

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Saad Dahlab Blida1**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

**Département de biotechnologie et agroécologie**



**Thèse pour l'obtention du diplôme de master**

**Spécialité : Système de production agroécologie**

**Thème**

**EFFET DE LA RHIZODEGRADATION DES HERBICIDES SUR LA  
BIODISPONIBILITE DE POTASSIUM ECHANGEABLE (K<sub>2</sub>O) DANS LES SOLS  
DE PERIMETRE IRRIGABLE DE MITIDJA.**

**Présenté par :**

**MEZAOUR Chahrazed**

Devant la commission du jury constituée par :

<b>Mr. Abbad.</b>	<b>MCA</b>	<b>USD.Blida1</b>	<b>Président</b>
<b>Mr Derouiche.B</b>	<b>MCB</b>	<b>USD. Blida1</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mm Cheloufi. R</b>	<b>MCB</b>	<b>USD. Blida1</b>	<b>Promotrice</b>

2021 / 2022

## Remerciements

Tout d'abord, grâce à mon dieu qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule.

Je tiens à exprimer en premier, ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Monsieur le **professeur Snouci et Monsieur le Dr Zouaoui** les responsables de laboratoire à l'université de Blida 1.

Je voudrais remercier du fond du cœur le **Dr Cheloufi Rebeh Hind**, pour tous les sacrifices et son encouragement, pour sa grande disponibilité, ses multiples et précieux conseils qui m'ont encadré cette étude, je suis reconnaissante pour tous.

J'adresse tous mes remerciements, Nous sommes agréables de remercier le monsieur le **Dr Abbad** qui nous faisons l'honneur d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et le monsieur le Dr **Derouiche** d'avoir examiné le travail.

Nous remercions également **Mme Ben rbiha, Mme Chaouia, Mme Benzahra et madame Mouas.**

Nous agréable d'exprimer notre remerciement les enseignants de département d'agronomie surtout **Mr Hammama et madame Zemouri** et nous dédions ce modeste travail à nos amis.

Je remercie infiniment ma famille pour toutes mes subventions.

## **Dédicaces**

Je dédie ce modeste travail à mes parents

A mes sœurs et sa petite famille

A mes frères et sa petite famille

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Résumé

Effet de la rhizodégradation des herbicides sur la biodisponibilité de Potassium échangeable( $K_2O$ ) dans les sols de périmètre irrigable de la Mitidja.

Ce travail porte sur l'étude de l'effet de la rhizodégradation de l'herbicide glyphosate sur l'évolution et la biodisponibilité du potassium assimilable dans les deux sols de périmètre irrigable de Mitidja. Pour cela, nous avons employé une plante de *vicia faba* avec l'herbicide glyphosate de dose 250g/ha, dans deux sols oued Alleug et de Bougara.

Les résultats obtenus confirment l'effet nocif du glyphosate vis-à-vis les microflores contrôlant la solubilisation du potassium ( $K_2O$ ), nous marquons une libération de 13,74 ppm et 18,38 ppm respectivement dans S1H et S1T ce qui traduit par des taux d'inhibition.

Toutefois, l'effet de la rhizodégradation provoque une amélioration des quantités de 49,59 ppm et 66,01 ppm de potassium échangeable libéré respectivement dans S2F, S2HF, cette augmentation traduit par un taux de stimulation.

**Mots clés :** sols, Glyphosate, *vicia faba*, rhizodégradation, potassium, la Mitidja.

## **ABSTRACT**

Effect of rhizodegradation of herbicides on the bioavailability of exchangeable potassium ( $K_2O$ ) in the soils of the irrigable of the Matidja.

This work focuses on the study of the effect of the herbicide glyphosate on the evolution and the two soils of the irrigable perimeter of Matidja. for this, we used a *vicia faba* with the herbicide glyphosate in dose 250g/ha, in t two soils of oued Alleug and Bougara.

The results obtained confirm the harmful effect of glyphosate vis-à-vis the microflora controlling the solubilization of potassium ( $K_2O$ ), we note a release of 13.74 ppm and 18.38ppm respectively in S1H and S1T which translates into inhibition rate.

However, the effect of rhizodegradation causes an improvement in the quantities of exchangeable potassium released in the soils planted by *vicia faba*, this increase translates into stimulation rates.

**Key words** : Soils, glyphosate, *vicia faba*, rhizodegradation, potassium, Mitidja.

## ملخص

تأثير التحلل الجذري لمبيدات الأعشاب على التوافر البيولوجي للبوتاسيوم القابل للاستبدال في تربة محيط متيجة القابل للري.

يركز هذا العمل على دراسة تأثير التحلل الجذري لمبيد الأعشاب الغليفوزات على التوافر البيولوجي للبوتاسيوم القابل للامتصاص في تربتي محيط الري في متيجة. لهذا الغرض، استخدمنا نبات فيسيا فابا مع مبيد الأعشاب الغليفوزات بجرعة 250 غرام من الهكتار في تربتي واد العلايق و بوقرة.

تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها التأثير الضار للغليفوسات مقابل النباتات الدقيقة التي تتحكم في إذابة البوتاسيوم، نلاحظ إطلاق 13.74 جزء في المليون و 18.38 جزء في المليون على التوالي في و مما يترجم إلى معدل تثبيط.

ومع ذلك، فإن تأثير التحلل الجذري يؤدي إلى تحسن في كميات البوتاسيوم القابل للتبديل المنطلق في التربة المزروعة بواسطة ا، وهذه الزيادة تترجم إلى معدلات التحفيز.

**الكلمات المفتاحية:** التربة الغليفوزات ،، فيسيا فابا ،التحلل الجذري ،البوتاسيوم، متيجة .

## Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau .1	Cycle phréologique de la fève.	9
Tableau.2	Classification des herbicides.	14
Tableau.3	Classification selon les fonctions de la bioremédiation.	16
Tableau. 4	Les formes de potassium dans le sol.	21
Tableau.5	Dispositif expérimental	29
Tableau .6	: Caractéristiques des propriétés physico-chimiques des deux sols avant et après le traitement.	33
Tableau. 7	Taux d'inhibitions du glyphosate (S1 et S2).	38
Tableau.8	Taux de stimulation du glyphosate (S1 et S2).	41

## LISTES DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure.1	Application de l'herbicide.	13
Figure.2	Cycle du potassium en agriculture.	22
Figure .3	La dynamique du potassium dans le sol.	24
Figure.4	Localisation des zones d'études	27
Figure. 5	Sol traité et tamisé	36
Figure 6	Effet du glyphosate sur l'évolution de potassium dans le sol (S1).	37
Figure .7	Effet du glyphosate sur l'évolution de potassium dans le sol. (S2).	38
Figure.8	Effet du rhizodégradation du glyphosate sur l'évolution de potassium dans le S1.	39
Figure.9	Effet du rhizodégradation sur l'évolution de potassium dans le S2.	41



## LISTE DES ABRIVIATIONS

K<sup>+</sup> : Potassium

S : Sol

H : Herbicides

F : Fève

S1 : Sol d'oued Alleug

S2 : Sol de Bougara

H : herbicide = Glyphosate

S1 : Sol témoin.

R : répétition.

T : traitement.

CE : Conductivité électrique.

SCE : Somme carré des carres.

SV : Source de variance.

DDL : Degrés de liberté.

K<sub>2</sub>O : potassium échangeable.

CEC : capacité des échanges cationiques.

## Table de matière

Dédicace .....	I
Remercîment.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste d'abréviation.....	V
Liste des annexes.....	VI
Introduction .....	1
Chapitre I : le sol.....	5
I. Généralité sur le sol.....	5
I.1.Définition de sol .....	5
I.2. La composition du sol.....	5
I.3.Diverses phase du sol.....	5
I.3.1.Phase liquide du sol.....	5
I.3.2. Phase gazeuse du sol.....	6
I.3.3.Phase solide du sol.....	6
I.3.3.1.Terre fine.....	6
I.4.Le rôle de sol.....	6
I.5. les fonctions des sols .....	7
<b>Chapitre. II : présentation de la plante hôte (la fève).</b>	
I. Origine et répartition géographique.....	8
II. Position systématique.....	8
III. Description botanique de <i>Vicia faba</i> .....	9
IV. Cycle phréologique de la fève .....	9
V. Différentes variétés de fève ( <i>Vicia faba</i> ) .....	9
V.1. Variété Séville.....	10
V.2. Variété Muchaniel.....	10
V.4. Sidi Moussa .....	10
V.5. La Féverole.....	10
VI. Exigences pédoclimatique de la fève.....	10.
VI.1.1. Sol .....	10

VI.1.2. Eau.....	10
VI.2- Exigences climatiques .....	10
VI.2.1. Température.....	10
VI.2.2. Lumière.....	10
VI.2.3. Humidité.....	11
VI.3- Exigences agronomiques .....	11
VI.3.1. Préparation du sol.....	11
VI.3.2. Semis.....	11
VIII. La symbiose.....	12
VIII .2. Spécificité de la symbiose.....	12

### **Chapitre.III : Généralité sur les herbicides**

III.1. Définition.....	13
III.2. Les différents types d’herbicide.....	13
III.3. Utilisations des herbicides .....	13
III.4. Classification des herbicides .....	14
III.5. Dommages causés par les herbicides .....	15
IV. La Bioremédiation des sols polluée par les herbicides.....	15
IV.1. Bioremédiation.....	15
IV.1.1. Définitions.....	15
IV.2.2. Types de bioremédiation.....	16
V. Labiostimulation.....	16
VI.1. La Phytoremédiation.....	16
VI.1.1 Définitions.....	16
VI.1.2. Principes de la Phytoremédiation.....	17
II.5.Avantages et limite de la phytoremédiation.....	17
VI.4. Rhizodégradation des herbicides (Phytoremédiation).....	18
VI.4.1.définition des légumineuses.....	18
VI.4.3 Importantes des cultures des légumineuses.....	18
VI.4.4. Intérêt des légumineuses pour l’agriculture.....	19

### **Chapitre IV : Le potassium dans le sol.**

IV.Généralité sur le potassium .....	20
IV.1.Définition.....	20
IV.2. Origine de potassium .....	20

IV.3. Le rôle de potassium $K^+$ .....	20
IV.4. Formes de potassium dans le sol.....	20
IV.5. Le cycle de potassium .....	21
V.1. Le potassium dans la plante.....	23
V.1.1. Le mécanisme de potassium dans la plante.....	23
V.1.2. Le rôle de potassium dans la plante.....	23
VI.2. La dynamique du potassium dans le sol.....	23
VII.1.1 La perte de $K^+$ dans le sol.....	25
VII.1.2. Symptômes de carence en potassium.....	25

## **Partie II : Matériel et Méthodes**

I. Objectif de travail.....	27
II. Présentation des régions d'étude.....	27
II.1. La première région Bougara .....	27
II.1.1. situation Géographique .....	27
II.1.2. Deuxième région oued Alleug.....	27
II.1.3. Situation géographique.....	27
II.1.4. Climat de la région .....	27
II.2.1. Choix de la station.....	27
II.2.2. Herbicide.....	28
II.2.3. le végétale.....	28
II.2.4. Matériel utilisé .....	28
II.2.5. Technique de travail.....	28
III. Protocoles expérimental.....	29
III.1. Préparation des pots.....	29
III.2. Prélèvement et traitement des échantillons.....	29
III.3. Méthodes d'analyse.....	30
III.4. Analyses physico-chimiques.....	30
III.4.1. Humidité .....	30
III.4.2. pH.....	30
III.4.3. Calcaire total.....	30
III.4.4. Conductivité électrique(CE) .....	30
III.4.5. Carbone organique.....	31
III.3.6. La granulométrie.....	31
III.3.7. La capacité de rétention en eau.....	31

III.3.8. Le carbone total (Méthode d'Anne modifiée).....	31
III.3.9. La matière organique.....	31
III.3.10. L'azote total.....	32
III.3.11. La capacité d'échange cationique (CEC).....	32
VI. Résultats des analyses physico-chimiques des sols.....	33
V. Analyse des résultats.....	34
V.1. Le taux d'inhibition ou de stimulation des herbicides.....	34

### **Partie III : Résultats et discussions**

I. Effet du Glyphosate sur l'évolution du Potassium ( $K_2O$ ) dans les sols.....	36
I.1. dans le sol(S1) d'ouedAlleug.....	36.
I.2. dans le sol (S2) de Bougara.....	37
II. Effet d'inhibition du glyphosate sur la libération du potassium ( $K_2O$ ) dans les sols.....	38
III. Effet rhizodégradation sur l'évolution du Potassium (K) dans les sols.....	38
III.1. dans le sol (S1) d'oued Alleug.....	39
III.2. dans le sol S2 de Bougara.....	40
VI. Effet de stimulation du glyphosate sur la libération du potassium (K) dans les sols.....	41
Conclusion.....	43
Références bibliographiques .....	45

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Les légumineuses sont des plantes dont le fruit est une gousse. Elles sont principalement cultivées comme source de protéines (20 à 40% dans les grains secs selon les espèces) pour la consommation humaine ou l'alimentation animale. Elles présentent aussi une source importante d'huiles végétales et de bois de qualité. A l'échelle mondiale, les légumineuses occupent la deuxième place, après les céréales, elles ont la capacité d'établir une symbiose fixatrice d'azote atmosphérique avec des bactéries du sol du genre *Rhizobium*. Par ailleurs, elles sont fréquemment cultivées en rotation avec les céréales afin d'améliorer la fertilité azotée des sols, ainsi les rendements des cultures. Il existe des milliers d'espèces de légumineuses dans le monde, avec un large éventail d'utilisations : gousses fraîches, séchées ou grains d'un côté (pois, fèves, féveroles, haricots-grains, lentilles, chiche pois, lupins, haricots verts, petits pois...) et fourragères (luzernes, vesces) (**Magrini et Bedoussac, 2017**).

La symbiose *Rhizobium*-légumineuse est un processus bénéfique et réciproque permet pour les légumineuses (macrosymbiontes) de fixer l'azote atmosphérique par l'intermédiaire des bactéries appelées rhizobiums (microsymbiontes). Les légumineuses sécrètent des composés phénoliques qui attirent ces bactéries. Cette association 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 transfèrent celui-ci à la plante sous une forme combinée assimilable. En contrepartie, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie. C'est donc une véritable symbiose avec un échange bénéfique pour les deux partenaires (**Gibson et al. 2008**).

La spécificité de l'hôte est l'une des principales caractéristiques de la symbiose entre les deux partenaires. Chaque espèce de *Rhizobium* a un spectre d'hôte étroit, elle ne peut affecter qu'un nombre bien défini d'espèce d'hôte (légumineuses) (**Wang et al., 2012**). De même, chaque plante hôte (légumineuse) ne peut être affectée qu'avec un nombre d'espèces bactériennes (*Rhizobium*) limité. En contrepartie, certains symbiotes sont capables de noduler un large spectre d'hôte. Ainsi, certaines légumineuses dites à large spectre d'hôte acceptent plusieurs espèces de rhizobia (**Doyle and Luckow, 2003**). La notion de symbiovar (sv) a été introduite pour différencier les bactéries d'une même espèce mais qui possèdent une gamme d'hôte différente. L'espèce *R. leguminosarum* est un des exemples les mieux décrits dans la littérature. Les symbiovars *phaseoli*, *trifolii* et *viciae* nodulent réciproquement les espèces des genres *Phaseolus*, *Trifolium* et *Vicia/Pisum*. Cette distinction en biovars repose sur le spectre

d'hôte qui est lui-même lié au type de gènes symbiotiques hébergés par la souche (**Jordan, 1984 ; Rogel et al., 2011**).

Les herbicides sont devenus en Côte d'Ivoire le nouvel outil de travail agricole tant pour les petits exploitants que dans les agro-industries (**Doumbia et al. 2009 ; Boraud et al. 2010 ; Mangara et al. 2014**). En effet, Les herbicides sont employés pour lutter contre les adventices, ou «mauvaises herbes», destinées à détruire ou à limiter la croissance des végétaux, qu'ils soient herbacés ou ligneux. Cette méthode très courante dans les grandes cultures permet de réduire les temps de désherbage et d'optimiser les rendements des exploitations (**Mangara, 2014**).

Un facteur important de l'introduction des herbicides dans l'agriculture est la pénibilité du travail manuel qui rend peu attractive les activités agricoles pour la jeunesse rurale et aussi, la raréfaction de la main d'œuvre agricole (**Glounaho, 2012**). Le désherbage chimique s'avère donc une nécessité au niveau des unités de production notamment à Issia. Toutefois, malgré les avantages des produits phytosanitaires, ces produits chimiques mal utilisés représentent également une menace croissante pour les humains, les animaux et l'environnement. Ils peuvent polluer l'air, les sols au point de les rendre stériles, aussi empoisonner l'eau et contaminer les sources d'eau potable (**Traoré, 2006 ; Pngter, 2009**). La lutte chimique contre les adventices suscite encore une préoccupation d'ordre écologique car, chaque adventice joue un rôle spécifique dans l'équilibre de l'écosystème des milieux de production (**N'diaye, 1988**). Elle mérite d'être examinés avec certitude dans le contexte des systèmes agricoles au regard des conséquences de la perte massive de biodiversité (**Étilé et al, 2012**).

C'est pourquoi, la maîtrise des adventices n'est possible qu'en ayant une parfaite connaissance de la flore et de la faune du milieu d'application et leurs apports dans l'équilibre de l'écosystème local. En conséquence, la présente préoccupation de l'impact des herbicides sur les environnements de production agricole (terres) dans le canton Zabouo ne manque pas d'intérêt.

La quantité de potassium absorbée dépend de l'espèce cultivée, du potassium disponible dans le sol et des conditions environnementales durant la saison de culture (**Pettigrew, 2008**). Dans les plantes, il est sous la forme d'un cation monovalent. Il est, avec l'azote, l'élément minéral le plus abondant dans les plantes. Dans la plante la teneur en K varie de 1 à 10% et se situe en moyenne à 3% dans la matière sèche (**Epstein et Bloom, 2005**). **Marschner (1995)** indique qu'une teneur en K au-delà de 1,2 % de matière sèche est



indispensable: au fonctionnement des végétaux supérieurs. L'absorption du potassium se fait selon deux mécanismes transmembranaires (**Epstein et Bloom, 2005**). Le système à haute affinité (HATS) qui est opérant à des concentrations extérieures faibles (1 mM) et qui catalyse un flux interne contre un gradient électrochimique (**Ve'ry et Sentenac, 2003**), et le système à faible affinité (LATS) qui domine lorsque la concentration extérieure est élevée et repose sur l'utilisation des canaux à potassium. Ces deux mécanismes permettent aux plantes de s'adapter aux conditions variées et fluctuantes des teneurs en K du sol (Ashley et al. 2006). Le transport actif est partiellement inhibé lorsque le niveau de potassium dans la plante devient très élevé (**Mengel et Kirkby, 2001**). Le défaut d'inhibition observé dans certaines conditions pourrait expliquer les consommations de luxes observées lorsque le milieu est particulièrement riche en potassium. Une fois dans la plante, le potassium est impliqué dans de nombreux processus. Il est caractérisé par une grande mobilité dans la plante à tous les niveaux dans les cellules, les tissus et dans les vaisseaux de sèves brute ou élaborée.

# **Partie I : Synthèse bibliographique**

## **Chapitre. I: le sol.**

### **I : Généralité sur le sol**

#### **I.1. Définition du sol**

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres (**Glossary, 1965**).

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

#### **I.2. La composition du sol.**

Les composantes d'un sol sont l'eau, l'air, les minéraux et la matière organique, qui déterminent les propriétés et l'usage par leur proportion et l'organisation de ces différentes composantes (**Legros, 2007**).

- La teneur en eau d'un sol déterminera sa capacité à retenir l'eau. on parlera alors d'un sol plus ou moins drainé ou ayant une forte ou une faible rétention d'eau. L'eau peut se retrouver dans le sol sous forme solide (glace) ou sous forme liquide.
- La teneur en air d'un sol détermine son niveau d'aération. un sol peu compacté est plus propice à laisser entrer l'air qu'un sol écrasé. ainsi, l'air sera plus ou moins présent.
- Les matières organiques peuvent être diverses. on peut retrouver des organismes vivants: racines végétales, insectes, mammifères fouisseurs, etc. il peut aussi s'agir de débris d'origine végétale ou animale: branches d'arbres morts, excréments, cadavres d'animaux, etc.

#### **I.3. Diverses phases du sol**

##### **I.3.1. Phase liquide du sol.**

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension. la composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat,
- Les apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement phytosanitaire...etc.)

- L'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de dégradation microbienne ...etc.). (**Khedim et Bouchiki, 2013**).

### **I.3.2. Phase gazeuse du sol**

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. sa composition est souvent voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps.

Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique.

Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont :

- L'azote (78 à 80%) ;
- L'oxygène (18 à 20%) ;
- Le dioxyde de carbone (0,2 à 3%). (**Noumeur, 2008**).

### **I.3.3. Phase solide du sol.**

Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables. On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide (**Calvet, 2000, Quénéa, 2004**).

1.2.3.1. Eléments grossiers Ce sont les éléments > 2mm et on les classe par dimensions :

- 0,2 cm à 2 cm : graviers ;
- 2 à 5 cm : cailloux ;
- 5 à 20 cm : pierres ;
- > 20 cm : blocs.

#### **I.3.3.1. Terre fine**

La terre fine est la fraction de terre qu'il reste lorsqu'on retire les éléments grossiers (donc < 2 mm, au tamis) (**Noumeur, 2008**).

On peut classer les éléments de la terre fine par dimensions :

- 2mm à 0,2 mm : sable grossiers ;
- 0,2 mm à 50 µm : sable fins ;
- 50 µm à 20 µm : limons grossiers ;
- 20 µ à 2 µ : limons fins ;
- < 2 µ : argiles.

### **I.4. Le rôle du sol**

- **Le sol est la matrice nourricière** (**Anonyme, 1988**).pour toutes les plantes – inclues celles qui nous nourrissent, nous et notre bétail – le sol est ainsi la réserve et le

fournisseur des éléments indispensables à leur croissance comme l'azote, potassium, Le phosphore et les autres sels minéraux

- Le sol est un centre de recyclage indispensable au maintien de la vie.

### **I.5. les fonctions des sols.**

Il remplit beaucoup de fonctions essentielles à la vie, et qui dépendent souvent les unes des autres :

- le sol nourrit le monde.
- le sol est un filtre et un tampon qui permet d'avoir de l'eau potable et de réguler les inondations.
- le sol participe aux cycles de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K), éléments nécessaires au développement des plantes et des cultures.
- le sol est un lieu de vie, riche en espèces et en êtres vivants. Ainsi la biodiversité souterraine est supérieure à celle qui se trouve en surface.
- le sol participe au cycle du carbone en stockant et en rejetant le carbone dans l'atmosphère.
- le sol est un support pour les bâtiments et les infrastructures (routes, parkings...) et beaucoup des matériaux présents dans leur construction proviennent du sol. Il est aussi le témoin de notre histoire (fouilles archéologiques).
- le sol est une ressource limitée.
- Ils déterminent comment les sols évoluent ainsi que leur influence sur d'autres parties de l'écosystème comme le climat, la végétation et l'hydrologie.
- conservent et transfèrent la chaleur, influant sur la température de l'atmosphère et contrôlant l'activité des végétaux et des autres organismes vivant dans les sols.

La portion minérale du sol provient de la dégradation de la roche-mère. **(Gobat JM. Aragno. M. et Mathey W. 2003).**

## Chapitre II : présentation de la plante hôte (la fève).

### II.1. Origine et répartition géographique

La fève (*Vicia faba*) est une plante potagère, de la famille des Papilionacées cultivée depuis la plus haute antiquité (Zaidi et Mahiout, 2012). la fève est une culture très appréciée par les agriculteurs car elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée (Dridi et al, 2011). Selon Peron (2006), la fève, le pois et la lentille sont les plus vieilles espèces légumières introduites en agriculture (10 000 ans).

A partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'europe, le long du nil jusqu'en ethiopie et la mésopotamie vers l'Inde.

L'afghanistan et Ethiopie deviennent par la suite les centres secondaires de dispersion (Cubero., 1974).au cours du xvième siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnols et vers la fin du xxème siècle, elle a réussi à atteindre l'australie (Cubero, 2011).

### II. 2.Position systématique

Selon Dajoz (2000), rappelle la classification de la fève est classée comme suit :

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétale
Série	Caliciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées
Sous-famille	Papilionacées
Genre	Vicia
Espèce	Vicia faba

### II.3. Description botanique de *Vicia faba*

C'est une plante annuelle qui peut atteindre 01 m de hauteur(Laumonier, 1979).à tige simple se dressant à 40 cm (Peron, 2006). (Brink et Blay, 2006 ; Duc, 1997).les feuilles sont grisâtres. les fleurs sont blanches avec une ponctuation noirâtre(dominique, 2010) (Patrick et

**Delveaux, 2008**). Le fruit est une longue gousse verdâtre (**Brink et Belay, 2006**). Les graines sont larges, aplaties et composées chacune de deux cotylédons (**mezani, 2011**). Les graines sont les plus volumineuses de toutes les espèces légumières (**Chaux et Foury, 1994**).

### III. Cycle phrénologique de la fève

La fève est une plante annuelle accomplissant son cycle en 24 à 28 semaines (**Launonier, 1979**). Son cycle complet de la graine à la graine est environ 5 mois (**Chaux et Foury, 1994**). Selon **Planquaert et Girard (1987)**, *vicia faba* à une période végétative courte qui passe par 6 stades avant d'atteindre le stade maturation :

- 1- Stade de levée : correspond à la sortie de la première paire de feuilles.
- 2- Stade deux feuilles : apparition de deux paires de folioles.
- 3- Début de floraison : ce stade correspond à l'apparition des bouquets floraux.
- 4- Stade de pleine floraison : c'est le début de la formation des gousses.
- 5- Maturité : c'est le grossissement des gousses.
- 6- La récolte : c'est la récolte des gousses sèche.

Le tableau au dessous représente chaque stade et le mois de culture de la fève selon **Saada et Osmani (2003)**.

Stade	Le mois
le semis	novembre
la levée	décembre
Floraison	février-mars
formation des gousses	mars-avril
Maturité	mai
Récolte	début juin

**Tableau. 1** : Cycle phrénologique de la fève.

### IV. Différentes variétés de fève (*Vicia faba*)

Il existe plusieurs sous espèces et variétés de *vicia faba*, dont on reconnaît essentiellement trois groupes définis par la taille des graines, qui peuvent être petites (variété minor), moyennes (variété équina) ou grosse (variété major). le terme major désigne les graines appelées communément « fève » dont la longueur est supérieure à 2 cm, alors que minor correspond au terme « féverole », ce sont des graines de 0,5 à 1,5 cm de long (**Atik, 1999**).

(**Cabrera et Martein., 1986 ; Crofts et al. 1980 ; Picard., 1976**) rappellent qu'au sein de la variété minor, il existe une grande diversité de coloration de fleurs, qui peuvent être totalement blanches, ou uniformément pigmentées. Il existe quatre variétés de fèves, et féverole en Algérie, qui sont :

#### **IV.1. Variété Séville**

Selon **Laumonier (1979)**, la Séville est une variété précoce hâtive et de bonne vigueur.

#### **IV.2. Variété Muchaniel**

D'après **Chaux et Foury (1994)**, la Muchaniel est une variété relativement très précoce et productive.

#### **IV.3. L'Aguadulce**

D'après **Chaux et Foury (1994)**, c'est une variété demie précoce, très répandue en culture, c'est une variété très productive.

#### **IV.4. Sidi Moussa**

C'est une variété sélectionnée, convient dans tous les sols. Elle peut résister aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*). (**Zaghouane, 1991**).

#### **IV.5. La Féverole**

La seule variété cultivée en Algérie est « Sidi Aich » (**Zaghouane, 1991**). Cette culture a été l'un des espèces les plus utilisées par l'homme dans les régions montagneuses de notre pays, Selon **Lebreton et al.(2009)**, la féverole n'est pas sensible à l'*Aphanomyces* du pois, ce qui en fait une plante assez facile à cultiver et à réussir.

### **V. Exigences pédoclimatique de la fève**

La fève a des exigences climatique et pédologique pour bien croître.

#### **V.1- Exigences pédologiques**

##### **V.1. Sol**

A texture plus lourde, mais craint les sols légers (risque de sécheresse). **Marcel (2002)**.

##### **V.1.2. Eau**

Est très exigeante en humidité du sol surtout pendant les périodes initiales de son développement (**Chaux et Foury, 1994**).

#### **V.2- Exigences climatiques**

D'après **Laumonier (1979)** la fève a comme exigence climatique en :

**V.2.1. Température:** La germination a lieu à une température du sol de 5°C et la température optimale de la végétation se situe entre 15 à 25°C.

**V.2.2. Lumière :** La fève se comporte comme une plante de jour long.



**V.2.3. Humidité** : La fève est très exigeante en humidité surtout pendant les périodes initiales de son développement.

### **V.3- Exigences agronomiques**

#### **V.3.1. Préparation du sol**

Un labour d'été de 30 à 35cm de profondeur suivi d'un désherbage. **Maoui et al. (1990)**.

#### **V.3.2. Semis**

Selon **Laumonier (1979)**, en Algérie, le semis est réalisé au mois de novembre afin d'éviter la sécheresse printanière et le développement de l'orobanche.

### **VI. Intérêt agronomiques**

L'espèce *Vicia faba* comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (**Khaldi et al. 2002**). **Jensen et al. (2010)** rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha. Selon **Al-ghamdi et Al-tahir (2001) et Hamadache (2003)**, elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense avec des nodosités. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

#### **VI.2. Intérêt économique**

Selon **Giove et Abis (2007)**, les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves en 2005, soit 25% de la production mondiale. Les fèves sont cultivées en Afrique dans tout le Maghreb, en Egypte et en Ethiopie (**Huignard et al., 2011**).

La culture de la fève et la fêverole en Algérie n'ont pas encore bénéficiées de toute l'attention nécessaire devant assurer leur développement et continuent d'être marginalisées à tel point que des régressions importantes en superficies ont été enregistrées depuis 1987.

D'autre part, la productivité et la production (faible) n'ont pas connu d'amélioration ce qui a engendré le recours aux importations pour satisfaire la consommation qui elle a nettement augmentée (**Maatougui, 1997**). **Feliachi (2002)** rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agroécologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures, les Hauts Plateaux et au niveau de la région de Biskra.

## **VII. La symbiose.**

### **VII.1. Interaction Rhizobium-légumineuses.**

En contrepartie La symbiose Rhizobium-légumineuse est un processus bénéfique et réciproque permet pour les légumineuses (macrosymbiontes) de fixer l'azote atmosphérique par l'intermédiaire des bactéries appelées rhizobiums (microsymbiontes).les légumineuses sécrètent des composés phénoliques qui attirent ces bactéries.

Cette association 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 transfèrent celui-ci à la plante sous une forme combinée assimilable, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie. c'est donc une véritable symbiose avec un échange bénéfique pour les deux partenaires (**Gibson et al. 2008**). (**Peters et Verma, 1990**).

### **VII .2. Spécificité de la symbiose.**

La spécificité de l'hôte est l'une des principales caractéristiques de la symbiose entre les deux partenaires. Chaque espèce de rhizobium à un spectre d'hôte étroit, elle ne peut affecter qu'un nombre bien défini d'espèce d'hôte (légumineuses) (**Wang et al. 2012**). de même, chaque plante hôte (légumineuse) ne peut être affectée qu'avec un nombre d'espèces bactériennes (Rhizobium) limité.

En contrepartie, certains symbiotes sont capables de moduler un large spectre d'hôte. Ainsi, certaines légumineuses dites à large spectre d'hôte acceptent plusieurs espèces de rhizobia (**Doyle et Luckow, 2003**).

## Chapitre III : Généralité sur les herbicides

### III.1. Définition

Un herbicide est un produit phytotoxiques, destiné à éliminer les mauvaises herbes. Il s'agit de molécule, de synthèse ou d'une substance naturelle, qui possède une activité sur le métabolisme des plantes entraînant ainsi la mort de ces dernières (**Giroux, 2004**).

### III.2. Les différents types d'herbicide

On classe les différents types d'herbicides (**Beckert, 2011**). Selon la Sélectivité, migration (de contact ou systémique), pénétration (foliaire ou racinaire) dans la plante et la rémanence

- Les herbicides systémiques racinaires ;
- Les herbicides de contact foliaires ;
- Les herbicides systémiques foliaires.

### III.3. Utilisations des herbicides

Les herbicides utilisé spécifiquement à l'agriculture, à l'horticulture et à l'arboriculture et sont destinées à éliminer chimiquement les adventices (plantes herbacées ou ligneuses) qui nuisent à la croissance des plantes cultivées, en les privant d'espace, de lumière, de nutriments et d'eau pour se développer ; utilisés dans plusieurs domaines : la protection des cultures, l'entretien des voiries, jardins, parcs d'agrément et de sport, lignes ferroviaires et électriques, canaux, ... et pour débroussailler et dessoucher avant plantation ou préparation du site (**Laffond, 1986** ).



**Figure.01.** application de l'herbicide par aspersion.

### III.4. Classification des herbicides

Il existe de nombreux herbicides à la disposition des agriculteurs. On peut les classer selon différents critères, que ce soit le but, le moment d'application (ou de traitement), mode de pénétration dans la plante ou bien la famille chimique ou la sélectivité. Le tableau au dessous (tableau.2) résume la classification des herbicides selon ces critères (Lhoste et al., 1989).

<b>Le But</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herbicides totaux : destruction de toutes les espèces;</li> <li>• Herbicides sélectifs : destruction des adventices sans endommager la culture;</li> <li>• Herbicides à usage particulier : dévitalisation des souches; Inhibiteur de croissance.</li> </ul>
<b>Moment De Traitement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préventifs : traitement en présemis ou préplantation;</li> <li>• Post-semis ou de prélevée ;</li> <li>• Curatifs (ou de post levée) : souvent appliqués après la levée ; des plantes considérées.</li> </ul> <p>Ils doivent donc être très sélectifs.</p>
<b>Mode de pénétration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pénétration dans les tissus méristématiques ;</li> <li>• Pénétration au niveau des racines ;</li> <li>• Pénétration au niveau des feuilles.</li> </ul>
<b>Famille chimique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dérivés de l'urée</li> <li>• Dérivés des sulfonilurées</li> <li>• Dérivés de l'atrazine...</li> </ul>
<b>Sélectivité</b>	<p>Antidicotylées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antigaminées</li> <li>• Défoliants pour le feuillage avant récolte</li> <li>• Débroussaillants pour éliminer les plantes ligneuses ou pour la dévitalisation des souches.</li> </ul>

**Tableau.2** : Classification des herbicides.

### **III.5. Dommages causés par les herbicides :**

Risques pour la ressource en eau Selon **OMS, (2015)** les concentrations maximales admises des eaux destinées à la consommation humaine, par substance et pour l'ensemble des substances, sont respectivement de 0,1 à 0,3 µg/l pour les eaux de boisson, et de 1 à 4 µg/l pour les eaux brutes.

Risques pour les organismes aquatiques Pour ce qui est des organismes aquatiques, le système d'évaluation de la qualité des eaux, reconnaît des concentrations au-dessus desquelles le maintien de la diversité et ainsi que celui de l'abondance spécifique est difficile. la toxicité de l'herbicide est avérée sur le milieu aquatique (effet inhibiteur sur les plantes aquatiques, mort d'invertébrés pour de faibles doses : 0,2 à 7 mg/litre d'eau pendant 2 jours d'exposition **(Ersante.K, 2003)**).

Risques pour la qualité de l'air la présence de produits phytosanitaires dans l'atmosphère a été démontrée aussi bien en milieu rural, qu'en milieu urbain (trévisan et al. 1993). ces composés peuvent être soumis au transport atmosphérique. la diffusion est possible sur de grandes distances comme en témoigne la détection de pesticides organochlorés dans les précipitations en antarctique **(Bidleman et al, 1993)**.

Risque pour l'homme La présence des herbicides dans le sol, l'air, l'eau, les êtres vivants et les aliments, implique une menace pour la faune aquatique et terrestre, et bien entendu pour l'homme pour lequel elle peut se manifester sous forme d'intoxication aiguës ou chroniques (Rammade, 2007). la répercussion connues de l'utilisation des herbicides sont nombreuses **(Marc, 2004)**.

Risques pour la qualité du sol le désherbage chimique provoque le tassement des sols suivi d'un effet négatif sur la vie de la microflore et de la microfaune du sol (Lagacherie et al. 2006). les herbicides contribueraient à la diminution de l'activité biologique dans le sol, activité indispensables au recyclage de la matière organique **(Molenat, 1998)**.

## **IV. La Bioremédiation des sols polluée par les herbicides.**

### **IV.1. Bioremédiation.**

#### **IV.1.1. Définitions :**

La Bioremédiation définit comme tout processus biotechnologique utilisant des organismes vivants pour dépolluer un environnement contaminé, qu'il soit terrestre ou aquatique. ces organismes sont les bactéries, les champignons et les plantes **(Babak, 2013)**.Parfois, les

organismes sont génétiquement modifiés afin que leurs qualités se rapprochent de celles nécessaires à la bioremédiation.

La biorestauration est une action de restauration (bioremédiation) d'un écosystème dégradé par le recours à des organismes vivants (microbes par exemple) pour éliminer les déchets toxiques qui s'y trouvent. c'est une dépollution qui utilise la biodégradabilité (Abdely, 2007; Fokou Mbogne, 2017).

#### IV.2.2. Types de bioremédiation

Le tableau au dessous résumé les types de la bioremédiation selon (Hanna, 2004). (Ballerini et al, 1998).

<b>1- En fonction de l'endroit</b>	<b>Bioremédiation in situ ;</b>
	<b>Bioremédiation ex situ.</b>
<b>2- En fonction des organismes utilisés</b>	<b>Dégradation enzymatique ;</b>
	<b>Bioremédiation microbienne ;</b>
	<b>Phytoremédiation</b>

**Tableau.3 :** Classification selon les fonctions de la bioremédiation

### V. Labiostimulation

Labiostimulation consistant en une injection de nutriments dans une forme gazeuse ou liquide qui sont ajoutés au sol ou dans l'eau où il y a un besoin afin de parvenir à éliminer des contaminants (Mazziotti, 2017 ; Miyasaka et al, 2006).

#### VI.1. La Phytoremédiation

##### VI.1.1 Définitions

La phytoremédiation est une technologie de dépollution qui semble efficace pour un large spectre de polluants organiques et inorganiques. elle peut être utilisée sur des substrats végétaux (Pilon-Smits, 2005). permet de plus de conserver le potentiel écologique du site et possède une très bonne image auprès du public. ( Masciandaro et al. 2013).

Cette méthode est utile pour éliminer les contaminants organiques, tels que les pesticides, les aromatiques et les hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP), du sol et des sédiments. les solvants chlorés ont également été ciblés sur les sites de démonstration. (Macci, Peruzzi, Doni, Poggio, et Masciandaro, 2016).

La rhizodégradation aussi nommée phytostimulation, consiste à la dégradation des contaminants présents dans la rhizosphère par l'activité microbienne qui est favorisée par la présence des plantes (Evlard, 2013)

Les plantes peuvent modifier les propriétés physico-chimiques et biologiques de la rhizosphère par la sécrétion d'exsudats par les racines et à la pénétration des racines dans le sol. ces composés (sucres, acides aminés, acides gras, nucléotides, enzymes, etc.) qui varient selon les espèces vont avoir une influence positive sur les populations de microorganismes (Janssen et al., 2015).

La Phytostimulation est la dégradation des contaminants assistée par les plantes, qui augmente les activités microbiennes dans la zone racinaire ou la rhizosphère des plantes.

#### **VI.1.2. Principes de la Phytoremédiation**

La phytoremédiation consiste à utiliser des plantes et des microorganismes, elle est subdivisée suivant cinq mécanismes (Bert et al. 2012) :

- la phytostabilisation,
- la phytoextraction,
- la phytodégradation,
- la phytovolatilization ;
- la rhizofiltration.

#### **II.5. Avantages et limite de la phytoremédiation**

Le choix d'utilisation de la phytoremédiation dans le traitement et l'assainissement des sols contaminés, voici une liste basée sur plusieurs auteurs (Susarla Et Al, 2002; Vishinoi & Sriatasva, 2008; Procópio Et Al, 2009), qui démontrent son potentiel d'utilisation:

- Elle est la technique la moins coûteuse des processus de remédiation. - Elle est aussi la plus simple d'application.
- . - Elle peut traiter de nombreux polluants simultanément, qu'ils soient organiques ou inorganiques.
- Lorsque les plantes ont traité les polluants et qu'aucune manipulation subséquente n'est nécessaire, de la biomasse est incorporée à l'environnement.

- Les conditions physico-chimiques du sol sont maintenues ou améliorées grâce à la couverture végétale créée.
- D'autres procédés qui affectent la dégradation des sols, comme celui de l'érosion et de la désertification, peuvent également être réduits ou prévenus avec l'utilisation de la phytoremédiation.
- Elle diminue la lixiviation des contaminants vers d'autres zones, dont les cours d'eau ou la nappe phréatique.
- Il y a fixation d'azote atmosphérique (principalement par les légumineuses).
- Elle peut être appliquée sur de grandes surfaces à traiter
- Les sites qui contiennent des contaminants peu toxiques peuvent être soumis à la phytoremédiation sur le long terme, comme avec les sels.
- Elle permet le recyclage des ressources comme l'eau et la biomasse.
- Enfin, la phytoremédiation est une technique qui est déjà hautement acceptée par la société.

#### **VI.4. Rhizodégradation des herbicides (Phytoremédiation).**

##### **VI.4.1. Définition des légumineuses.**

La famille des légumineuses la troisième plus large famille des plantes supérieures elle est (**Bulson et al., 1997**) estimée à environ 20 000 espèces, se compose essentiellement de 3 sous familles.

Les légumineuses, largement définies par leur structure florale inhabituelle, leurs fruits et leur capacité à former des nodules avec des Rhizobia, viennent en deuxième place parmi les plantes cultivées après les graminées (**Hauggaard-Nielsen et al. 2003**).

On peut distinguer deux types de légumineuses (**Liebman et Dick, 1993**).

- les Légumineuses fourragères sont utilisées dans l'alimentation des herbivores (pâturage, foin, ensilage). On retrouve dans ce groupe : la luzerne, le Sainfoin, le lupin, le lotier, les trèfles et la vesce.
- les légumineuses à graine sont comestibles par l'homme : le soja, la féverole, la lentille, la fève, le haricot, le pois et le pois chiche.

##### **VI.4.3 Importantes des cultures des légumineuses.**

Les légumineuses sont des cultures essentielles pour de nombreuses raisons. elles sont riches en nutriments et ont une teneur élevée en protéines. cela en fait une source de protéines



idéale, en particulier dans les régions où la viande et les produits laitiers ne sont pas accessibles pour des raisons géographiques ou économiques. les légumineuses ont une faible teneur en matières grasses et une forte teneur en fibres solubles. **(LaRue et Patterson, 1981).**

Elles peuvent ainsi contribuer à faire baisser le cholestérol et à contrôler la glycémie. En raison de ces qualités, elles sont recommandées par les organismes de santé dans le traitement des maladies non transmissibles comme le diabète et les maladies cardiaques naturels **(Chalk, 1998).**

Les légumineuses ont également montré qu'elles aidaient à lutter contre l'obésité, les légumineuses fourragères peuvent aussi être utilisées dans l'alimentation animale. la culture des légumineuses fourragères riches en protéines permet d'équilibrer les rations alimentaires et de réduire en contrepartie l'achat d'aliments concentrés en protéines (tourteaux) et les surfaces en maïs ensilage **Danso (1995).**

#### **VI.4.4. Intérêt des légumineuses pour l'agriculture.**

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

- Améliorer la fertilité des sols ce qui permet d'améliorer et de renforcer la productivité des terres agricole.
- Fixatrices de l'azote atmosphérique, ce qui permet de réduire les apports en engrais pour la culture suivante. Donc d'alléger la consommation d'énergie fossile et d'émission de gaz à effet de serre.
- Mobilisation du phosphore contenu dans le sol.
- Protection et conservation de la biodiversité des sols et lutte contre les parasites et les maladies nuisibles.
- L'effet positif des légumineuses sur les changements climatiques (en réduisant l'utilisation des engrais synthétiques).
- Réduire les gaz à effet de serre.

## **Chapitre IV: Le potassium dans le sol.**

### **IV. Généralité sur le potassium**

#### **IV.1. Définition**

Le potassium est un élément très abondant dans la croûte terrestre. en effet, il représente 2,6% du poids total de la croûte terrestre faisant de lui l'un des sept (7) éléments les plus abondants sur terre; **Simonsson et al., 2009**.

Sous sa forme métallique, le potassium est un métal grisâtre, très mou, ductile et surtout très réactif puisqu'il s'agit de l'un des métaux les plus réducteurs.

Il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau ; il ressemble fortement au sodium.

Il s'agit d'un élément assez mobile mais qui peut être adsorbé sur la capacité d'échange cationique CEC des sols **Kayser et al., 2012 ; Zörb et al., 2014.**

#### **IV.2. Origine de potassium.**

Le potassium (**Barber, 1995**) est à l'origine des :

- Extraterrestre ;
- les constituants de la roche mère ;
- Les êtres vivants surtout celles qui vivent dans les mers et les océans ;
- Adsorbe sur l'humus et l'argile ;
- les sédiments.

#### **IV.3. Le rôle de potassium $K^+$**

Le Potassium joue un rôle essentiel (**Mhiri, 2002 ; Chaouechi, 2014 ; Zörb et al., 2014**).dans :

- le bon fonctionnement de notre organisme ;
- l'activation des cellules nerveuses et musculaires;
- la nutrition minérale (NPK) ;
- L'hydroxyde de potassium (potasse), est utilisé dans la fabrication de détergents, le chlorure de potassium (KCl) est utilisé, sous forme de perfusion, dans la mise à mort ou le soin de troubles cardiaques.

#### **IV.4. Formes de potassium dans le sol**

Le potassium est présent exclusivement sous forme minérale. on le trouve dans le sol sous différentes formes (tableau.4) (**Simard et al., 1990 ; Ziadi, 1999**)

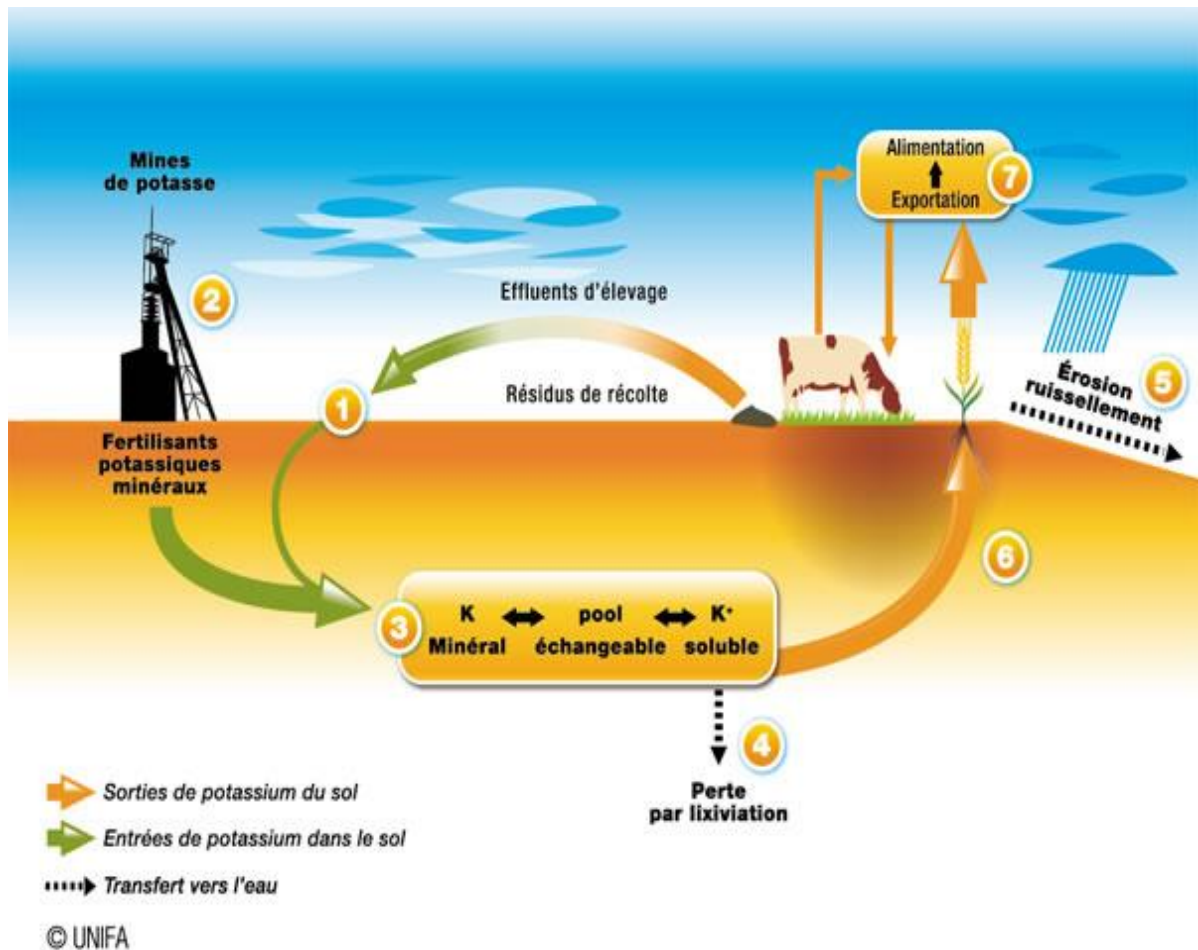
<b>Formules minéraux simple</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ KCl ;</li> <li>✓ KOH ;</li> <li>✓ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ;</li> <li>✓ K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></li> </ul>
<b>Formules minéraux complexes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ KMgCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O ;</li> <li>✓ K<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ;</li> <li>✓ K<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Mg(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O</li> </ul>

**Tableau.4:** Les formes de potassium dans le sol.

#### IV.5. Le cycle de potassium (K<sup>+</sup>).

La transformation et du devenir du potassium dans le sol se résume comme suit : Les ions de potassium passent d'une forme à une autre aussitôt que l'équilibre est affecté par une addition ou une réduction de la teneur en potassium (**Ziadi, 1999**). Cependant, le taux d'équilibre dans chacun de ces formes est très variable.

L'équilibre entre potassium dissout dans la solution du sol et celui échangeable est rapide. En revanche, l'équilibre entre le potassium difficilement échangeable, le potassium de la solution du sol et le potassium rapidement échangeable provenant des sites d'échange est lent. Quant au potassium des minéraux primaires, sa formation est très lente et dépend du type de minéraux (figure 2).



**Figure : 02:** Cycle du potassium en agriculture.

1. Le recyclage d'éléments nutritifs contenus dans les matières organiques de toute nature : effluents d'élevage, résidus de culture (pailles, verts...) et autres sous-produits organiques issus des activités humaines, constitue une ressource importante pour la fertilisation.
2. Le potassium est extrait des mines sous forme principalement de mélange de sel de sodium, de potassium et parfois de magnésium. Il subit une purification pour être transformé en engrais utilisable en agriculture.
3. Le potassium évolue dans le sol sous forme minérale de cation K<sup>+</sup>. Il peut être fixé aux argiles, adsorbé sur la capacité d'échange cationique (CEC) et soluble dans l'eau du sol.
4. La lixiviation est un phénomène plus important dans les sols sableux à faible CEC, entraînant par dissolution certains sels, ions ou substances solubles... ;
5. L'absorption racinaire des végétaux se fait exclusivement à partir du potassium K<sup>+</sup> dissous dans la solution du sol ;
6. La récolte est transformée en nourriture (humaine ou animale), ce qui est l'objectif fondamental de l'agriculture.

## **V.1. Le potassium dans la plante**

### **V.1.1. Le mécanisme de potassium dans la plante.**

L'apport en potassium est réalisé généralement avant la plantation. le potassium est absorbé par les plantes à partir d'un flux de masse et de la diffusion sous la forme de l'ion  $K^+$ . La mobilité des ions  $K^+$  dans le sol, bien que supérieure à celle des ions  $PO_4^{3-}$ , n'est pas très élevée (de l'ordre du centimètre). selon la nature et les aptitudes de son système racinaire, la plante a une capacité plus ou moins grande à extraire du sol le potassium nécessaire à ses besoins. On distingue ainsi des plantes d'exigences différentes. **Ashley and Goodson, 1972 ; Ziadi, 1999**

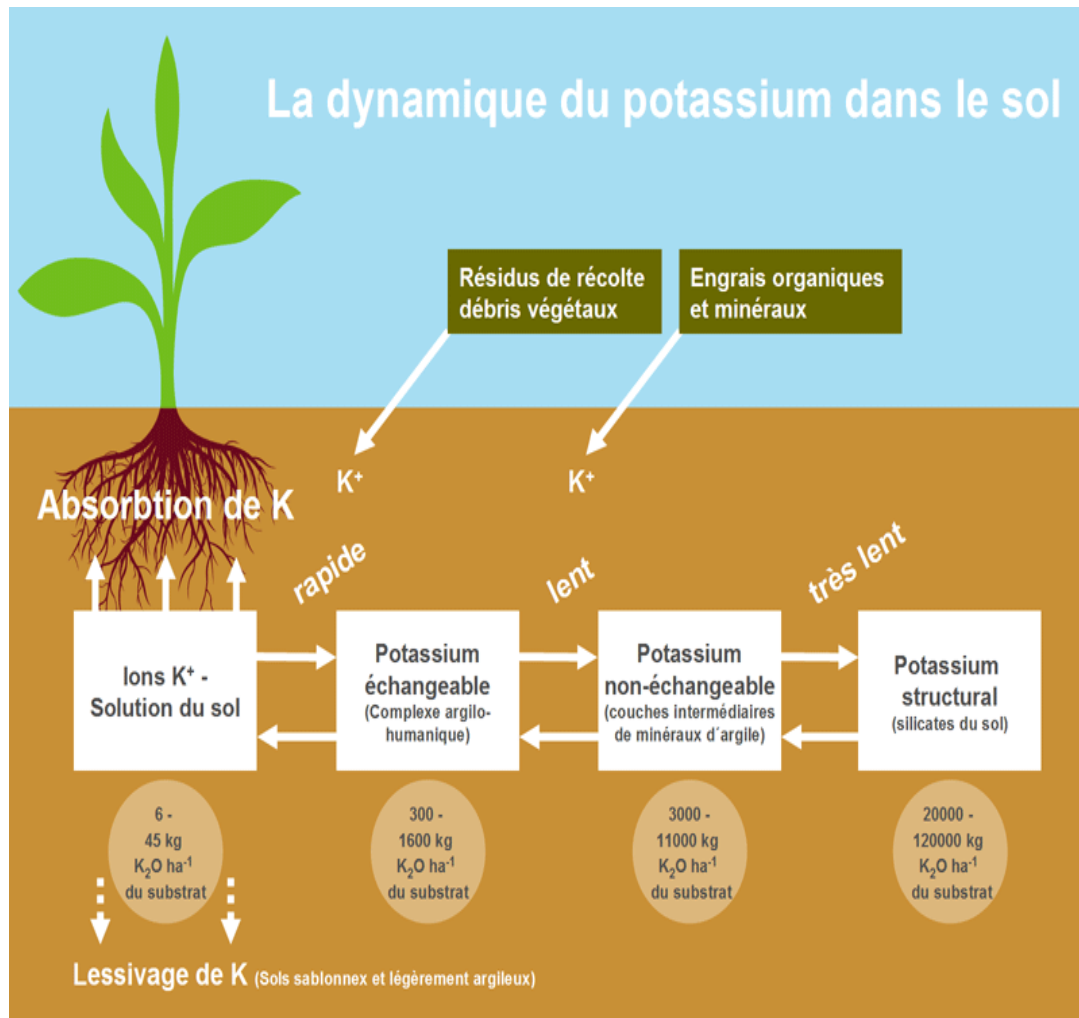
### **V.1.2. Le rôle de potassium dans la plante.**

Le potassium est un élément nutritif prélevé en très grande quantité par la plante (**Sountoura, 2011**). Son rôle à l'intérieur de la plante est :

- de maintenir la turgescence et le port de la plante et de favoriser la synthèse, le transfert et l'accumulation des assimilés dans les organes de réserve les tubercules
- Le potassium permet la floraison et le développement des fruits et la coloration des fleurs et des fruits est améliorée ainsi que la résistance aux maladies ;
- Il intervient dans la fermeture et l'ouverture des stomates ;
- De plus le potassium active diverses enzymes.

## **VI.2. La dynamique du potassium dans le sol**

La teneur des sols en potassium se situe entre 0,3 et 3 %. cette quantité est presque exclusivement sous forme minérale. la dynamique du potassium est liée dans les différents pools de la manière suivante (figure.3). **Quemener, 1979; Gaultier, 1981 ). (Volk, 1934 ; Barshad, 1954 ; Mamy and Gaultier, 1976).**



**Figure. 03:** La dynamique du potassium dans le sol.

- Le potassium se trouve dans **la solution** du sol sous forme d'ions  $K^+$ .
- Dans la **fraction échangeable**, les ions de potassium sont absorbés à la surface négativement chargée du complexe argilo-humique. la liaison est relativement faible, ainsi si nécessaire, le potassium peut être libéré ultérieurement dans la solution du sol ;
- Dans la **fraction non échangeable** les ions de potassium sont fixés dans des feuillets de certains minéraux d'argile. Pendant le phénomène de gonfler et de rétrécir, le potassium libéré.
- Dans les réseaux, le potassium est un élément constitutif direct des silicates du sol. à travers cette forte liaison (fixation) le potassium n'est pas disponible pour la plante.

### **VII.1.1 La perte de K<sup>+</sup> dans le sol.**

Les principales voies de perte de cet élément majeur (**Barré et al., 2008**) sont :

- Le lessivage (plus important en sols sableux, pauvres en matière organique et de faible capacité d'échange cationique CEC) ;
- Le ruissellement ;
- L'érosion ;
- Les voies d'entrée sont principalement les engrais minéraux et les apports organiques.

### **VII.1.2. Symptômes de carence en potassium.**

Une carence en potassium Cause une :

- diminution de la photosynthèse et de la translocation,
- diminution de la synthèse d'amidon et des protéines, Apparition sur les feuilles âgées car il est très mobile dans le phloème ;
- retarde la croissance et produit une chlorose des feuilles mûres,
- réduit la lignification et augmente les risques de verse chez les graminées (**Lanyon et Smith, 1985 ; Ziadi, 1999**).

## **Partie II : Matériel et Méthodes**



## I. Matériels et méthode

### I. Objectif de travail

Pour améliorer la production agricole, il devient nécessaire d'utiliser différents type des herbicides, et cela pour lutter contre les mauvaises herbes. Cependant, au fil du temps, notre travail dont l'objectif principal est de la bioremédiation des sols traitée par le glyphosate.

## II. Présentation des régions d'étude.

### II.1. La première région Bougara.

#### II.1.1. Situation Géographique :

La ville de bougara se situe au cœur de la plaine de Mitidja au pied de l'Atlas Blidien. Il s'est décidé de crée le village le 20 aout 1846 à 30 km sud –est d'Alger, entre soumaa et l'arabaa, et à 24km au nord –est de Blida sur la RN 29 et aussi à 52 km au nord –est de Médéa.

#### II.1.2. Deuxième région oued Alleug.

#### II.1.3. Situation Géographique :

La commune d'Oued Alleug se située au nord de la wilaya de Blida, à environ 10 km au nord-ouest de Blida et à environ 44 km au sud-ouest d'Alger et à environ 35 km au nord de Médéa.



Figure 04 : localisation des zones d'études

#### II.1.4. Climat de la Région.

Est de type méditerrané subhumide (**Anonyme, 1988**) très frais en hiver, chaud en été. La pluviométrie environ 500 mm, la température minimal est de 10 °c et la température maximale est de 28 °c.

#### II.2.1. Choix de la station

Afin d'étudier l'effet de la rhizodégradation d'un herbicide (glyphosate) sur la production du k dans les sols agricoles du périmètre irrigable de Mitidja, dont l'exploitation

donne lieu à l'emploi de produits phytosanitaires. Nous avons choisis deux sols de texture différente.

Le premier sol est situé dans la région, **d'oued alleug**, de texture argileuse, le second est situé à bougara, de texture aussi argileuse occupé en alternance par des cultures légumineuses et les agrumes.

### **II.2.2. Herbicide**

Le choix porte sur un désherbant fréquemment utilisés en algérie: le glyphosate ( $C_3H_8NO_5P$ ) est un acide organique faible en poudre blanche de famille chimique organophosphoré, analogue d'un acide aminé naturel, la glycine, dotée d'un groupement phosphonate.

### **II.2.3. le végétale :**

Comme espèce végétale, nous avons employé une légumineuse, la fève, *Vicia faba*  
Le choix de cette plante en raison :

- De sa richesse de nodule plein de microorganismes ;
- De son adaptation aux différents types de sols ;
- De son installation qui est très rapides ;
- De sa pousse de printemps et plus d'abondant.

### **II.2.4. Matériel utilisé**

- Les pots.
- Sol traité et tamisé.
- Graine de la Plante de *vicia faba*.
- Herbicide glyphosate.
- Eaux.

### **II.2.5. Technique de travail.**

Notre travail consiste à tester l'effet de la rhizodegradation des herbicides sur la biodisponibilité de potassium échangeable ( $K_2O$ ) dans les sols de deux stations de bougara et oued alleug.

## **III. Protocoles expérimental :**

### **III.1.Préparation des pots.**

Les pots utilisés sont en plastique sous forme circulaire dont le diamètre est 10 cm et hauteur 18 cm.

Dans le quel, nous avons placé 1kg de mélange sol-herbicide selon les traitements (tab .8), séché et tamisé à 2mm.

Le volume d'eau ajouté a été calculé pour obtenir 2 / 3 de la capacité de rétention. Puis dans chaque pot, nous avons déposé 4 à 5 graines de fève et d'autres pots inoculer par une suspension bactérienne (bacille). En suit les pots mis sous serre.

Notre travail consiste à voir :

- L'action de fève et leur nodule sur la disponibilité de potassium.
- La cinétique de biodisponibilité de potassium dans le sol.

Le dispositif est (voir le plan). l'expérimentation comporte 4 traitements et 3 répétitions multiplier fois deux sols, soit au total 24 pots (tableau.5).des prélèvements ont effectuée selon les pas de temps 1 , 7 , 14 ,21 , 28 , 42 , 60 , 72 jours .

S1T	S1H	S1F	S1HF	S2T	S2H	S2F	S2HF
R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R

**Tableau.5:** Dispositif expérimental

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

### III.2. Prélèvement et traitement des échantillons

Les prélèvements des terres ont été effectués de la couche arable (30 cm) au mois d'mars 2022, destinés aux analyses physico-chimiques.

D' une part et d'autre part à l'étude expérimentale. Nous avons prélevé environ 5 kilogrammes de sol à l'aide d'une tarière, séché à température ambiante, broyé et tamisés à 2 mm.



**Figure.05** : sol traité et tamisé.

### III.3. Analyses physico-chimiques

#### III.3.1. Humidité

C'est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenue dans ce sol, et exprimée en pourcent. La méthode consiste à sécher l'échantillon du sol à l'étuve à 105°C jusqu'à un poids constant, la différence du poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau (**Ita, 1975**).

% Humidité du sol = (masse humide – masse sec) /masse sec ×100.

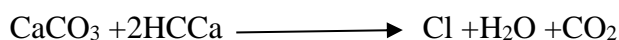
#### III.3.2. pH

La mesure du pH a été effectuée sur un extrait 1/5 par la méthode électro métrique à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire (**Mathieu et Pielain, 2009**).

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols, car la spéciation, la mobilité et la disponibilité des éléments de traces métalliques sont liées à la valeur du pH (**Hlavackova, 2005**).

#### III.3.3. Calcaire total

Le calcaire total a été déterminé par la méthode volumétrique à l'aide du Calcimètre de Bernard (**Mathieu et Pielain, 2009**). L'échantillon est attaqué par l'HCl (6 N), on mesure le volume de CO<sub>2</sub> dégagé ; un mol de CO<sub>2</sub> correspondant à un mol de CaCO<sub>3</sub>.



Le volume du CO<sub>2</sub> dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé : Taux de CaCO<sub>3</sub> en % = (P'.v) / (P.V) ×100 P : poids de l'échantillon (en gramme). P' : poids de CaCO<sub>3</sub>. V: volume de CO<sub>2</sub> dégagé par l'échantillon.

v : volume de CO<sub>2</sub> dégagé par CaCO<sub>3</sub>

### **III.3.4. Conductivité électrique(CE)**

La conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C avec un rapport sol/solution de 1/5. La conductivité est en fonction de la concentration de sels dissous dans la solution du sol (**Nanypetra, 2013**).

### **III.3.5. Carbone organique**

Le carbone organique a été dosé par la méthode Anne, qui consiste à oxyder la matière par un oxydant puissant (le bichromate de potassium) en milieu sulfurique, le bichromate doit être en excès. La quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert (**Aubert, 1978**). Pour passer du taux de carbone au taux de matière organique total, on utilise le coefficient de multiplication 1,72, % Matière organique = % carbone organique x 1.72 (**M'sadaK, 2013**).

### **III.3.6. La granulométrie**

La texture du sol a été déterminée selon la méthode employant la pipette Robinson. En effet, après attaque, dans une éprouvette, de 20 g de sol tamisé à 2 mm par l'eau oxygénée H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 110 v et dispersion des particules par l'hexametaphosphore de Na, il est ensuite procédé au prélèvement après agitation à la pipette de Robinson de 10 ml de la suspension après environ 8 heures de décantation.

Le pourcentage d'argile est calculé après séchage à l'étuve à 105 °C et pesée de la charge solide contenue dans les 10 ml prélevés à la pipette robinson. Pour la détermination des différentes classes texturales, le diagramme utilisé est le triangle de textures geppa (**Baize D, 1995**).

### **III.3.7. La capacité de rétention en eau**

La méthode consiste à saturer le sol avec de l'eau et laisser ressuyer pendant 48 h. on effectue une pesée à l'état humide puis l'échantillon est mis à l'étuve à 105°C pour une dessiccation. La différence de poids correspond à l'eau de la capacité de rétention.

### **III.3.8. Le carbone total Méthode (d'Anne modifiée)**

La méthode utilisée consiste à oxyder le carbone organique contenu dans un échantillon par du bichromate de potassium à 8% en milieu sulfurique à chaud. la quantité de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> réduite est proportionnelle à la teneur en carbone organique, l'excès de bichromate est titré par du sel de Mohr 0,2 N.

### **III.3.9. La matière organique**

La matière organique est obtenue selon la formule suivante :  $MO \% = C \% * 1.72$

### **III.3.10. L'azote total**

Le dosage de l'azote total s'est fait par la méthode de **kjeldhal**, celle-ci consiste à oxyder l'échantillon de sol par l'acide sulfurique concentré porté à ébullition, ce dernier se comportera alors comme agent oxydant.

Les substances organiques sont décomposées : le carbone se dégage sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne de l'eau et l'azote est transformé en azote ammoniacal. ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium. Pour accroître l'action oxydante du  $H_2SO_4$ , on élève sa température d'ébullition en ajoutant du sulfate de cuivre et du sulfate de potassium ; ces derniers jouent le rôle de catalyseurs.

Lorsque la matière organique a été totalement oxydée la solution contenant le sulfate d'ammonium est récupérée. Il sera ensuite procédé au dosage de l'azote ammoniacal par distillation, après l'avoir déplacé de sa combinaison par une solution de soude en excès. L'ammoniac est ensuite recueilli dans un vase à doser et le dosage s'effectue à l'aide d'acide sulfurique et en présence d'un indicateur de Ph.

### **III.3.11. La capacité d'échange cationique (CEC)**

La CEC a été déterminée par la méthode de (**Metson**) Cela consiste à saturer le sol à l'aide d'acétate d'ammonium 1N à pH 7. Celui-ci déplace les bases et l'acidité échangeable du complexe adsorbant (les bases échangeables Ca, Mg sont dosées par spectrophotométrie, k et Na sont dosées par photomètre à flamme, dans la 1ere solution d'acétate d'ammonium récoltée). Concernant la détermination de la capacité d'échanges cationiques, l'ammonium fixé sera déplacé à son tour par une solution de kcl (m) puis distillé et dosé par une solution de  $H_2SO_4$ .

## **VI. Résultats des analyses physico-chimiques des sols.**

Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons du sol prélevés avant et après le traitement phytosanitaire déterminées au laboratoire, sont représentées dans le tableau 06.

Caractéristiques physico-chimiques	Unité de mesure	Sol 1 d'oued Alleug		Sol 2 de Bougara
Granulométrie	--	Sable	32	30
		Limon	32	35
		Argile	36	35
Classe texturale	Triangle de texture GEPPA	Argiles limoneuse		Argiles
Ph		6,68		6,7
Conductivité électrique	µs/cm	105		107
Capacité de rétention en eau CR	%	32,7		33,27
Calcaire totale	T	T		T
K	Ppm	150,5		160,4
Na	Meq /100g	0,23		0,32
Mg	Meq /100g	191		195
Ca	Meq /100g	19,3		17,3
CEC	Meq /100g	75		78
P	Ppm	5,39		5,45
Nt	%	0,19		0,17
C	%	2,16		2,0
C/N	-	11,36		11,76

**Tableau.6 :** Caractéristiques des propriétés physico-chimiques des deux sols avant et après le traitement.

L'étude de résultat des analyses des sols consignés sur le tableau (tableau.6), révèle que le Sol 1 possède une texture argileux limoneuse mais concernant le Sol 2 possède une texture argileuse, pH légèrement alcalin, une CE élevé pour les deux sol, CR est de 32,7 % c'est-à-dire un peut élever, la CEC élevé, concernant le sol 2 nous notons, pH légèrement alcalin, une CE élevé, CR est de 33,27 % c'est-à-dire un peut élever, la CEC élevé. (**Duchaufour .1984**), Avecun taux de calcaire trop faible dans le sol 1, et sous forme de trace dans le sol 2, le carbone organique est de 2.16 % ce qui donne un taux de MO est de 3.71 % (moyenne),

l'azote(N) est de 0.19 % ce qui donne un rapport de C/N égale 11.36, (**Kafiet al., 1978 in Maachi, 2005**).

#### **V. Analyse des résultats :**

- Le traitement statistique des analyses de variance à un facteur et deux facteurs (herbicide – *vicia faba*) a été effectué avec le logiciel minitab, 13 D.

- Les graphes ont été réalisés par logiciel excel 2010.

#### **V.1. Le taux d'inhibition ou de stimulation des herbicides**

% d'inhibition ou de stimulation = ( $\% \text{ de dégradation du témoin} - \% \text{ de dégradation du traitement X}$ ) /  $\% \text{ de dégradation du témoin}$ .

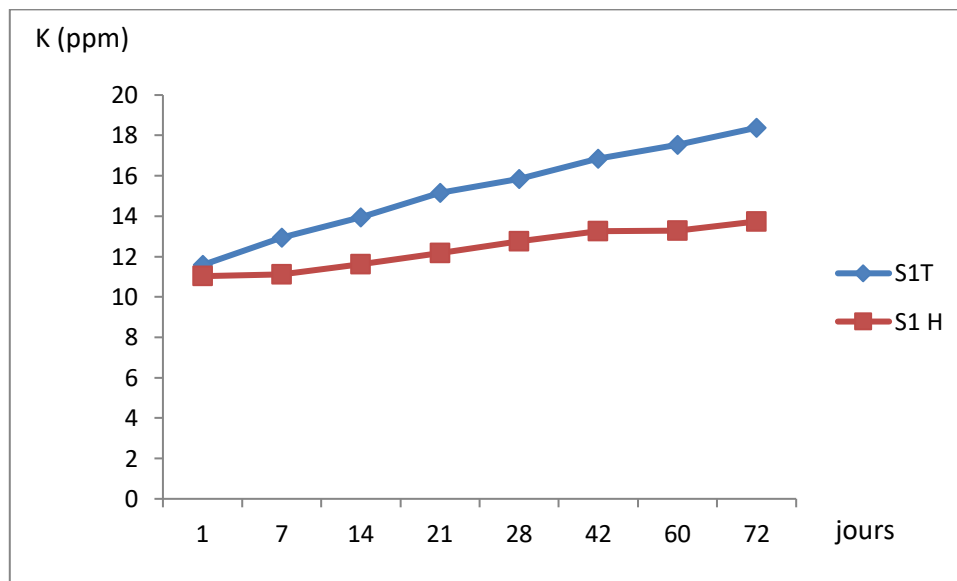


## **PARTIEIII : RESULTATS ET DISCUSSION**

## Résultats et discussions

### III. Effet du Glyphosate sur l'évolution du Potassium ( $K_2O$ ) dans les sols

#### I.1. dans le sol (S1) d'oued Alleug.



**Figure.06** : Effet du glyphosate sur l'évolution de potassium dans le sol (S1).

S1H : Sol herbicide.

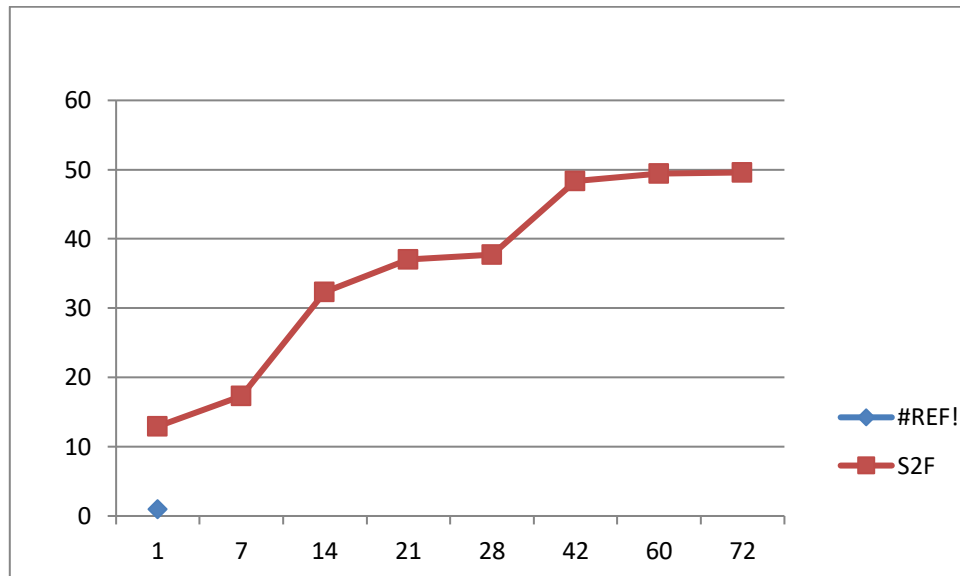
S1T : Sol témoin.

Concernant les effets de l'herbicide sur l'évolution de Potassium dans les sols, nous notons de quantité de 13.74 ppm dans le système « sol1-glyphosate ». Cependant, nous enregistrons une valeur 18.38 ppm dans le système sol 1 témoin (figure.6). Dans notre cas, cet effet négatif serait dû soit à une élimination de certaine souche microbienne par l'effet toxique des herbicides ou bien soit à une inactivation des cellules microbiennes par ces mêmes produits (**Zouaoui et al.2013**).

ces résultats similaires ont été aussi observés par (**Cheloufi et al., 2019**) dans une étude de la microbiologie des deux sols ; ces auteurs constatèrent que les herbicides à base de 2.4-D et de glyphosate réduisent la densité de la majorité des champignons, actinomycète et bactérie ; c'est aussi l'observation de même auteur qui ont noté, que les quatre souches bactériennes (*Bacillus megaterium*, *Micrococcus luteus*, *Micrococcus lysylae* et *Azotobacter*) ont été très sensibles à l'effet des deux herbicides (2.4-D et Glyphosate), autrement dit, ces

herbicides exercent un effet d'inhibition très intense sur cette activité microbienne dans les sols.

## I.2. Dans le sol (S2) de Bougara.



**Figure. 07 :** Effet du glyphosate sur l'évolution de potassium dans le sol.

S2T : Sol témoin.

S2H : Sol herbicide.

L'examen des résultats présentés dans les graphes (figure.7.), après une période de 72 jours, Ce qui concerne la dynamique de potassium dans le sol, on observe trois phases :

- Pendant les deux premières semaines, nous observons une augmentation relativement lente des quantités de  $K_2O$  ; et qui se caractérisent par de libération de **18.16 ppm** et de **12.36 ppm** respectivement dans S2 et S2H.
- Des phases d'activité intense : elles s'étalent du 14<sup>ème</sup> au 28<sup>ème</sup> jours et se caractérisent par de **21.29 ppm** dans le S2 et de **17.28 ppm** ; Cela correspond à des phases plus ou moins intenses du métabolisme microbien sous l'effet de ces substances (Xia et al. 2011) .
- Enfin la phase de régression qui se traduit par une diminution importante.

la quantité produite est de **21.66 ppm** dans le sol témoin, alors que les quantités de  $K_2O$  produites sous l'effet du Glyphosate est de **18.37 ppm**.

Ce ci met en relief, un effet très défavorable de cet herbicide dans le sol, de tels résultats ont été observés auparavant dans différents travaux, (Zouaoui et al.2013), notèrent un effet défavorable du Topic et du zoom sur l'activité biologique dans les sols de la région de Ben M'hidi. Cet effet négatif serait dû soit à une élimination de certaine souche microbienne

qui mobilise le potassium ou bien soit à un dysfonctionnement des cellules microbiennes par l'effet toxique des herbicides (Ouattara et al. 2010), ces herbicides exercent un effet d'inhibition sur cette activité microbienne dans les sols.

## II. Effet d'inhibition du glyphosate sur la libération du potassium (K<sub>2</sub>O) dans les sols

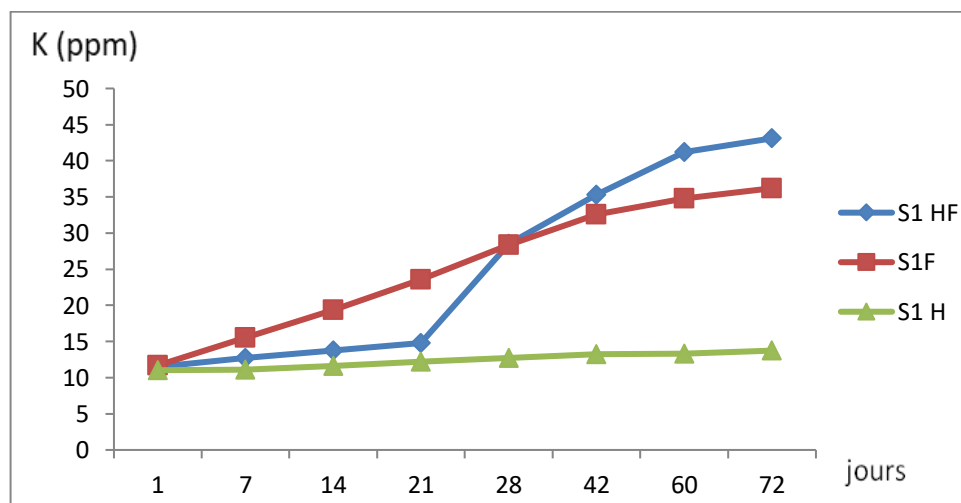
Dans les conditions adoptées, nous notons, sur une période de 72 j, un taux d'inhibition du glyphosate est de **26 %** dans le sol 1, tandis que dans le sol S2, ce taux atteint de **16 %**. Il ressort de ce fait que l'herbicide glyphosate a un effet dépressif relativement plus accentué dans le sol S1 que S2 à l'égard des les microflores (tableau.7). Elle est due que le sol S2 possède de la quantité de K plus élevé que dans le sol S1.

Traitements	% d'inhibition
S1H	26 %
S2H	16 %

**Tableau.7 :** Taux d'inhibitions du glyphosate (S1 et S2)

## III. Effet rhizodégradation sur l'évolution du Potassium (K) dans les sols

### III.1.dans le sol (S1) d'oued Alleug.



**Figure. 08 :** Effet du rhizodégradation du glyphosate sur l'évolution de Potassium dans le S1.

S1HF : Sol glyphosate fève.

S1F : Sol fève.

S1H : Sol glyphosate.

Dans une période de 72 jours de croissance de la plante, nous notons Au plan de la cinétique de solubilisation du potassium échangeable dans le système sol-plante sous l'effet du glyphosate (figure.4), nous distinguons trois phases.

- La première s'étale une semaine (0- 21 jours) et se caractérise par une solubilisation très lente. Nous enregistrons les quantités de 14.78 ppm et de 12.42 ppm dans les systèmes S1H1Fet SH.
- Par la suite, nous observons une période d'activité biologique intense qui s'étale jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour et qui se caractérise par la production de 41.19 ppm dans le même système « S1H1F ». C'est une phase de mobilisation intense car elle due d'une part, il y a une adaptation après trois semaines, et d'autre coté, le rhizosphère subit une évolution spatiotemporelle en fonction de la croissance des plantes (Drogue et al. 2012).
- Enfin une phase d'immobilisation du potassium, c'est une période qui s'étale entre 60 – 72 j, nous y observons un phénomène de régression c'est-à-dire une baisse des quantités de K<sub>2</sub>O.

Parallèlement dans le témoin S1F, on distingue deux phases, la première caractérise par une élévation des quantités, qui s'étale 0 à 42 J, il est noté la libération de 32 ppm. Après la suite, nous notons diminution de libération de K<sub>2</sub>O.

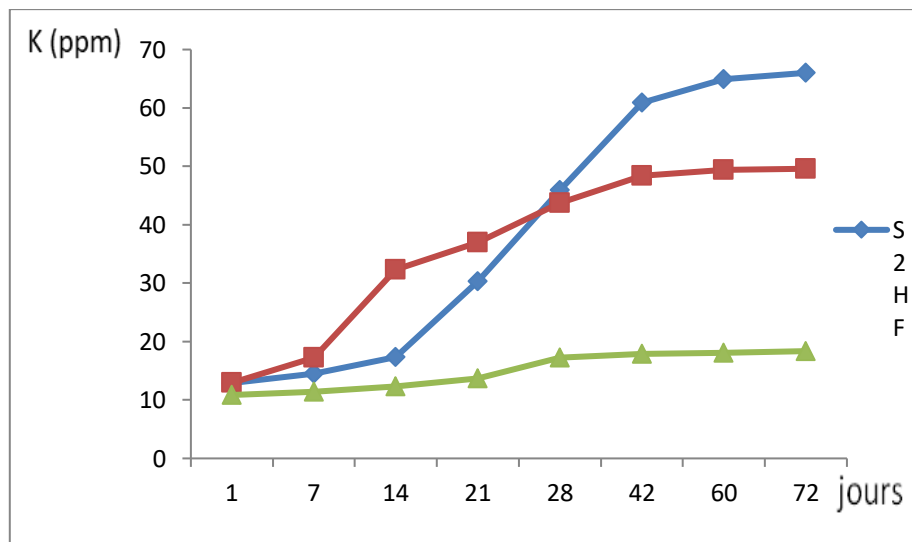
Concernant l'effet de la rhizodégradation, l'analyse de variance (herbicides - fève) révèle l'existence de différence très hautement significative au plan de l'activité microbienne de processus de solubilisation de potassium entre les interactions entre sol - herbicides –*vicia faba*.

Les résultats (figure.4), obtenus ce résume par une la rhizodégradation du glyphosate dans le système sol - herbicides par une légumineuse provoque une augmentation de la libération du potassium assimilable. En effet, nous avons noté les quantités de 43.1 ppm et 36.2 ppm dans les échantillons S1HF et S1F comparativement au témoin S1H 13,74 ppm.

En effet, la rhizodégradation de l'herbicide des sols traités par les herbicides entraine une amélioration de la qualité et la quantité des microflores (**Jones et al. 2009**). Il en résulte une meilleure solubilisation microbienne du Potassium et éventuellement une dégradation des molécules des herbicides par les rhizobactériennes (**bórtoli et al. 2012**).

Au cours de cette expérience, nous observons que la plante et leurs nodules induisent une modification positive et significative des cinétiques de solubilisation du potassium échangeable dans les sols seuls ou traités par les herbicides, ces résultats sont conformes aux travaux de **Singh, (2008)**, les microorganismes procaryotes symbiotiques interviendraient durant les étapes du processus de dégradation de ces molécules, Certaines bactéries comme *Pseudomonas*, *rhizobium* sont capables d'utiliser le Glyphosate comme seule source de C, N, K et de P ; elles métabolisent cet herbicide en ampa dont la minéralisation le réduit en CO<sub>2</sub> et en, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et en K<sub>2</sub>O (**Rfaki et al,2015**).

### III.2. dans le sol S2 de Bougara



**Figure. 09:** Effet du rhizodégradation sur l'évolution de potassium dans le S2.

S2HF : Sol herbicide fève.

S2F : Sol fève.

S2H : Sol herbicide.

Au cours d'une période expérimentale qui s'étale sur 72 jrs de croissance de fève, nous observons que la quantité de K<sub>2</sub>O assimilable est plus élevée dans le traitement sol planté par une légumineuse de *Vicia faba* que celle enregistrée dans les échantillons S2H et S2F (figure.9). Cette interaction « sol –herbicides –fève » provoque la solubilisation de 66.01 ppm dans le système « S2HF » et de 49.59 ppm de K<sub>2</sub>O dans le système « S2F », nous notons par contre les quantités de 18.37 ppm dans le traitement « S2H ».

Il ressort que la rhizodégradation glyphosate dans le solde bougara a soit éliminé l'effet négatif des herbicides, ou du moins réduit son intensité grâce à l'action dégradante des rhizomicrobiennes et l'association symbiotiques des nodules à l'égard de ces substances toxiques ; ce qui a entraines une meilleure dynamique de troisième élément majeur (K) dans le sol. Ces résultats corroborent ceux de, **Cheloufi et (2019)**, ont observé une plus grande mobilisation des N, P et K dans la rhizosphère des plants de *lensculinaris*, et cela même après des applications du glyphosate et 2.4-D.

Ces résultats concordent avec les travaux de **Belkouri et al, (2009)**, qui démontrèrent que plus les concentrations des éléments minéraux augmentent plus l'effet stimulateurs devient plus important vis à vis d'un champignon ectomycorhizien (*Pisolithustinctorius*) dans la rhizosphère d'un légumineuse dans les sols traité par TBM Grandstar (Tribénuron méthyle), Ces herbicides exercent un effet de stimulation du glyphosate sur la libération du potassium (K) dans les sols.

## **VI. Effet de stimulation du glyphosate sur la libération du potassium (K) dans les sols**

Nous notons que l'effet du rhizodégradation est positif et il se traduit par des taux de stimulation, en effet, nous notons de **98 %** dans le sol 2 et de **85 %** dans le sol 1. L'effet bénéfique est alors plus prononcé dans le sol 2 et vraisemblablement ce sont les valeurs des constituants des bases échangeable et complexe argilo-humique du sol 2 plus élevé que dans le sol S1 qui auraient neutralisé l'effet du glyphosate.

Aussi, les interactions benifique entre le glyphosate et la *vicia faba* sont prononcées dans les sols qui se traduisent par une plus grande libération de  $K_2O$ . Ceci concorde avec les travaux de **Gimsing et al. (2004) et Zabaloy et al. (2008)** par les quels il est noté une forte corrélation entre les bactéries et champignons de la rhizosphère et la dégradation de l'herbicide glyphosate pour trois types légumineuses et eux type de graminées dans des différents sols. Aussi, ils ont remarqué une élévation de la densité des microflores hétérotrophes dans les sols cultivés par des fabacées.

Traitements	% stimulation
S1H	85 %
S2H	98 %

**Tableau.8** : Taux de stimulation du glyphosate (S1 et S2).

# **Conclusion**



## Conclusion

L'effet nocif des herbicides dans les sols est devenu une menace sérieuse pour l'environnement. Pour cela, à mieux décrire l'effet des pollutions de sol par l'herbicide d'une coté, et d'autre coté les essais de bioremédiation et leur effet sur la production des éléments majeurs.

A cet effet, nous avons choisis une technique de rhizodégradation basé de planter dans les sols traitée par le glyphosate dans les pots (serres) en vue d'étudier la décomposition de cet herbicide par une fabacées de *vicia faba* et leur effet sur la libération de potassium (K).

Il ressort de cette étude les résultats suivants ;

- une influence hautement significative négative de l'herbicide glyphosate sur la production de potassium dans les deux sols. Ainsi, Il est noté que cet effet toxique se traduit par des taux d'inhibition. Et elle est plus accentuée dans le sol S1 dans les systèmes sols-herbicides.
- L'effet de la rhizodégradation de glyphosate par les nodules de fève (*vicia faba*) accroît la densité bactérienne et permet aux microorganismes de dégrader cet herbicide, donc, elle influence positivement sur l'évolution et la solubilisation de  $K_2O$  dans les deux sols. Qui se traduit par des taux de stimulation. Il en résulte une meilleure stimulation des rhizomicrobiennes de sol S2 de bougara.

Les résultats obtenus dans notre étude sont probants et méritent d'être plus approfondies.

De là de, nombreuses perspectives peuvent être envisagées. Les principales sont les suivantes :

- ✓ Elargir l'étude a d'autre techniques de bioremédiation pour lutter contre la stérilisation des sols ;
- ✓ Tester d'autres types de sols et appliquer d'autres herbicides pour évaluer leur dégradation par les souches bactériennes appartient des nodules des fabacées
- ✓ Evaluer les mécanismes possibles de la biodégradation des pesticides par les microflores symbiotiques.

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Abdely, C. (2007).** Bioremédiation/phytoremédiation. Thèse Département des sciences naturelles. Institute supérieur de l'éducation et de la formation continue. Université de Tunisie.
- Al-ghamdi.S. et Al-tahir O.A., 2001.**Temperature and Solar Radiation effects on Faba bean (*Vicia faba* L.) Growth and Grain Yield. Saudi. J. Biol. Sci., Vol 8, N°2, pp 171-183.
- Aubert G., 1978,** Méthodes D'analyses Des Sols. Edit : C.R.D.P., Marseille, 191p
- Anonyme, 1988.** Quoi de neuf en malherbologie. Phytoma, 403, 55p.
- Atik f., 1999.** Etude des signaux chimiques impliqués dans la symbiose entre *Vicia faba* et *Rhizobium leguminosarum*. Thèse de doctorat, Univ. De Tlemcen. Algérie.
- Ashley, D.A., Goodson, R.D. 1972.**Effect of time and plant potassium status on <sup>14</sup>C labeled photosynthate movement in cotton. Crop Science, 12, 686-690.
- Ashley M., Grant M. et Grabov A., 2006.** Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. J Exp Bot 57, ppA25-436.
- Barré, P, Montagnier, C., Chenu, C., Abbadie, L., Velde, B. 2008.**Clay minerals as a soil potassium reservoir: observation and quantification through X-ray diffraction. Plant Soil, 302, 213-220.
- Babak, P., Ebrahim, M., Ajit, V. (2013).** An Introduction to Bioremediation. Ramin Agriculture and Natural Resources University. P 5.
- Barber, S. A. 1995.** Soil Nutrient Bioavailability: A mechanistic approach, 2nd ed., John Wiley, New York, 384 p.
- Baize D., 1995.** Guide pour la description des sols, INRA Editions.
- Bereckert, M., Dessaux, Y., charlier, C., Darmency, H., Richard, C. et Savini, I. (2011).** Variétés végétales tolérantes aux herbicides (Rapport d'expertise). Effets agronomiques, environnementaux, socio-économiques édition, France, Titre p.
- Belkouri., A, Essgaouri., A, Aouadj., R, Dahchour., A, 2009.** Action de certains pesticides sur la croissance du champignon ectomycorhizien *pisolithus tinctorius*. Biomatec Echo , Volume 3, Number 6 , 26 30.
- Bert, V., Hadj-Sahroui, A., Leyval, C., Fontaine, J., & Ouvrard, S. (2012).** Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués. État de l'art et guide de mise en oeuvre (ADEME Edit). Angers: EDP Sciences

- Bórtoli, P.V, Verdenelli, R.A., Conforto, C., Vargas, Gil, S. and Meriles, J.M. (2012)** Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo. *Ecología Austral*, 22, 33-42.
- Bulson H.A.J., Snaydon R.W et Stopes C.E. 1997.** Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. agric. Sci.* 128, 59-71.
- Barshad, I. 1954.** Cation Exchange in Micaceous Minerals II: Replaceability of ammonium and potassium vermiculite, biotite and montmorillonite. *Soil Sci.*, 78, 57-76.
- Brink M., Belay G., 2006.** Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l’afrique tropicale. Fondation PROTA/ Backhuys publishers/CTA.Pays-Bas ; 327p.
- Ballerini, D., Gatellier, C., Vogel, T. (1998).** Techniques de traitement par voie biologique. Ademe Editions
- Calvet, R. (2000).** Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France), P 83-90  
. Angers. P 247.
- Cabrera A. et Martin A., 1986.** Variation in tannin content in *Vicia faba* L. *J.Agric. Sci.*106:377-382.
- Chalck P.M. 1998.** Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations : a review. *Aust. J. Res.*, 49 : 303-316.
- Chaouechi, A. 2014.** Lixiviation du potassium sous culture de pomme de terre irriguée en sol sableux : Impact des engrais azotés. Mémoire de la Maîtrise ès sciences en sols et environnement, Québec, Canada Christenson, HK., Thomson, NH. 2016. The nature of the air-cleaved mica surface. *Surf. Sci. Reports*, 71, 367-390.
- Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Productions légumières secs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tome 3. Technique et documentation Lavoisier. 7-13P.
- Crofts H. J., Evans I. E. et M.C Vetty p. B. E., 1980.** Inheritance, characterization and selection of tannins-Faba beans, *Can. J. Plant. Sci.* 60:1135-1140.
- Cubero J.L., 1974.** On the evolution of *Vicia faba*, theory-app- Paris, 503p.
- Cubero. J.L., 2011.** The Faba bean. A historic perspective. *Grain legumes*. N: 56:5-7.
- Dajoz, R., 2000.** Eléments d’écologie. Ed. Bordas. Paris, 5ème édition. In : Mémoire de master. UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH.114p, Maroc. 631pp.
- Danso S.K.A. 1995.** Assessment of biological nitrogen fixation. *Fertilizer research* 42 : 33-41.
- Doyle JJ, Luckow MA. 2003.j** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol.* 14: 334–342.

- Dominique. M., 2010.** Les productions légumières. Educagri. Dijon. 163 p.
- Doumbia M. Et Kwadjo K. E., 2009 :** Pratiques d'utilisation et de gestion des pesticides par les maraîchères en Côte d'Ivoire : cas de la ville d'Abidjan et deux de ses banlieues (Dabou et Anyama), Journal of Applied Biosciences N° 18 pp992- 1002. [www.biosciences.elewa.org/JABS/2014/80/16.pdf](http://www.biosciences.elewa.org/JABS/2014/80/16.pdf).
- Duchaufour, 1984.** P. Abrégés De Pédologie. Ed. Masson. Paris, 220 P.
- Duc G., 1997.** Faba bean (*Vicia faba* L). Field Crops Research 53.99-109pp.
- DridibaM., Lounrem. M. Huimli Sim. Jabbes N. et Tlahig S., 2011.** Caractérisation phéno-morphologique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) sélectionnées et adaptées aux conditions de cultures dans les régions arides en Tunisie. Africa focus. 24 (1): 71-94.
- Epstein E et Bloom A J, 2005.** Mineral nutrition of plants: principles and perspectives, 2nd Ed. In: inc S a (Ed.), Sunderland MA.
- Evlard, A. (2013).** Le potentiel du saule pour la phytostabilisation des sols pollués par les éléments traces métalliques. Université de Liège.
- Étile Elsa Et Ph. D., 2012 :** Pratiques agricoles favorisant la répression des ravageurs des cultures par leurs prédateurs naturels, Revue: Agriculture et Agroalimentaire Canada, 41 p. [www.agrireseau.qc.ca/.../06/11/2014](http://www.agrireseau.qc.ca/.../06/11/2014).
- Fokou Mbogne, P. (2017).** Bioremédiation augmentée de sols contaminés aux hydrocarbures lourds par ajout de substrats organiques. Mémoire de licence. Université du Québec, P 18.
- Feliachi K., 2002.** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
- .
- Gaultier, J.P. 1981.** Etude d'un mécanisme de fixation du potassium dans les sols; la réorganisation structurale de la montmorillonite. Revue de la Potasse, 74, 1-8.
- Giover.M. et Abis S., 2007.** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM 23 : 1-21.
- Gibson KE, Kobayashi H, Walker GC. 2008.** Molecular determinants of a symbiotic chronic infection. Annual Review of Genetics. 42: 413–441.
- Giroux, I. (2004).** La présence de pesticides dans l'eau en milieu agricole au Québec.
- Gimsing, A.L., Borggaard, O.K, Jacobsen.O.S, Aamand., J, and Sorensen., J, 2004..** Chemical and microbiological soil characteristics controlling glyphosate mineralization in Danish surface soils. Applied Soil Ecology, 2, pp. 233-242. DOI:10.1016/j.apsoil.2004.05.007.

**Gobat J.M., Argano M et Matthey W., 2003** : Le sol vivant ; la base de la pédologie. Ed. Presses Polytechniques et universitaires romandes. 568p.

**Glounaho D., 2012** : Sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. ANADER, Le Partenaire, n°17 Avril-Mai-Juin, 38p.

**Glossary, 1965.** Of Soil Science Terms. Ed. Soil Science Society Of America. Am. J. Potato Res. 42, 346. [Online] <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>

**Hanna, K., (2004).** Étude de faisabilité de l'utilisation de molécules "cage" dans la dépollution des sols : solubilisation et extraction de polluants organiques par les cyclodextrines. Thèse doctorat. Université Lyon. France, P 59.

**Hauggaard-Nielsen H., Ambus P. et Jensen E.S. 2001.** Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea - barley intercropping. Field Crop Res. 70, 101-109.

**Hauggaard-Nielsen H., Ambus P. et Jensen E.S. 2003.** The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. Nutr. Cycl. Agroecosys. 65.

**Hamadache A., 2003.** La féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C), 13p.

**Hlavackova P., 2005.** Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologies. Thèse de Doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 207p,.

**Huignard. J., Glitho A., Monge. J.P. et Regnault-Roger. C., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p

**Ita, 1975.** Laboratoire du sol : méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol. Institut technologique agricole. Mostaganem. 78p

**Jordan DC. 1984.** Family III. Rhizobiaceae. In: Krieg NR, Holt JG (eds) Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams & Wilkins, Baltimore. P: 234–242.

**Jensen e.S., Peoples B. et Nielsen H., 2010.** Faba bean in cropping systems. Field Crops Research, 115 :203–216.

**Janssen, J., Weyens, N., Croes, S., Beckers, B., Meiresonne, L., Van Peteghem, P., Vangronsveld, J. (2015),** Phytoremediation of Metal Contaminated Soil Using Willow: Exploiting Plant-Associated Bacteria to Improve Biomass Production and Metal Uptake. International Journal of Phytoremediation, 17(11), 1123–36.

<http://doi.org/10.1080/15226514.2015.1045129>.

**Kayser, M., Benke, M., Isselstein, J. 2012.** Potassium leaching following silage maize on a productive sandy soil. Plant Soil environ, 58(12), 545–550.

**Khaldi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. et Ben Yassine A., 2002** : L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.

**Khedim, D., Bouchikhi, M. (2013)**. Contribution à l'étude de l'influence des caractères physico-chimiques du sol sur la stabilité structurale ; cas de la plaine de Sidi Bel Abbes. Thèse des études supérieures DES en biologie .Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, Pa 16.

**Laumonier R., 1979**. Cultures légumières et maraîchères, Tome III. Ed.J.B. BAILLIERE. 276p.

**LaRue T.A. et Patterson T.G. 1981**. How much nitrogen do legume fix? Advan. In Agron. 34 : 15-38.

**Lanyon, LE., Smith, FW. 1985**. Potassium nutrition of alfalfa and other forage legumes: temperature and tropical. p: 861-893.

**Laffond J. M, (1986)**. Le désherbage des céréales. Agri.\_Nathan international, 96 p.INRA, Paris, 279 p.

**Legros, 2007**.J.P. Les Grands Sols Du Monde. Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. Lausanne, 574 P.

**Lebreton J.C., Legraet. S., Guibert .S., Masson .F., Rigaud J.P. et Rocton L., 2009**. La féverole d'hiver, chambre d'agriculture de l'Orne, 10p

**Lhoste Jean et Grison Pierre. (1989)**- la phytopharmacie française, chronique et historique.

**Liebman M et Dick E. 1993**. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecol. App. 3, 92-122.

**Mamy, J., Gaultier, J.P. 1976**. Les phénomènes de diffraction de rayonnements X et électronique par les réseaux atomiques: application a l'étude de l'ordre dans les minéraux argileux. Annales Agronomiques, 27, 1-16.

Volk, NJ. 1934. The fixation of potash in difficulty available forms in soils. Soil Sci. 37, 17-22.

**Maoui .R., Say. B., El hadj B., Frikh A. et Girard C., 1990**.La culture de la fèverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H., AGROPOL. I.T.C.F., 16 p.

**Marcel, 2002**. Larousse agricole. Ed Larousse. Canada. 768 pp.

**Macci, C., Peruzzi, E., Doni, S., Poggio, G., & Masciandaro, G. (2016)**. The phytoremediation of an organic and inorganic polluted soil: A real scale experience.

International Journal of Phytoremediation, 18(4), 378–86.

<http://doi.org/10.1080/15226514.2015.1109595>

**Masciandaro, G., Macci, C., Peruzzi, E., Ceccanti, B., & Doni, S. (2013).** Organic matter – microorganism – plant in soil bioremediation: a synergic approach, 399–419.

<http://doi.org/10.1007/s11157-013-9313-3>**Noumeur, S. (2008).** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Thèse de Magister en Microbiologie Appliquée et Biotechnologies microbienne. Universités Mentouri Constantine, P 3,6.

**Maatougui, M. E. H., 1997.** Situation de la culture des fèves en Algérie et principales contraintes. Céréaliculture, numéro spécial Fève : 6-15.

**Mazziotti, M. (2017).** Impact des exsudats racinaires de *Miscanthus x giganteus* sur les microorganismes impliqués dans la bioremédiation d'un sol contaminé au benzo (a) anthracène. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, Collegium Sciences et Technologies Ecole Doctorale RP2E «Ressources, Procédés, Produits, Environnement».P 89.

**Mangara A., Kouame N. M. T., Soro K., N'da A. A. A., Gnahoua G. M, Soro D., (2014):** Test d'efficacité d'un herbicide en culture d'ananas, à la station d'expérimentation et de production d'Anguédédou en Côte d'Ivoire .Journal of Applied Biosciences N°80, pp761-7172. [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org).

**Marschner H., 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press, London.

**Magrini MB, Bedoussac L. 2017.** Les légumineuses : Définition. Dictionnaire d'Agroécologie, <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/les-legumineuses/> .

Mathieu C., Pieltain., 2009. Les principaux sols du monde. Voyage au centre de l'épiderme de la planète terre. Lavoisier, Editions Tech et Doc.233 p.

**Mezani .S., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptère : Bruchidae) dans deux parcelles de variétés de fève différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached. Mémoire de magister. Université. Tizi-Ouzou. 114p.

**Mengel K. et Kirkby E. A., 2001.** Principles of plant nutrition. Kluwer academy publishers.

**Miyasaka, T., Asami, H., Watanabe, K. (2006).** Impacts of bioremediation schemes on bacterial population in naphthalene-contaminated marine sediments .Biodegradation P227-235.

**M'sadak Y., Elouaer M.A., Elkamel R., 2013.** Evaluation Du Comportement Chimique Des Composts Sylvicoles, Des Tamis Et Des Mélanges Pour La Conception Des Substrats De Culture, Revue « Nature Et Technologie ».C-Sciences De l'Environnement, N°08/01/2013



- Mhiri, A. 2002.** Le potassium dans les sols de Tunisie, Atelier sur la gestion de la fertilité potassique, acquis et perspectives de la recherche. I N A de Tunisie. 13 p.
- Ndiaye A. (1988)** : Stage de recyclage en malherbologie. Du 14-11-1987 au 13-01-1988. Institut Des Savanes/ D.C.V.IDESSA/D.C.V. Côte d'ivoire, 30p.
- Noumeur, S. (2008).** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Thèse de Magister en Microbiologie Appliquée et Biotechnologies microbiennes. Universités Mentouri Constantine, P 3,6.
- Ouattara B, Savadogo P W, Traore O, Koulibaly B, Sedogo M P et Traore A S 2010.** du Burkina Faso. Cameroon Journal of Experimental Biology Vol. 06 N° 01, 11- 20 .Available Online at.
- Patrick M., Delvaux. C., 2008.** Le truffaut : Encyclopédie pratique illustrée du jardin. 41<sup>ème</sup> édition. Larousse.Paris.850p.
- Patrick M., Delvaux C., 2008.** Le truffaut : Encyclopédie pratique illustrée du jardin. 41<sup>ème</sup> édition. Larousse.Paris.850p.
- Pettigrew W. T., 2008.** Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol Plant* 133, pp. 670-681.
- Peron, 2006.** Références. Production légumières.2<sup>ème</sup> Ed. 613 p.
- Pilon-Smits, E., 2005.** Phytoremédiation . *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 56: 15-39.
- Picard J., 1976.** Aperçu sur l'hérédité du caractère absence de tannins dans les graines de féverole, *Ann. Amélior. Plantes.* 26:101-106.
- Planquaert P.H. et Girard G., 1987.** La féverole d'hiver, *Revue, I.T.C F* 3<sup>ème</sup> Trim. 32p.
- Procópio, S.O., Pires, F.R., Santos, J.B. & Silva, A.A. (2009).** Fitorremediação de solos com resíduos de herbiciadas. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 32 p.
- Procópio, S.O., Pires, F.R., Santos, J.B. & Silva, A.A. (2009).** Fitorremediação de solos com resíduos de herbiciadas. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 32 p.
- Pngter, 2009** : Projet National de Gestion des Terroirs et d'Equipement Rural: Cellule Nationale de Coordination, plan de gestion des pestes et pesticides. Document projet MINAGRI, 81p.
- Quemener, J. 1979.** The measurement of soil potassium. *Inst. Potas. Intern. Res. Top.*, 4, 48 p.
- Quenea, K. (2004).** Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sols d'une chronoséquence forêt/maïs (Cestas, Sud-ouest de la France). Thèse de Doctorat. Université de Paris 6 (France), P4.

- Rfaki A, Nassiri .L et Ibijbijen J 2015.** Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Bacteria from the Rhizosphere of Faba Bean (*Vicia faba* L.) in Meknes Region, Morocco. *British Microbiology Research Journal*. 6(5): 247- 254.  
www.sciencedomain.org
- Roger Pa, Dommergues Y, Balandreau J, Dreyfus B, Sougoufara B. 1996.** La fixation biologique de l'azote, quelles potentialités pour le développement, conférence-débat de l'ORSTOM présentée le 30 mai 1996.
- Saada O. et Osmani .T., 2003.** Bio écologie de la bruche de fève *Bruchus rufimanus* (BOH) 1833 (coleoptera : Bruchidae) dans les régions de Tizi- Rached et Beni-Douala. *Mémoire Ing. Eco. An. U U.M.M.T.O.*78P.
- Simard, RR., Zizka, J., De Kimpe, CR. 1990.** Le prélèvement du K par la luzerne (*Medicago sativa* L.) et sa dynamique dans 30 sols du Québec. *Canadian Journal of Soil Science*, 70, 379- 393.
- Simonsson, M., Hillier, S., Öborn, I. 2009.** Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma*, 151 (3-4), 109-120.
- Singh D. K., 2008.** Biodegradation and bioremediation of pesticide in soil: concept, method and recent developments. *Indian Journal of Microbiology*, 48(1): 35–40.
- Sountoura, F. 2011.** Influence du potassium sur les rendements et les caractéristiques technologiques de la fibre de cotonnier conventionnel dans les zones cotonnières est et ouest du Burkina Faso, Mémoire d'Ingénieur, Université de Bobo-Dioulasso.
- Susarla, S., Medina, V.F. et McCutcheon, S.C., 2002.** Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering*, Vol. 18: 647-658.
- Susarla, S., Medina, V.F. et McCutcheon, S.C., 2002.** Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering*, Vol. 18: 647-658.
- Very A. A. et Sentenac H., 2003.** Molecular mechanisms and regulation of KI transport in higher plants. *Annu Rev Plant Biol* 54, 575-603.
- Vishnoi, S.R. & Srivastava, P.N. (2008).** Phytoremediation - Green for Environmental Clean. The 12th World Lake Conference, p. 1016-1021.
- Vishnoi, S.R. & Srivastava, P.N. (2008).** Phytoremediation - Green for Environmental Clean. The 12th World Lake Conference, p. 1016-1021.
- Wang D, Yang S, Tang F, Zhu H. 2012.** Symbiosis specificity in the legume – rhizobial mutualism. *Cell. Microbiol.* 14: 334–342.

- Wear, J.I., White, J.L. 1951.** Potassium fixation in clay minerals as related to crystal structure. *Soil Sci.* 71, 1-14.
- Zaghouane. O., 1991.** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Option méditerranéenne. Present statut and future perspectives of faba bean production. I.C.A.R.D.A, Serie A, N° 10. p 123-125.
- Zabaloy MC, Garland JL, Gomez MA (2008).** An integrated approach, to evaluate the impacts of the herbicides glyphosate, 2,4-D and metsulfuron-methyl on soil microbial communities in the Pampas region, Argentina. *Appl Soil Ecol* 40:1–12
- Zaidi A. et Mahiout B., 2012.** Voyage au cœur des aliments. 200p.
- Ziadi, N. 1999.** Optimisation de la fertilisation minérale dans la production des fourrages sous climat continental frais. Thèse de doctorat (PhD), Université de Laval, Canada.
- Zörb, C., Senbayram, M., Peiter, E. 2014.** Potassium in agriculture - Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171, 656–669.