent dans le sol que sous forme minérale. Le potassium se trouve ainsi dans le sol sous quatre formes différentes (Schvartz et al., 2005).

- En solution dans l'eau du sol.
- Il est intégré à la constitution des minéraux primaires des roches mères. Cette forme est très lentement libérée au cours des processus d'altération.
- Il est inclus entre les feuillets des argiles. Cette forme non échangeable ne peut être libérée que lorsque le sol s'appauvrit fortement en potassium et à l'occasion d'alternances d'humectations et de dessiccations.
- Adsorbé par les charges négatives de la capacité d'échange cationique du sol (ou complexe adsorbant).

I.5.5 Le cycle du potassium :

Le cycle du potassium dans le sol est complexe et implique plusieurs processus importants

(Figure3)

:

I.5.4.1 Libération : Le potassium est libéré dans le sol à partir des minéraux présents comme le feldspath et le mica.

I.5.4.2 Fixation : Une partie du potassium devient fixée dans les argiles du sol, le rendant temporairement indisponible pour les plantes.

I.5.4.3 Absorption : Les racines des plantes absorbent le potassium en solution dans le sol.

I.5.4.4 Lixiviation : Une perte de potassium peut survenir par lixiviation, en raison de l'eau de pluie excessive qui entraîne le nutriment hors de la zone racinaire.

Ce cycle est influencé par divers facteurs tels que le type de sol, la composition minérale et les conditions climatiques.

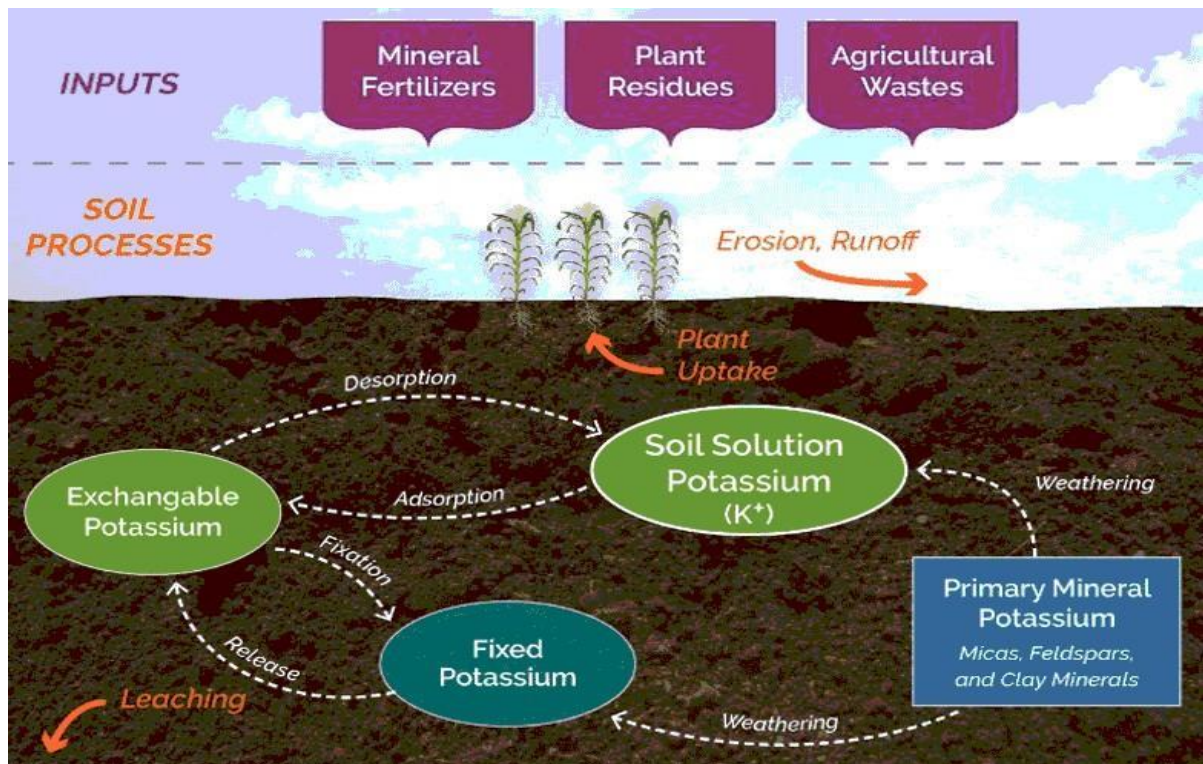


Figure 3 : cycle de potassium.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1 L'objectif de travail :

Afin d'améliorer la production agricole, L'utilisation de toutes sortes d'herbicides est devenue nécessaire, et afin de réduire leur impact sur le sol, notamment sur les nutriments qui sont essentiels à la croissance des plantes. Nos travaux visent principalement la bioremédiation par des légumineuses afin d'apporter le potassium échangeable dans les sols traités par des herbicides.

Notre travail consiste à tester l'effet de la rhizodégradation par une légumineuse sur l'assimilation de potassium échangeable dans les sols traités par herbicides.

II.2 Présentation générale de la zone d'étude :

Les sols utilisés sont des vertisols de la Station expérimentale de l'université Saad Dahleb Blida 1. La région est caractérisée par un climat méditerranéen subhumide. Les précipitations moyennes annuelles sont de 664 mm. La température moyenne annuelle est de 17.1 °C.

II.3 Matériels utilisés

II.3.1 Échantillonnage des sols

Le prélèvement de sol a été effectué dans la station expérimentale agricole (Figure 4), à texture argileux. La profondeur du prélèvement est de 0 -30 cm. 8 kg de sol séché à température ambiante, broyés et tamisés.



Figure 4 : échantillon de sol (Originale 2025).

II. 3.2 Choix et caractérisation des herbicides et leur dose :

L'herbicide le plus utilisé dans notre pays et particulièrement de la région de Blida est de l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique, noté 2,4-D de la famille chimique des organochlorés. Pour la dose, nous avons retenu la dose agronomique de 0.66 ppm (mg/kg).

II. 3.3 Choix de l'espèce (Le haricot) :

En plus de ses intérêts de *Phaseolus vulgaris L*, variété commune « coco rose » sur le plan écologique, agronomiques et correctif des sols pollués et bien sûr nutritionnels, le choix de l'espèce s'est basé essentiellement sur la disponibilité des graines de cette espèce dans la région de Blida.

Le choix de cette plante (haricot) en raison de :

- Son cycle végétatif relativement court est les résultats apparaissent rapidement.
- Il est facile à cultiver.
- Le cycle de vie est trimestre.
- Le système racinaire est actif est profonde.

II.4. Protocole expérimental :

II.4.1 Essai de germination

Un échantillon de semence a été soumis à un test de germination avant le semis, elle a été réalisée dans les boîtes de pétri contenant des papiers filtre imbibé dans l'eau et le taux de germination obtenu au bout d'une semaine a été de 94,4%.

II.4.2 Préparation des pots :

Dans les pots plastique de forme circulaire, d'un poids de 1kg, de 25 cm de haut et 20 cm de diamètre, nous avons placé 1kg de sol séché et tamisé à 2 mm, Dans lequel nous avons placé 1kg de mélange de sol-herbicide a une dose de 0.66 ppm (mg/kg) selon les traitements.

Dans chaque pot nous avons enfoui 8 à 10 graines de haricot (Figure 5). Notre expérimentation a été mise sous serre à une température 30°C, afin d'assurer un climat propice à l'agriculture. Le volume d'eau que nous avons ajouté est d'environ 34 ml, l'irrigation a été effectuée tous les 4 jours.



Figure 5: Suivi de l'expérimentation (Originale 2025).

II.4.3 Description du dispositif :

Le dispositif est un bloc aléatoire complet avec 4 traitements et 3 répétitions, soit un nombre total de 12 pots (figure 6).

Des prélèvements ont été effectués selon les pas de temps 1, 30, 95 jours pendant la croissance de l'haricot.

Nous avons adopté 3 traitements pour chaque traitement :

- Sol seul (témoin) : S
- Sol + herbicide ; SH
- Sol + herbicide + haricot ; SHL
- Sol + haricot ; SL.

Le dispositif est aléatoire (voir le dispositif). Les traitements expérimentés sont mentionnés dans le tableau (tableau 01).

Traitements			
Répétition ↓	S	S	S
	SH	SH	SH
	SL	SL	SL
	SHL	SHL	SHL

Tableau 1 : Dispositif expérimental.

Les lignes représentent les traitements et les colonnes représentent les répétitions.



Figure 6 : Les traitements expérimentés mis sous serre (original 2025).

La cinétique de potassium échangeable est suivie pendant la période de croissance de légumineuse avec les pas de temps suivants : 1, 30, 95 jours. Chaque traitement a subi à un dosage de K_2O .

II.4.4 Dosage du Potassium assimilable par attaque à l'acide nitrique bouillant :

Réactifs : Acide Nitrique 1,0 N.

Mode opératoire : 2,5 g de sol finement broyé sont placés dans un erlenmeyer de 125 ml. Ajouter 25 ml HNO_3 1,0 N. Chauffer jusqu'à ébullition et maintenir l'ébullition douce pendant 10 mn. Filtrer sur une fiole de 100 ml. Laver le sol avec 4 fractions de 15 ml d' HNO_3 0,1 N et compléter à 100 ml. K est dosé par émission de flamme.

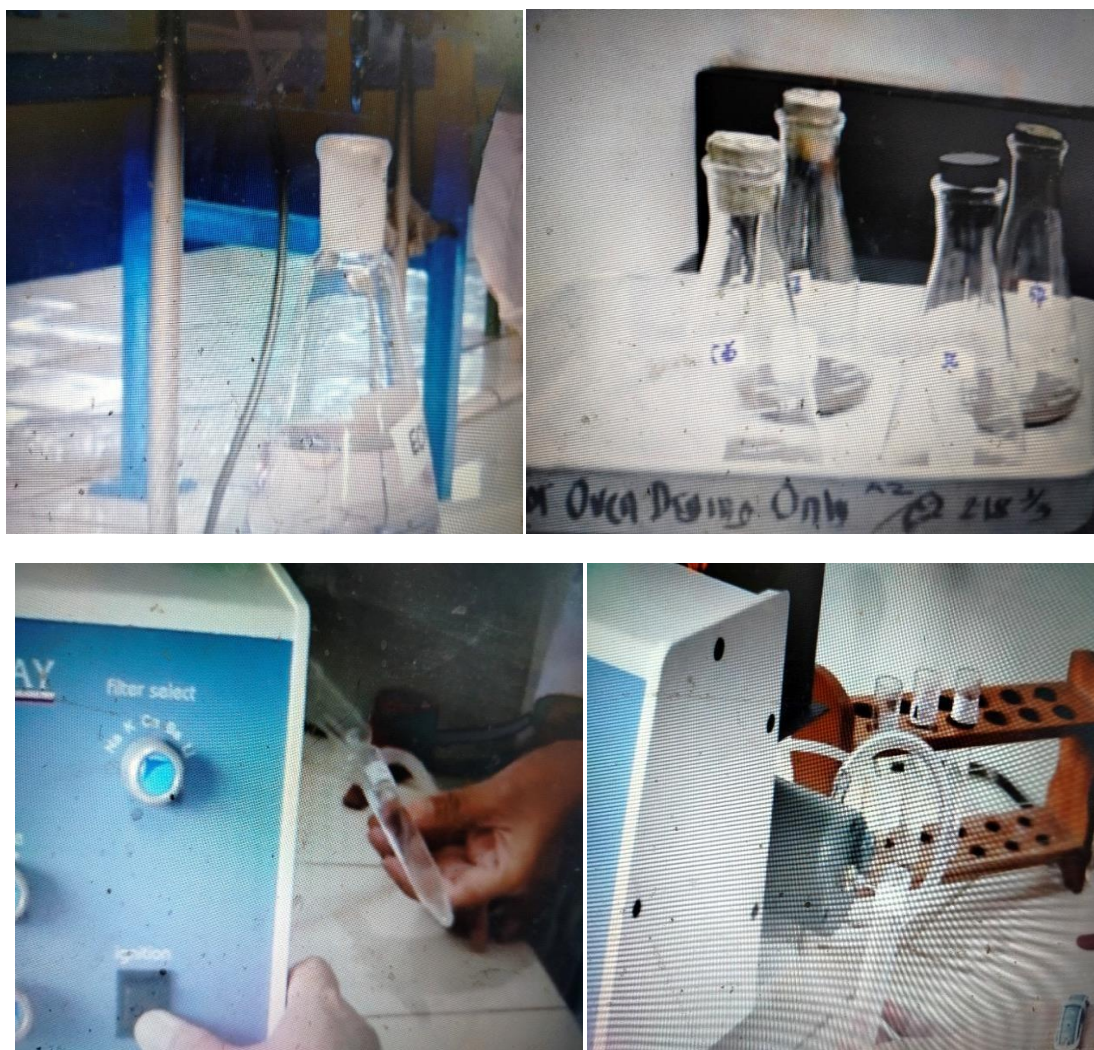


Figure 7 : Les étapes des analyses physico-chimiques (original 2025).

II.4.5 Paramètres mesurés

- Analyse physico-chimique d'un échantillon de sol
- Dosage de K_2O durant 1, 30 et 95 jours de la croissance de l'haricot.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses des caractéristiques physico-chimiques de sol :

Les propriétés physico-chimiques de l'échantillon de sol déterminé au laboratoire de l'Agence national hydraulique, sont représentées dans le tableau (2).

Caractéristiques physico-chimiques	Unité de mesure	Sol	
Granulométrie	%	Sable	37
		Limon	35
		Argile	28
Classe texturale	Triangle de texture GEPPA	Limon argileux	
pH		7	
Conductivité électrique	μS/cm	84.30	
Capacité de rétention en eau Cr	%	29.24	
CaCo3	%	3.44	
K	Ppm	134.72	
Na	Meq/100g	0.32	
Mg	Meq/100g	1.85	
Ca	Meq/100g	16.71	
CEC	Meq/100g	68	
P	Ppm	8.19	
C	%	2.82	
N	%	0.21	
MO	%	4.85	

Tableau 2 : Les caractéristiques des propriétés physico-chimiques de sol.

III.2 Effet de la rhizodégradation sur le potassium échangeable (K₂O) dans le sol traité par 2.4-D :

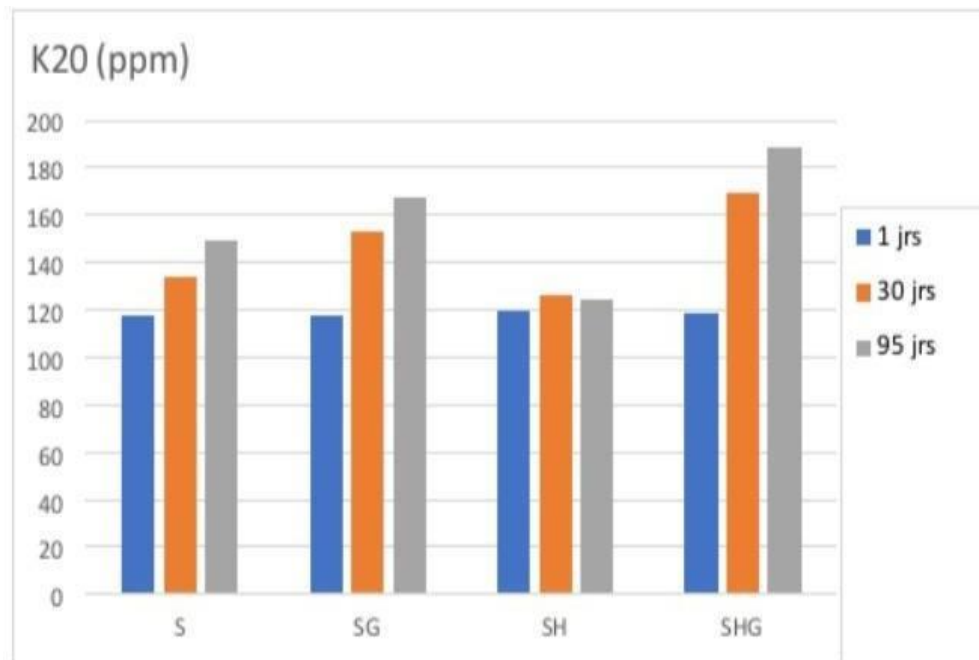


Figure 8 : Effet de la rhizodégradation sur la libération de potassium échangeable dans le sol traité par 2.4-D.

- S : Sol (témoin)
- SL : Sol + légumineuse
- SH : Sol + Herbicide
- SHL : Sol + Herbicide + Légumineuse

L'analyse des résultats moyennant de test ANOVA montre que la rhizosphère de l'haricot a un effet significatif sur la libération du potassium dans le sol traité par le 2.4-D (annexe 03).

L'examen des résultats dans les diagrammes à barres(Figure 8), obtenus sur une période de 95 jours de croissance de l'haricot, révèle que la plantation de légumineuse des systèmes sol

herbicides par un haricot provoque une augmentation de la libération du potassium échangeable. En effet, nous avons noté les quantités de 167.52 ppm et 189 ppm dans les échantillons SL et SHL comparativement aux deux témoins S et SH 149.71 ppm et de 124.11 ppm respectivement.

Ainsi, la rhizodégradation de sol traité par un herbicide (2.4 -D) entraîne une amélioration des nodules remplis par des bactéries et cela se répercute très positivement sur l'activité biologique globale et la production dans ce sol. Dans cette direction, dans cette direction, dans le traitement planté par légumineuses ont montré une augmentation de la concentration en potassium de 118.37 ppm le premier jour à 169.63 ppm après 30 jrs et à 189 ppm après 95 jours. Cela indique une évolution de la disponibilité ou de la concentration de potassium dans le sol au fil du temps. Il en résulte une meilleure mobilisation microbienne du potassium et éventuellement une dégradation des molécules des herbicides par les bactéries contenues dans les nodules des racines de l'haricot. Ceci est dû à l'effet bénéfique de la rhizodégradation de légumineuse, en particulier au travail des nodules présents au niveau des racines des légumineuses, qui crée un milieu favorable et stimule l'activité des microorganismes qui est responsables à la disponibilité du potassium échangeable dans le sol. Les travaux les plus récents consacrés aux modes d'action des bactéries nodulaire montrent des interactions très complexes au niveau moléculaire entre la plante et leur assimilation des nutriments surtout les éléments majeur NPK. (**Woo, 2006**).

Par ailleurs, durant une période de croissance de légumineuse de 95 jours, il est noté que la quantité de K_2O dans le sol sous l'effet du 2.4-D est de 124.11 ppm ; dans le système témoin, cette quantité est cependant de 149 ppm (Figure 8). Il en ressort que l'herbicide causent un disfonctionnement biologique dans le sol. Cette diminution de la quantité de potassium échangeable en 95 jours témoigne de l'effet négatif de 2,4-D sur la texture de sol et ses propriétés physiques et chimiques, ainsi que sur l'activité des micro-organismes et des bactéries, ce qui a entraîné une diminution de la quantité de potassium échangeable dans le sol.

Cette différence est due à l'effet de la rhizodégradation de légumineuse et à l'action des nodules sur la décomposition de l'herbicide, grâce à leurs sécrétions et à la stimulation des bactéries responsables a la dégradation 2,4-D à cause de produire des composées exsudées racinaire qui favoriser la dégradation microbienne de 2,4-D, réduisant ainsi son impact négatif sur la texture de sol et sa composition et surtout sur l'activité microbienne.



Figure 9 : La partie racinaire de légumineuse a l'œil nu (originale 2025).

Les mécanismes d'infection de la racine par les bactéries nodulaire (**figure 9**) qui ont permis de montrer que la première étape de l'interaction est caractérisée d'une part par une déformation des poils absorbants auxquels viennent se fixer les bactéries et d'autre part par un échange de signaux entre la plante et les bactéries, ces dernières produisant des lipochito-oligosaccharides appelés facteurs Nod. Reconnus par la plante à des concentrations extrêmement faibles de l'ordre du nano- au picomolaire, ces facteurs Nod déterminent la reconnaissance spécifique entre l'espèce végétale, la production des minéraux et l'espèce bactérienne (Compant et al., 2010)

Conclusion

Conclusion :

En raison de leur utilisation intensive, les herbicides sont devenus nocifs pour les sols et constituent une grave menace pour l'environnement. Pour atténuer leurs effets, nous avons mis en œuvre la rhizodégradation afin de réduire leurs effets et leur impact sur l'assimilation du potassium échangeable.

A cet effet, nous avons choisis une technique de rhizodégradation qui utilise les plantes par une fabacée (haricot) pour dégrader les polluants (2,4-D) présents dans le sol, par l'action des racines des plantes et des micro-organismes associés dans la rhizosphère. Cette technique biologique choisie pour étudier l'effet sur la disponibilité de potassium échangeable (K^+) dans le sol, et leur effet sur la décomposition de 2,4-D (herbicide).

Les résultats obtenus révèlent une variabilité significative de processus de la libération de potassium assimilable dans les différents systèmes expérimentaux.

- Il ressort globalement de cette investigation une influence négative de l'herbicide sur la production de K^+ dans le sol pendant 95 jours.
- Le système racinaire de l'haricot dans les sols traités par le 2,4-D, est significativement différent, influe sur la biodégradabilité de ce produit xénobiotique.
- -En revanche, ce qui concerne les interactions microflore nodules-herbicides, cette étude révèle que cette association rhizosphérique stimule la croissance de l'activité microbienne est provoqué une amélioration de libération de potassium échangeable (K^+).
- En outre, l'activité nodulaire la plus forte a été observée dans le système sol-herbicide-légumineuse vis-à-vis dans le traitement sol-légumineuse. Ici l'effet stimulant de la rhizodégradation favorise la croissance des microorganismes dégradants spécifiques, capables d'utiliser les molécules de l'herbicide comme source de carbone, d'énergie et de potassium

Sur la base des résultats positifs obtenus, nous proposons d'élargir l'étude et de mener davantage de recherches et diverses expériences, notamment :

- Une étude de la rhizodégradation de diverses légumineuses.
- L'application de cette expérience à différents types des sols et des pesticides.
- L'application de cette étude à l'échelle du champ et de l'exploitation (rotation).
- L'expérimentation d'autres techniques de bioremédiation sur ces pesticides.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. **AEA-Agence de l'eau Adour, 2022** <https://eau-grandsudouest.fr/usages-enjeux-eau/eau-grand-sud-ouest/eau-sol>
2. **Bouziane S, 2022** ; Contribution à l'évaluation de l'intensité de l'utilisation des pesticides sur les cultures maraichères : cas de la région de Tizi-Ouzou, U. MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU. **3p.**
3. **Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M. P. & Coquet Y., 2005.** les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. *Ed, France Agricole*. P. 255, 257, 272, 489, 491.
4. **Calvet, R. (1989).** " Adsorption of organic chemicals in soils." *Environmental Health Perspectives*, 83, 145P-177P.
5. **Christian Schvartz, Jacques Decroux, Jean-Charles Muller, 2005,** Guide de la fertilisation raisonnée, grandes cultures et prairies, E. **136p.**
6. **Cobb, A.H., & Reade, J.P.H. (2010).** *Herbicides and Plant Physiology. 2nd Edition,* Wiley-Blackwell, Hoboken, 1-296. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444327793>
7. **Cobb, A.H., & Reade, J.P.H. (2010).** *Herbicides and Plant Physiology.* Wiley-Blackwell, Oxford.
8. **Compant S., Clement C., Sessitsch A., 2010.** Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol Biochem* 42, 669– 678.
9. **Deluzarche C, 2019.** Légumineuse : qu'est ce que c'est ? .<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/alimentation-legumineuse-2316/>
10. **Duchaufour, 1984. P.** *Abrégés De Pédologie.* Ed. Masson. Paris, 220 P.
11. **Eric Giraud, 2007,** Symbiose rhizobium/ légumineuse : un nouveau sésame, **E663p.**<https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/pdf/2007/08/medsci2007236-7p663.pdf>
12. **FAO,2015.** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome, 400 p.
13. **GIEC- Changements climatiques.** <https://www.fao.org/soils-2015/faq/fr/>
14. **Hauggaard-Nielsen H, Ambus, P et Jensen, E S, (2001).** Compétition interspécifique, utilisation de l'azote et interférence avec les mauvaises herbes dans les cultures intercalaires pois-orge. *Field Crops Res*, 70 , 101-109.
15. **HuygheC, SchneideA r , 2015.** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. E, 79 p.

16. **IPBES,2019**<https://files.ipbes.net/ipbes-web>
17. **IPI International PotashInstitute**,Le Potassium Un élément essentiel à la vie.
<https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/408-k-essential-fr.pdf>
18. **Kharrat, M., Ben Salah, H., Maatougui, M.H**, Étude sur la filière des légumineuses alimentaires et fourragères en Afrique du Nord, 2023, **7p**.
19. **Köhler, H.R., 2007**). "Effects of herbicides on non-target organisms in aquatic ecosystems." *Reviews in Environmental Contamination and Toxicology*, **191p**.
20. **l'Unifa, Parlons Fertilisation**, Potassium – k .<https://fertilisation-edu.fr/nutrition-des-plantes/le-role-des-elements-nutritifs/potassium.html>
21. **Lily Hulatt, Gabriel Freitas 2024**; Potassium sol,<https://www.studysmarter.fr/resumes/ingenierie/genie-agricole/potassium-sol/>
22. **Lydie Suty ; 2015**. Les végétaux, Des symbioses pour mieux vivre. **20p**.
23. **Manneville, O., Vergne, V. Et Villepoux, O. 1999**. Le monde des tourbières et des marais. *Delachaux et Niestlé*, **320p**.
24. **Pascual, J. A., García, C., Hernández, T., & Ayuso, M. (2000)**. Changes in the microbial activity of a soil amended with urban organic wastes. *Biology and Fertility of Soils*, **32(1)**, 67–72. <https://doi.org/10.1007/s003740000219>
25. **Pascual, J.A., Garcia, C., Hernandez, T., & Ayuso, M 2020**. reducing the toxicity of pesticide. An appeal to national and local governments, water boards and farmers. *Sci. Total Environ.* , 699, 134186.
26. Pollution des sols et agrosystèmes M1/ **KARA Karima** HDR, Université Mentouri/Constantine, **1-11p**.
27. **Potassium (K) , Lat Nitrogene**.[https://www.latnitrogen.com/fr/be/nutrients/potassium-\(k\)-3](https://www.latnitrogen.com/fr/be/nutrients/potassium-(k)-3)
28. **Rawat J , Pandey N , SaxenaJ. 2022**. Role of Potassium in Plant Photosynthesis, Transport, Growth and Yield. Bipin Tripathi Kumaon Institute of Technolo. p.1 -14 .[10.1007/978-981-16-4461-0_1](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4461-0_1). In book: *Role of Potassium in Abiotic Stress*
29. **Sanchez J M, 2017**. Légumineuse + Bactérie Rhizobium = Symbiose.
<https://agriculture-de-conservation.com/Legumineuse-Bacterie-Rhizobium-Symbiose.html>
30. **UE,Directive Sols, (2022)** <https://eur-lex.europa.eu>
31. **Woo S.L., Scala F., Ruocco M., Lorito M., 2006**. The Molecular Biology of the Interactions Between *Trichoderma* spp., Phytopathogenic Fungi, and Plants. *Phytopathology*, 96, 2, 181-185

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb Blida 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie et Agro-écologie



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master Académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Effet de la rhizodégradation par une légumineuse sur
l'assimilation de potassium échangeable dans les sols traités par
un herbicide.**

Présenté par :

Mabed Kelthoum

Makrelouf Leila

Devant la commission du jury constituée par :

- | | | |
|-------------------|--------------|--------------|
| • Mme. Zemouri S | Présidente | MAA, Blida 1 |
| • Mme. Degui N | Examinatrice | MCB, Blida 1 |
| • Mme. Cheloufi R | Promotrice | MCB, Blida 1 |

Année universitaire 2024/2025

Mme. Zemouri S