

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université M'hamedBougara - Boumerdès



Faculté des Sciences  
Département de Biologie

**Filière** : Écologie et environnement

**Spécialité** : Biodiversité et environnement

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du**  
**Diplôme du Master Professionnel**

## ***Thème***

***Contribution à l'étude de comportement d'une  
légumineuse (Phaseolus vulgaris) face à une pollution  
par les hydrocarbures : étude des paramètres  
morphologiques***

***Présenté par :***

BOUAMEURHADIL ZINEB  
LABED MARWA

***Soutenu le 20/09/2023Devant le jury composé de***

|              |   |                  |          |
|--------------|---|------------------|----------|
| Président    | : | Mr LATRECHE K    | MCA UMBB |
| Examineur    | : | Mme BENHABILES K | MCB UMBB |
| Promoteur    | : | MR BELLOUT Y     | MCB UMBB |
| Co-promoteur | : | MR CHENTIR       | ING SH   |

## *Remerciement*

---

### *Remerciement*

Tout d'abord, nous remercions le Bon Dieu, le Tout Puissant, pour nous avoir données la santé, le courage et la patience pour être ce que nous sommes aujourd'hui et pour mener à terme ce modeste travail

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur MR BELLOUT pour ses précieuses orientations, son aide, ses conseils et sa disponibilité tout au long de la préparation de ce travail

Nous voudrions également remercier les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail

Nous adressons nos remerciements le personnel du SONATRACH en particulier MR CHANTIR notre Co-promoteur pour sa disponibilité et sa sympathie.

Nous tenons à remercier notre technicienne de labo Mme Fatima qui été toujours disponibles pour nous.

Enfin, toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à tous ceux qui nous ont apportées leur aide.

### *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, que Dieu les protège et leur accorde une longue vie pleine de bonheur et de santé.

A mon très cher frère. A mes très chères sœurs.

A mon cher grand père que dieu, le tout puissant, vous accorde dans vaste paradis, qu'il est fier de moi.

A ma grande mère et mes chères tantes et mes chers oncles, mes chers cousins et cousines.

A tous mes copines Zineb, Soumia, Chaïma, Dina, Asma, Manel, Zahra, Souad, Amina, jojo, Rima, Manar, Houda et Nesrine.

A mon cher binôme et mon âme sœur Marwa (Zozo) et toute sa famille

A tous ceux qui me sont très chers et qui me portent dans leurs cœurs.

Toute la promotion d'écologie 2022/2023.

*HADIL*

### *Dédicace*

Tout d'abord, Je dédie ce travail : A mon très cher père qui m'a éclairé mon chemin et qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mes études, Que Dieu leur donne une bonne santé et une longue vie.

A ma très chère mère qui est la lumière de ma vie, et qui a attendu avec patience le fruit de sa bonne éducation.

A mes chers frères : OUSSAMA, ALI, KHALED et LOKMEN, a ma chère sœur : MERIEM, et mes belles sœurs ASMA et HADJER.

Merci pour vos toutes prières et votre soutien sans faille. Que l'esprit d'amour règne toujours au milieu de nous. A tous ma grande famille Spécialement mes chères tantes HOURIA, ZAHIA et SOUAD

A mes copines : SARAH, ASMA, LAMIS, NESRINE et WISSEM.

A ma très chère binôme et amie HADIL avec qui j'ai partagé ce travail et toute sa respectueuse famille. A tous ceux qui m'aime, merci pour tous.

A tous mes collègues et ma promotion de master II : 2022/2023.

**MARWA**

# Table des matières

---

## Table des matières

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction.....                                                         | 1  |
| I. Chapitre 1 : Synthèse bibliographique .....                            | 3  |
| I.1 Phytoremédiation.....                                                 | 3  |
| I.1.1 Définition.....                                                     | 3  |
| I.1.2 Principe.....                                                       | 3  |
| I.1.3 Technique de la phytoremédiation .....                              | 3  |
| I.1 Les hydrocarbures .....                                               | 5  |
| I.2.1 Définition d'hydrocarbures .....                                    | 5  |
| I.2.2 Classification des hydrocarbures.....                               | 5  |
| I.2.3 Les impacts des hydrocarbures sur l'environnement .....             | 6  |
| I.3 Généralités du sol.....                                               | 7  |
| I.3.1 Définition.....                                                     | 7  |
| I.3.2 Les différents types de sol.....                                    | 7  |
| I.3.3 Les constituants du sol .....                                       | 8  |
| I.3.4 Les fonctions du sol .....                                          | 9  |
| I.4 Classification botanique .....                                        | 9  |
| II. Chapitre 2 : Matériel et méthode.....                                 | 11 |
| II.1 Choix de l'espèce végétal .....                                      | 11 |
| II.2 Préparation du sol .....                                             | 11 |
| II.2.1 Contamination de sol .....                                         | 11 |
| II.3 Analyse physique.....                                                | 11 |
| II.3.1 Potentiel d'hydrogène.....                                         | 11 |
| II.3.2 Humidité hygroscopique .....                                       | 12 |
| II.3.3 La conductivité électrique (CE).....                               | 12 |
| II.4 Préparation des graines.....                                         | 13 |
| II.4.1 Sélections des graines .....                                       | 13 |
| II.4.2 Désinfection.....                                                  | 13 |
| II.4.3 Mise en germination.....                                           | 14 |
| II.4.4 Taux de germination.....                                           | 14 |
| II.4.5 Mise en culture.....                                               | 14 |
| II.5 Effets toxiques des hydrocarbures sur le rendement des plantes ..... | 14 |
| II.5.1 Hauteur des plantes .....                                          | 14 |

## Table des matières

---

|         |                                                           |    |
|---------|-----------------------------------------------------------|----|
| II.5.2  | Nombre des feuilles.....                                  | 15 |
| II.5.3  | La biomasse aérienne .....                                | 15 |
| II.5.4  | La biomasse racinaire .....                               | 15 |
| II.5.5  | Mesure des paramètres morphologiques .....                | 15 |
| II.5.6  | La croissance.....                                        | 15 |
| III.    | Résultats et discussion .....                             | 17 |
| III.1   | Résultats des analyses effectuées sur le sol.....         | 17 |
| III.1.1 | Potentiel d'hydrogène (pH).....                           | 17 |
| III.1.2 | Humidité hygroskopique .....                              | 17 |
| III.1.3 | La conductivité électrique (CE).....                      | 18 |
| III.2   | Effet des hydrocarbures sur Nombre des feuilles .....     | 18 |
| III.3   | Effet des hydrocarbures sur la hauteur des plantes.....   | 19 |
| III.4   | Effet des hydrocarbures sur la longueur des racines ..... | 20 |
| III.4.1 | Taux de germination.....                                  | 21 |
| III.5   | Effet des hydrocarbures sur La biomasse aérienne .....    | 22 |
| III.6   | Effet des hydrocarbures sur La biomasse racinaire.....    | 22 |
| III.7   | Discussion .....                                          | 23 |
|         | Conclusion .....                                          | 24 |
|         | Annexe.....                                               | 29 |
|         | Résumé.....                                               | 31 |
|         | Abstract .....                                            | 31 |
|         | الملاحضه.....                                             | 31 |

### Table des figures

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 schéma de fonctionnement de la phytoextraction .....                               | 3  |
| Figure 2 graine de <i>Phaseolus vulgaris</i> .....                                          | 10 |
| Figure 3 plantule de <i>Phaseolus vulgaris</i> .....                                        | 10 |
| Figure 4 ph mètre. ....                                                                     | 12 |
| Figure 5 conductimètre. ....                                                                | 13 |
| Figure 6 les graines germées utilisées pour la culture. ....                                | 14 |
| Figure 7 mesure de ph des trois sols cultivés par le haricot.....                           | 17 |
| Figure 8 mesure de conductivité électrique de trois sols cultivés par le haricot .....      | 18 |
| Figure 9 nombres des feuilles de <i>Phaseolus vulgaris</i> cultivé dans les trois sols..... | 18 |
| Figure 10 hauteur de <i>Phaseolus vulgaris</i> cultivé dans les trois sols. ....            | 19 |
| Figure 11 longueur des racines de <i>Phaseolus vulgaris</i> dans les trois sols. ....       | 20 |
| Figure 12 taux de germination des graines. ....                                             | 21 |
| Figure 13 biomasse aérienne fraîche de <i>Phaseolus vulgaris</i> dans les trois sols. ....  | 22 |
| Figure 14 biomasse racinaire fraîche de <i>Phaseolus vulgaris</i> dans les trois sols. .... | 22 |

Table des tableaux

---

Table des tableaux

Table 1 les mesures biométriques des espèces étudiées..... 15

### Introduction

Les activités humaines, qu'elles soient industrielles, agricoles ou domestiques ont utilisés ou générés, depuis le début de développement industriel, des quantités croissantes de substances ou de déchets qui présentes des risques pour la santé de l'homme et qui peuvent dégrader son environnement (GIRARD, 2005). La connaissance des risques environnementaux liés à la production des hydrocarbures est impérative pour faire face aux pollutions engendrées par ces derniers. Parmi les pollutions les plus spectaculaires générées par déversement des fluides pétroliers tels que le pétrole brut, le gasoil, le fuel, l'essence et le kérosène, il y'a la pollution du sol, donc certains polluants qui dérivent des activités pétrolières ont tendance à contaminer les sols dans les décharges ou les installations industrielles non contrôlées à l'occasion d'accidents de transport ou par le biais de rejets industriels (Lecomte, 1998). Les produits pétroliers dont les stations-services sont parmi les principales causes des pollutions constatées par la corrosion des cuves de stockage, ou des fuites de canalisation entre les citernes et les ilots de pompes et séparation des hydrocarbures (Colin, 2001). Etant donné que le sol est le support indispensable aux animaux, aux végétaux terrestres et à l'homme, toute pollution du sol retentira sur la flore, la faune et sur l'homme lui-même (Lecomte, 1998) d'où la nécessité de rétablir cet équilibre perdu, grâce à plusieurs techniques.

La plus moderne et la plus efficace est la phytoremédiation qui fait l'objet de notre étude, est une technologie de dépollution qui semble efficace vis-à-vis d'un large spectre de polluants organiques et inorganiques. Elle peut être utilisée sur des substrats solides (sols pollués), liquides (eaux contaminées) ou gazeux (filtration d'air chargé en composés nocifs volatils).

Plusieurs auteurs ont effectué récemment des travaux sur la phytoremédiation (Ait tayeb et Titouche 2011 ; Belkacem et Rouas 2012) et ont abouti à des résultats satisfaisants en laboratoire. Mais l'efficacité de cette technique n'a pas été testée sur un sol pollué naturellement.

C'est dans cette optique que s'inscrit, notre travail dont l'objectif principal est d'essayer de réhabiliter un sol pollué par les carburants (pétrole brut) en utilisant la technique de phytoremédiation.

L'étude est réalisée aussi dans le but de tester l'efficacité des légumineuses (*Phaseolus vulgaris*) à tolérer et réhabiliter les sols pollués par différentes concentrations des hydrocarbures.

Le présent travail se subdivise en trois parties :

La première : consiste en un rappel bibliographique sur les hydrocarbures, la pollution du sol par les hydrocarbures et la description de certaines techniques de phytoremédiation.

La deuxième partie : rapporte le matériel utilisé et les méthodes adoptées pour réaliser ce travail

## Introduction

---

Dans la troisième partie : nous exposons les résultats obtenus et nous discuterons les principales observations faites au cours de notre expérimentation notamment : L'étude de quelques paramètres des espèces végétales à savoir

La hauteur des plantes, la longueur de racine principale, les nombres des feuilles, L'étude de quelques paramètres du sol à savoir le pH, la conductivité, l'humidité, le teste de germination

Nous terminons par une conclusion assortie de quelques perspectives de recherches.

### I. Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

#### I.1 Phytoremédiation

##### I.1.1 Définition

Le terme phytoremédiation est composé de deux mots : phyto, qui signifie plante, et remédiation qui signifie remise en état (MEERTS, 2003).

La phytoremédiation est actuellement considérée comme un moyen efficace d'éliminer les polluants organiques du sol et de l'eau. Une série des études ont démontré que la dégradation des hydrocarbures dans le sol est plus active en présence de plantes.

##### I.1.2 Principe

La Phytoremédiation est un procédé technologique biologique qui utilise un processus végétal naturel pour améliorer la dégradation et l'élimination des contaminants dans le sol ou dans les eaux souterraines (KAMATH et al. ,2004). Nous pouvons aussi définir ce terme comme étant l'utilisation de plante (arbres, espèces hyper accumulatrices, plantes cultivables, etc.) et de leur micro biotes associés, d'amendements du sol et de techniques agricoles pour bloquer, extraire, accumuler, transformer ou détruire les contaminants environnementaux (CUNNINGHAM, 1996).

##### I.1.3 Technique de la phytoremédiation

###### I.1.3.1 Phytoextraction

C'est la meilleure approche pour éliminer les polluants principalement du sol sans détruire la structure et la fertilité du sol. C'est ce qu'on appelle aussi la phytoaccumulation. Cette technique repose sur l'utilisation de végétaux capables d'accumuler des polluants dans les parties aériennes. Les plantes absorbent les polluants du sol par leurs racines et les transfèrent dans les parties aériennes (tiges, feuilles) où elles sont stockées. (GHOSH et SINGH, 2005).

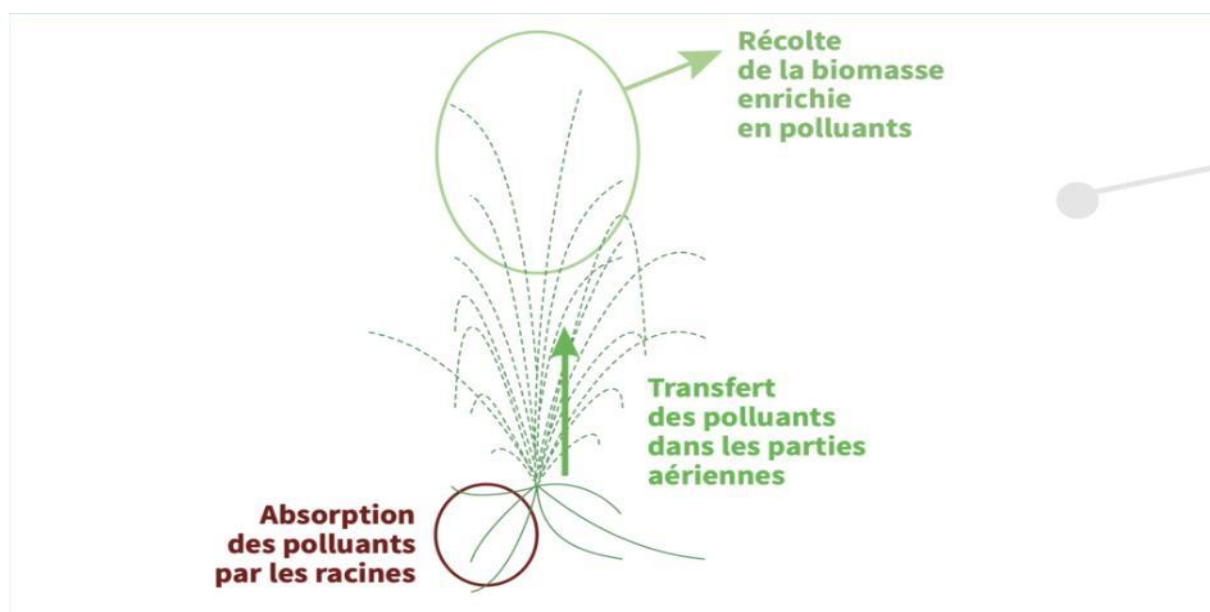


Figure 1 schéma de fonctionnement de la phytoextraction.

Les plantes sont choisies pour leur capacité à transporter et à stocker les polluants dans leurs parties aériennes (tiges et feuilles). La biomasse aérienne produite doit ensuite être récoltée pour éliminer définitivement les contaminants excavés du site. L'objet de la recherche est le traitement de cette biomasse enrichie en polluants (valorisation de la biomasse ou valorisation des impuretés contenues dans la biomasse dans des procédés métallurgiques ou en biosynthèse). (Ouvrard, 2012)

### ***1.1.3.2 Phytostabilisation***

Phytostabilisation Utilise des espèces végétales spécifiques pour immobiliser les contaminants dans le sol et les eaux souterraines par absorption et accumulation par les racines (BhagawatilalJagetiya et al. 2014)

La phytostabilisation est utilisée dans le traitement des sols, des sédiments et des boues.

#### ***1.1.3.2.1 Avantages***

Cette technologie réduit la mobilité, et donc le risque, des contaminants inorganiques sans les retirer de leur emplacement. Cette technologie ne génère pas de déchets secondaires contaminés nécessitant un traitement.

- Comparativement à d'autres technologies d'assainissement, telles que l'excavation, la manutention des matériaux est limitée (similaire à celle des processus agricoles) et les coûts sont généralement inférieurs.
- Habituellement, la technologie améliore la fertilité du sol. Il peut combiner le traitement avec la restauration de l'écosystème (Shivendra Sharma et HardikPathak ,2014)

### ***1.1.3.3 Phytovolatilisation***

Le but de la phytovolatilisation est de transformer les polluants organiques et inorganiques contenus dans l'eau en composés gazeux volatils au sein de la plante puis de les rejeter dans l'atmosphère à des concentrations relativement faibles. (Arif Tasleem Jan et al,2015)

## ***I. Phytodégradation***

Pour les polluants organiques difficilement biodégradables tels que les hydrocarbures, les plantes peuvent être d'un grand secours. La phytodégradation est une méthode de décontamination des sols, consistant en la dégradation de polluants par les plantes cultivées. Les plantes peuvent croître sur un sol contaminé jusqu'à un certain seuil par des hydrocarbures. Une concentration de 7 tonnes par hectare permet une croissance normale de la plante et un rythme de dégradation élevé par les microorganismes se développant dans la rhizosphère (Chaîneau et al., 1995).

Dans la rhizosphère, nous savons que les champignons développant des mycorhizes (*Aspergillus* p, *Penicillium* sp, ...) ou les bactéries (*Pseudomonas* sp, *Xanthomonas* sp, ...), ont la capacité de dégrader les composés organiques présents dans le sol. En effet, ceux-ci étant hétérotrophes, ils se

nourrissent de cette matière organique après l'avoir dégradée grâce à des enzymes digestives qu'ils sécrètent. Cependant, les microorganismes ne dégradent pas tous les composés organiques. Ces microorganismes sont naturellement présents dans le sol, et effectuent, par conséquent, naturellement la dégradation. Cependant il a été montré que lorsque certaines plantes étaient présentes sur un sol pollué par des composés organiques difficilement dégradables, cette biodégradation se faisait plus efficacement (Laurent DABOUINEAU et al 2005)

### **I.1 Les hydrocarbures**

#### **I.2.1 Définition d'hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène (d'où leur nom) et dont l'importance économique et politique n'a cessé de croître avec le développement relativement récent des produits pétroliers. Ils sont essentiellement utilisés comme carburants, comme combustibles et comme bases pour la fabrication des huiles lubrifiantes. Ils constituent aussi la matière première des synthèses pétrochimiques.

Les hydrocarbures sont des composés organiques contenant les atomes de carbone et d'hydrogène avec parfois quelque atome d'azote ne formant pas des groupements fonctionnels (LEFEBVRE, 1978)

#### **I.2.2 Classification des hydrocarbures**

Les hydrocarbures pétroliers sont classés comme suite

##### ***I.2.2.1 Les hydrocarbures saturés***

Dans lesquels toutes les liaisons C-C sont des liaisons simples, c'est-à-dire résultent de la mise en commun de deux électrons (-C C-). On les appelle hydrocarbures saturés, car ils ne peuvent pas fixer d'éléments supplémentaires à ceux qui constituent leur molécule. (LEFEBVRE, 1978)

###### **I.2.2.1.1 Les alcanes linéaires**

(n-alcanes,  $C_nH_{2n+2}$ ), dont la longueur de chaîne varie de 7 à 40 atomes de carbone, constituent une des classes les plus abondantes (10 à 40 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier). (Soltani, 2004)

###### **I.2.2.1.2 Les alcanes ramifiés**

Les plus abondants sont les iso-alcanes (groupement méthyle en position 2), les autres composés ramifiés antéiso (groupement méthyle en position 3) ou polyramifiés tels que les isoprénoides (exemple : pristane, phytane) sont beaucoup moins nombreux. Ces composés se trouvent dans le pétrole brut dans des proportions sensiblement égales à celles des n-alcanes. Par contre le pétrole brut d'origine fossile ne contient en général pas d'alcènes. (Soltani, 2004)

###### **I.2.2.1.3 Les cycloalcanes**

Renferment des composés cycliques (à 5 ou 6 atomes de carbone) saturés et le plus souvent substitués. Quelques dérivés polycycliques sont aussi présents et certains d'entre eux tels les

stéranes et les triterpanes sont caractéristiques d'un pétrole brut. Cette famille peut représenter entre 30 et 50 % des hydrocarbures totaux d'un pétrole brut. (Soltani,2004)

### ***1.2.2.2 Les hydrocarbures insaturés***

Les hydrocarbures insaturés dans lesquels une ou plusieurs liaisons C-C sont des liaisons multiples, c'est-à-dire résultent de la mise en commun de quatre ou de six électrons. Ces composés ne sont pas saturés puisque, grâce aux électrons supplémentaires de leurs liaisons multiples, ils peuvent fixer certains éléments ; en particulier, par addition d'hydrogène ils peuvent se transformer en hydrocarbures saturés. (LEFEBVRE, 1978)

### ***1.2.2.3 Hydrocarbures aromatiques***

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des composés chimiques constitués de plusieurs cycles aromatiques juxtaposés. Le nombre théorique de HAP susceptibles d'être rencontrés est supérieur à 1000. Ils sont en général présents dans l'environnement sous forme de mélanges. Les HAP proviennent principalement des processus de pyrolyse et en particulier de la combustion incomplète des matières organiques. Ils sont surtout d'origine anthropique mais ils peuvent aussi être présents dans l'environnement de façon naturelle par l'intermédiaire des feux de forêts ou des volcans par exemple. Si l'on considère les sources d'exposition humaine, l'alimentation représente la première source d'exposition, suivie par la pollution intérieure, en particulier le tabagisme actif et passif et le chauffage, puis par la pollution extérieure. (J.-M. COSTES et V. DRUELLE 1997)

## **1.2.3 Les impacts des hydrocarbures sur l'environnement**

### ***1.2.3.1 Effets des hydrocarbures sur les propriétés physiques du sol***

Les hydrocarbures peuvent avoir plusieurs effets sur les propriétés physiques du sol, notamment la texture, la structure, la porosité et la perméabilité. Ces effets dépendent de plusieurs facteurs tels que la nature et la quantité des hydrocarbures, le type de sol et les conditions environnementales. L'exposition aux hydrocarbures peut entraîner une diminution de la stabilité structurale du sol, une augmentation de la densité apparente et une réduction de la porosité et de la perméabilité. Ces changements peuvent avoir des conséquences importantes sur la capacité du sol à retenir l'eau et les nutriments, ainsi que sur la croissance des plantes et la biodiversité. **(Kamaludeen, S. P., &Megharaj, M. (2016).**

### ***1.2.3.2 Effets des hydrocarbures sur la végétation***

Les hydrocarbures peuvent avoir des effets néfastes sur la végétation en fonction de leur concentration, de leur composition chimique et de la durée d'exposition. Les effets négatifs peuvent inclure la diminution de la croissance et de la productivité de la plante, des dommages aux feuilles et aux racines, ainsi que l'altération des processus physiologiques tels que la photosynthèse et la

respiration. Les effets peuvent également dépendre du type de plante et de son stade de développement

### **I.3 Généralités du sol**

#### **I.3.1 Définition**

Si l'on tient à la définition du dictionnaire, le sol est la « surface de la terre, aménagée ou on ». Le sol est le résultat d'un très lent processus d'altération et d'évolution de la roche mère (l'ensemble des couches géologiques qui forment la croûte terrestre) grâce aux pluies, aux gaz de l'atmosphère, aux végétaux, aux composés organiques.

En agriculture, c'est la couche la plus superficielle de l'écorce terrestre que l'homme utilise pour la production des plantes et l'élevage des animaux.

#### **I.3.2 Les différents types de sol**

Il y a 5 différents types de sols. Il est constitué du sous-sol qui accueille les racines longues et une réserve d'humidité, la terre arable que l'on utilise pour les plantations. Il y a 4 types de terre arable :

- ▶ **Le sable** : il est très peu compact et perméable.
- ▶ **L'argile** : qui absorbe et retient l'eau.
- ▶ **L'humus** : qui correspond à la décomposition des matières organiques (feuilles, herbes...).
- ▶ **Le calcaire** : qui entre dans la composition du sable et de l'argile.

Selon la proportion/répartition de ces quatre éléments dans le sol, on parlera de sol calcaire, sol argileux, sol humifère et sol sablonneux.

##### **I.3.2.1 Le sol sablonneux**

Le sol sableux (nommé aussi sol siliceux) est constitué d'eau moins 70% de sable, il est de couleur ni trop claire, ni trop foncée d'une texture assez riche et facile à travailler mais ne retient pas l'eau. Très difficile, voire impossible à compacter.

Le sol sablonneux se réchauffe assez rapidement du fait qu'il ne retient pas l'eau, il est sec et pauvre car il laisse filer les nutriments de la terre du fait qu'il est perméable à l'eau. **(HALITIM, 1988)**

##### **I.3.2.2 Le sol argileux**

C'est un sol lourd, humide, collant, compact, qui retient l'eau, mais qui évite aussi le dessèchement. **(HALITIM, 1988)**

##### **I.3.2.3 Le sol humifère**

C'est un sol fertile, il est de couleur foncée et est plutôt compact, ressemblant au sol argileux mais avec un apport nutritif bien plus élevé. **(HALITIM, 1988)**

Ce type de sol est assez gluant par temps de pluie et se tasse vite. Son défaut : son acidité qui peut limiter la plantation de certaines espèces.

##### **I.3.2.4 Le sol calcaire**

De couleur clair, c'est un sol qui est sec et très souvent friable en été et peut devenir boueux lors de grosses averses ; l'eau y pénètre facilement, il s'assèche vite dès les premiers rayons de soleil. Il

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

---

draine l'eau mais aussi les nutriments de la terre, donc moins d'apports nutritifs pour les plantes. Il se travaille assez bien dès le printemps. (HALITIM, 1988)

### ***1.3.2.5 Le sol franc***

Ce type de sol est un mélange équilibré de ces 4 types de sol. C'est le sol idéal pour toutes sortes de cultures florales ou potagères. (HALITIM, 1988)

### **1.3.3 Les constituants du sol**

Selon **Buttler (1992)**, un volume de sol est constitué d'éléments solides, liquides et gazeux :

#### ***1.3.3.1 La phase solide***

Elle comporte des éléments minéraux et organiques :

Les éléments minéraux résultent directement de la désagrégation mécanique et de la décomposition chimique des roches du substratum ou des matériaux apportés, alluvions, colluvions et dépôt éoliens, on distingue ainsi : les sables (2 mm-50 µm), les limons (50 µm-20 µm) et les argiles (< 2 µm) (**Rolland, 1988**).

Les proportions de ces dernières définissent la texture du sol et les façons dont sont assemblées ces particules élémentaires représentent la structure.

Les éléments organiques du sol sont constitués par des débris organiques : débris animaux (Détritus, Cire, ...), débris végétaux (feuilles, rameaux, racines tronc d'arbre) qui constituent la plus grande masse.

#### ***1.3.3.2 La phase liquide***

Selon **Rolland (1988)**, c'est le volume qui remplit partiellement ou totalement les espaces libres (pores) compris entre les particules solides du sol. Il est composé d'eau et de substances minérales ou organiques soluble dans l'eau. La présence de l'eau dans le sol est une importance fondamentale pour les raisons diverses à savoir :

\* L'eau est l'élément essentiel pour la fertilité de sol, car leur présence rend possible des réactions chimiques entre divers constituants du sol, et la naissance des néoformations des molécules soit minérale soit organique.

\*L'eau constitue l'unique solvant dans le sol et elle est l'unique transporteur de substance divers. Seul le mouvement de l'eau cause la translocation des substances tant dissoutes qu'en suspension.

#### ***1.3.3.3 La phase gazeuse***

Elle occupe les espaces libres laissés entre les particules solides du sol et qui ne sont pas remplis par la phase liquide, la phase gazeuse est composée de gazes de même que l'air : vapeur d'eau et d'O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N. Ces gazes provenant de l'altération des roches, de la décomposition des matières organiques et des apports par l'homme.

Ces constituants du sol s'organisent, au fur et à mesure qu'on passe à des niveaux d'organisation supérieurs en agrégats (**Rolland, 1988**).

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

### I.3.4 Les fonctions du sol

Le sol a de multiples fonctions, qui peuvent être facilement divisées en trois catégories : les fonctions écologiques, les fonctions technologiques et les fonctions sociologiques (Calvet, 2013).

#### I.3.4.1 Fonctions écologiques

##### I.3.4.1.1 Fonction « milieu biologique »

Le sol est un milieu propice à la croissance et au développement d'un grand nombre d'organismes, d'animaux et de plantes : c'est pourquoi il s'agit d'un milieu biologique. Cette fonction repose sur le fait que le sol constitue l'environnement physique, physico-chimique, chimique et biologique des organismes qu'il contient (Calvet, 2013).

##### I.3.4.1.2 Fonction environnementale

Cette fonction implique le rôle du sol dans la détermination de la qualité de l'eau, de l'air et de la chaîne alimentaire. La fonction environnementale est également liée à la qualité du sol lui-même (Calvet, 2013).

✓ **Fonction « puits et source »** dans les cycles biogéochimiques différents phénomènes se produisant dans le sol en font une véritable plaque tournante du cycle biogéochimique des éléments chimiques. Du point de vue de l'agriculture et de l'environnement, le rôle du sol est particulièrement important dans le cycle du carbone, de l'azote, du soufre et du phosphore (Calvet, 2013).

##### I.3.4.1.3 Fonction de réservoir biologique

Le grand nombre et la variété des organismes présents dans le sol en font une réserve biologique très importante de la biodiversité des écosystèmes terrestres (Calvet, 2013).

#### I.3.4.2 Fonctions technologiques

##### I.3.4.2.1 Fonction de support mécanique

Cette fonction convient aux plantes, mais aussi aux machines et outils agricoles. Ceci est important pour les agriculteurs, car elle fixe en grande partie les conditions d'intervention (Calvet, 2013).

### I.4 Classification botanique

Le haricot est classé, selon APG III (2009), comme suit :

Règne.....Plantae  
Sous-règne.....Tracheobionta  
Division.....Magnoliophyta  
Classe.....Magnoliopsida  
Sous classe.....Rosidea  
Ordre.....Fabales  
Famille.....Fabaceae  
Sous- famille.....Faboideae  
Tribu.....Phaseoleae  
Sous tribu.....Phaseolinae  
Genre.....*Phaseolus*  
Espèce.....*Phaseolus vulgaris* L

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

---



Figure 2 graine de *Phaseolus vulgaris*.



Figure 3 plantule de *Phaseolus vulgaris*.

### **II. Chapitre 2 : Matériel et méthode**

#### **II.1 Choix de l'espèce végétal**

Le matériel végétal utilisé correspond à un type de légumineuses : *Phaseolus vulgaris* L. cette espèce a été choisie en raison de leur utilisation au laboratoire comme plantes modèle pour des études de toxicologie de différents polluants. De plus, leurs utilisations dans de nombreux intérêts : croissance rapide, biomasse importante et taille cellulaire importante (ULRICH et al,1992).

#### **II.2 Préparation du sol**

Après l'échantillonnage sur le terrain, sols prélevés sont transportées au laboratoire, séchées à l'air libre et ensuite sont tamisées à 2mm pour éliminées les éléments grossiers et préparés pour l'analyse.

##### **II.2.1 Contamination de sol**

Le polluant utilisé dans notre étude est le pétrole brut, il a été mélangé avec l'eau distillé pour faciliter la pulvérisation sur le sol.

Ont divisé La quantité de sol en deux parties, et nous les avons pulvérisées avec deux concentrations de polluant.

Concentration faible : 5 ml de pétrole mélangé avec 100 ml de l'eau distillé dans 2 kg de sol

Concentration forte : 10 ml de pétrole mélangé avec 100 ml de l'eau distillé dans 2 kg de sol

Et bien mélangé le sol et le pétrole

#### **II.3 Analyse physique**

##### **II.3.1 Potentiel d'hydrogène**

La méthode la plus exacte pour mesurer le PH d'un sol consiste à utiliser un PH mètre qui donne directement la valeur du PH quand on plonge des électrodes en verre dans une solution obtenue en mélangeant l'échantillon du sol avec de l'eau distillée (DUCHAUFFOUR, 2001).

##### **II.3.1.1 Mode opératoire**

Peser 20g de l'échantillon (pollué et témoin) tamisé a 2mm

Ajouter 100ml de l'eau distillée, agiter pendant 10 minutes

Laisser au repos pendant 2 heures.

Mettre l'électrode dans la solution à analyser puis effectuer la mesure après la stabilisation de l'appareil.



Figure 4 ph mètre.

### II.3.2 Humidité hygroscopique

Hygromètre (teneur en eau de sol) La quantité dans un sol varie beaucoup avec le type de sol. Le paramètre important à prendre en compte est la quantité d'eau maximale retenue pour un sol, appelée la capacité au champ (CAC). L'humidité du sol, c'est la quantité d'eau qu'il contient. Elle dépend de la qualité du sol (structure et texture) et de sa capacité à retenir l'eau. Le taux d'humidité du sol détermine le développement des végétaux : la germination des semences, le développement du système racinaire, la croissance des tiges, la production des fleurs et des fruits ... Sur un sol sec ou humide, les cultures sont difficiles à conduire. En revanche, un sol drainé (ou sol frais) est capable de stocker l'eau nécessaire au développement de la végétation d'où vient son importance. On a déterminé la teneur en eau du sol par la méthode gravimétrique selon la norme NF ISO 1146. Le taux d'humidité s'exprime en %

#### II.3.2.1 Mode opératoire

- Peser 5g de chaque échantillons (pollué et témoin) tamisé à 2 mm.
- Sécher à l'étuve pendant 24 heures.
- Repeser les échantillons après le séchage.

Le taux d'humidité calculé selon la formule suivante :

**Taux d'humidité (%) :**  $(\text{la masse initial} - \text{la masse après le séchage} / \text{la masse initial}) * 100$

### II.3.3 La conductivité électrique (CE)

Selon DUCHAUFOR (1965), la conductivité électrique relate les teneurs en différents sels solubles contenues dans un milieu donné. Ces sels peuvent contenir des ions de sodium, de magnésium, de chlore et autres.

## Chapitre 2 : Matériel et méthode

Lorsque la concentration en sels est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie.

### **II.3.3.1 Mode opératoire**

Peser 5g de sol, mettre dans un bécher.

Ajouter 25 ml d'eau distillée.

Agiter pendant 2 min ;

Laisser reposer pendant 30 min ;

Filtrer

Refiltrer, pour obtenir une filtration claire.

Nous mesurons la conductivité électrique avec un conductimètre.



Figure 5 conductimètre.

## **II.4 Préparation des graines**

### **II.4.1 Sélections des graines**

Les graines ont été sélectionnées selon leur : morphologie, taille, et leur état sanitaire.

### **II.4.2 Désinfection**

Les graines sont trempées dans l'eau de javel pendant 10 minutes (élimination des micro-organismes), puis rincées avec l'eau de robinet 5 à 6 fois pour éliminer l'excès de l'eau de javel. Afin de faciliter et homogénéiser leur germination, les graines sont imbibées 3 heures dans les différentes concentrations des hydrocarbures dans l'eau

0.5 ml de pétrole brut dans 100 ml de l'eau distillé

1ml de pétrole brut dans 100 ml de l'eau distillé

Témoin dans 100ml de l'eau distillé

## Chapitre 2 : Matériel et méthode

### II.4.3 Mise en germination

Les grains sont mis en germination dans un plat en plastique contient un papier bien humidifié, en assurant une distance entre les graines pour éviter la contamination en cas d'une infection, avec une surveillance continue pour assurer l'humidité.

### II.4.4 Taux de germination

Pour calculer le taux de germination, nous avons compté les graines germées dans chaque plat, le nombre de ces graines sont ramenées au nombre total de graine pour obtenir le pourcentage de germination

#### II.4.4.1 La germination est calculée à partir de la formule

$$G (\%) = (\text{Nombre de graines germées} / \text{nombre de graine total}) \times 100$$

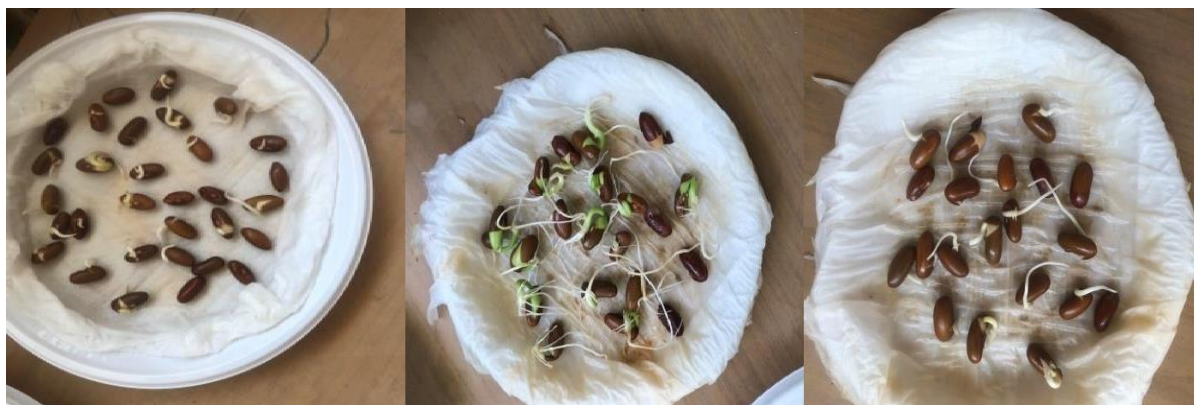


Figure 6 les graines germées utilisées pour la culture.

### II.4.5 Mise en culture

Le nombre des pots retenus dans notre expérimentation est 60 pots, nous avons fait plusieurs petits trous au fond, permettant ainsi un bon drainage de l'eau. Ensuite, nous avons rempli le fond de chaque pot avec environ 4/5 de la hauteur totale du substrat.

Nous avons installé deux graines de *Phaseolus vulgaris* sur chaque pot, nous avons recouverts avec du sol et enfin les arrosés généreusement.

Les pots ont été disposés sur une paillasse de laboratoire, orientés vers une position ensoleillée

## II.5 Effets toxiques des hydrocarbures sur le rendement des plantes

Les effets toxiques des hydrocarbures sur les plantes sont mis en évidence par l'évaluation des paramètres suivants : la hauteur des plantes, biomasse végétale et nombre de feuilles.

A la fin de l'expérience nous avons effectué des pesées pour estimer le poids de la matière fraîche. (BENALI et BENOUAER, 2014).

### II.5.1 Hauteur des plantes

Elle consiste à mesurer, en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée, la croissance en longueur des plants. Après la première semaine de culture nous avons procédé à mesurer la hauteur des plantes jusqu'à le jour de la récolte.

## Chapitre 2 : Matériel et méthode

### II.5.2 Nombre des feuilles

Après la première semaine de culture, nous avons procédé au comptage du nombre des feuilles pour chaque plante

### II.5.3 La biomasse aérienne

Il s'agit de prendre le poids de la partie aérienne des plantes de chaque lot à l'état fraîche. La partie aérienne étant séparée de la partie racinaire.

### II.5.4 La biomasse racinaire

Elle consiste à estimer le poids des racines, en suivant les mêmes étapes que pour la biomasse aérienne, après avoir bien nettoyé et rincé les racines

### II.5.5 Mesure des paramètres morphologiques

L'étude du matériel végétal a été réalisée par des observations et des mesures biométriques sur les racines, les tiges, les feuilles (Nombre des feuilles, hauteur de la tige, longueur de la racine), Au terme de chaque traitement, les plantes âgées de 21 jours sont séparées en racines, tiges et feuilles, chaque organe est pesé immédiatement pour la détermination de sa biomasse fraîche

### II.5.6 La croissance

Le processus de croissance qui un phénomène quantitativement mesurable correspond à une augmentation irréversible du poids et de la dimension (KOFER, 1980).

Afin de suivre la croissance, des mesures de la longueur des parties aériennes ont été réalisées.

Le développement racinaire a été étudié suivant une cinétique de 7 jours, 14 jours, 21 jours pendant les jours de culture

Table 1 les mesures biométriques des espèces étudiées.

| Croissance linéaire  | Organe végétatif mesuré         |           | Méthode utilisé                                                             | Unité |
|----------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
|                      | Hauteur de la plante            |           | Mesurée chaque 7 jours à l'aide d'une règle graduée                         | Cm    |
|                      | Nombre de feuilles              |           | La calcul de nombres de feuille a été réalisé chaque semaine                |       |
|                      | Longueur des racines            |           | Mesurée après la récolte avec une règle graduée                             | Cm    |
| Croissance pondérale | Biomasse Végétative fraîche MVF | Aérienne  | Le poids de la partie aérienne des plantes de chaque lot à l'état frais.    | G     |
|                      |                                 | Racinaire | Le poids de la parties racinaires des plantes de chaque lot a l'état frais. |       |

### III. Chapitre 3 : Résultats et discussion

Cette troisième partie montre les résultats des tests et leurs interprétation susceptibles de faciliter l'explication des divers effets des hydrocarbures sur l'espèce étudiée

#### III.1 Résultats des analyses effectuées sur le sol

##### III.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène des sols témoin, traité et pollué par les hydrocarbures

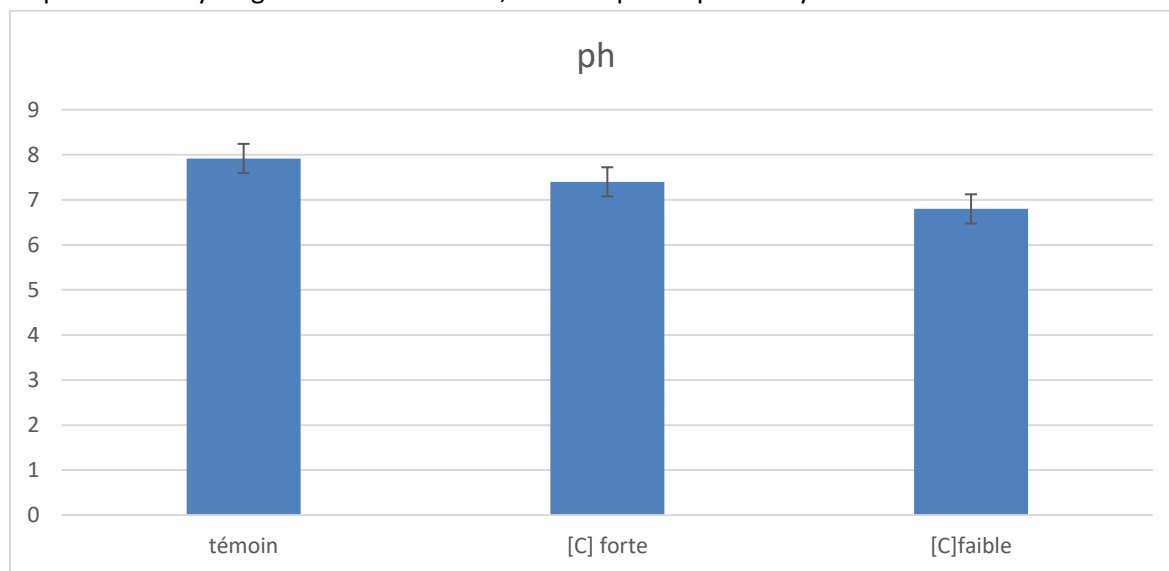


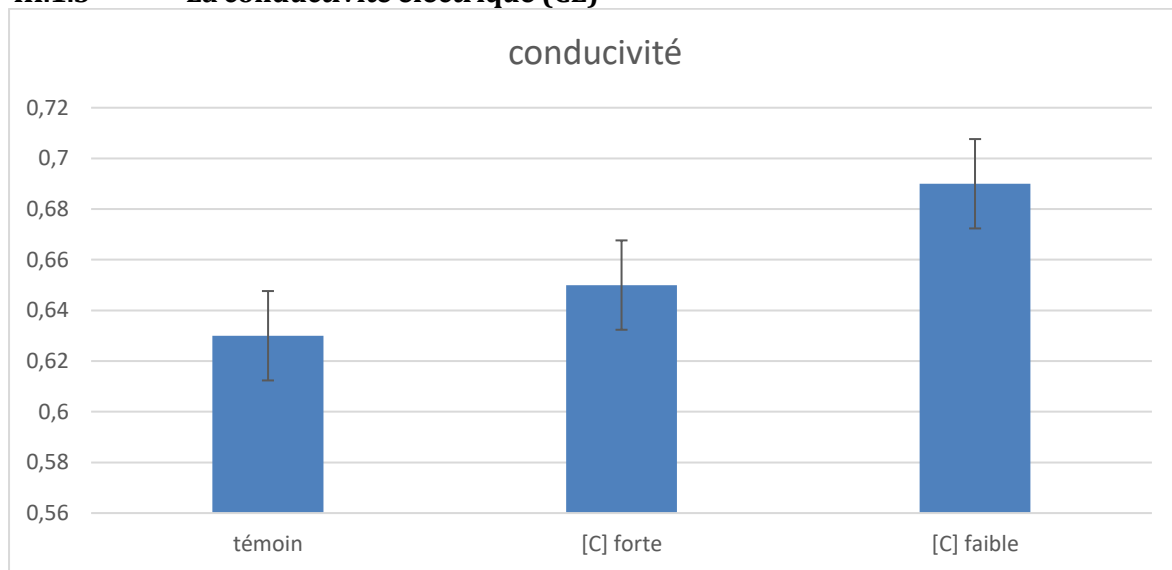
Figure 7 mesure de ph des trois sols cultivés par le haricot.

La figure fournit les concentrations de pH dans trois conditions différentes : le témoin, la concentration faible et la concentration forte. Le pH du groupe témoin est légèrement basique 7.92, tandis que le groupe avec une concentration faible montre un pH 7.6 similaire à celui du témoin. Cependant, dans le groupe avec une concentration forte 6.8, le pH est plus bas, indiquant une possible acidification du sol due à une contamination élevée par les hydrocarbures. Il est important de surveiller et de gérer les sols contaminés pour prévenir les effets néfastes sur l'environnement.

##### III.1.2 Humidité hygroscopique

Hygromètre L'analyse de l'hygrométrie montre que taux d'humidité est de 0,17 %. Ce qui justifie la nature de la texture de sol utilisé limoneux sableux pour le sol témoin , Les faibles teneurs en eau des échantillons peuvent d'une part être expliquées par les faibles humidités relatives des sols sahariens ( MONOD , 1999 ) , et un peu élevé de 1.62 % dans le sol polluée ce qui justifie la quantité des hydrocarbure présent dans Le sol contaminé , La continuité d'un film liquide autour des Particules assure une propagation rapide de l'activité microbienne , Dans un sol sableux suffisamment humide ( MOREL , 1989 ) .

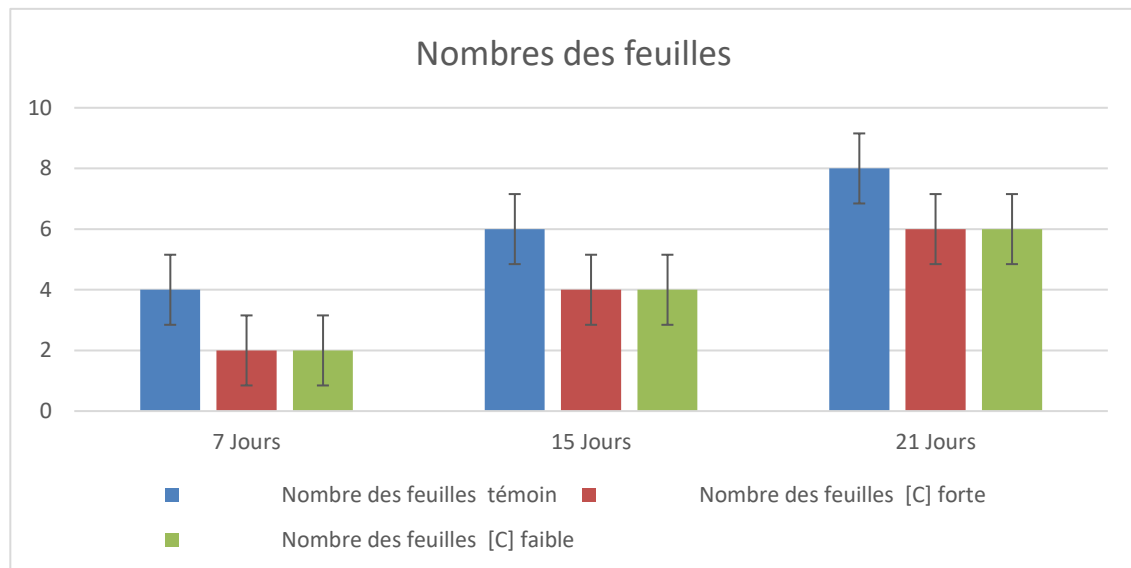
### III.1.3 La conductivité électrique (CE)



**Figure 8 mesure de conductivité électrique de trois sols cultivés par le haricot.**

La figure fournit Les valeurs de conductivités électriques dans les trois conditions différentes : le témoin est de (0,63 ms /cm), la concentration faible (0,65 ms/cm), la concentration forte (0,69 ms/cm), on trouve la valeur de conductivité dans les sols pollués sont supérieures de sol témoin, mais on considère comme des sols non salés d'après l'échelle de salinité de sol (USSS,1954)

### III.2 Effet des hydrocarbures sur Nombre des feuilles



**Figure 9 nombres des feuilles de *Phaseolus vulgaris* cultivé dans les trois sols.**

La figure montant le nombre des feuilles par plantes compté chaque semaine pendant 21 jours.

Nous remarquons que les plantes témoins affichent une évolution de nombre de feuille plus élevée que les plantes contaminées par une faible et forte concentration

Les résultats de la figure indiquent que les concentrations dans les groupes "Concentration faible" et "Concentration forte" sont inférieures à celles du groupe "Témoin" à chaque intervalle de temps. Cela suggère que la présence de contaminations par les hydrocarbures, qu'elles soient faibles ou fortes, réduit les niveaux de concentration par rapport aux conditions non traitées (groupe "Témoin").

Selon l'étude de CHAINEAU et al. (2000), la pollution du sol par les hydrocarbures entraîne une infiltration réduite de l'eau, ce qui affecte le développement des feuilles. Cette inhibition du développement végétal est due à la phytotoxicité des hydrocarbures, qui persiste pendant une longue période.

### III.3 Effet des hydrocarbures sur la hauteur des plantes

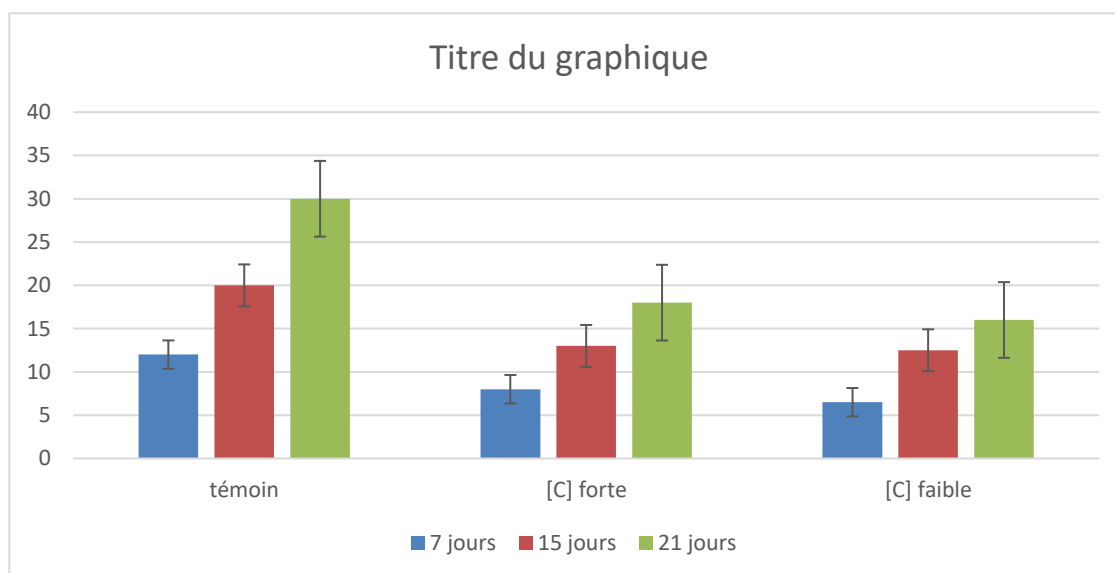


Figure 10 : hauteur de *Phaseolus vulgaris* cultivé dans les trois sols.

Les mesures de la hauteur des plantes ont été réalisées chaque semaine après mise en culture.

D'après la figure au bout de 21 jours, on remarque que les plantes de *Phaseolus vulgaris* ont atteint une hauteur de 30 cm dans le sol témoin, 18 cm dans le sol de la forte concentration et 16 cm dans le sol de concentration faible.

Nous avons remarqué que les moyennes des hauteurs des plantes dans le sol témoin est supérieur et augmente pendant toute la durée de la culture. Par contre, dans les sols contaminés nous avons observé un rythme de croissance moins important.

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

D'après CHAINEAU et al. (1996), la hauteur des plantes diminue avec l'augmentation de la concentration en hydrocarbures. Cela est dû la phytotoxicité des hydrocarbures qui inhibent, pour longue période, le développement de végétation

### III.4 Effet des hydrocarbures sur la longueur des racines

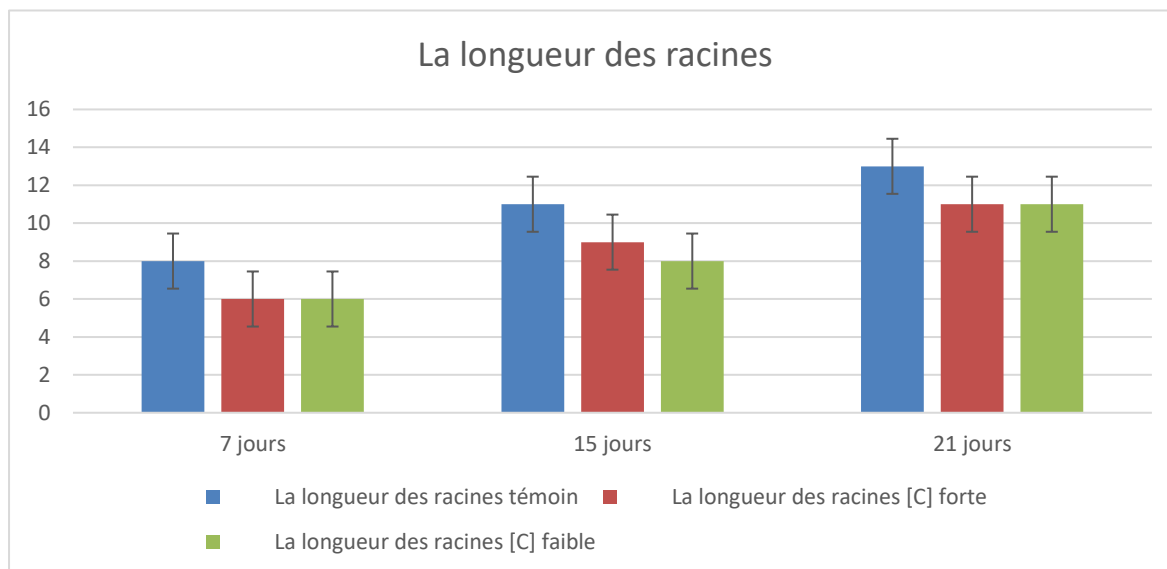


Figure 11 : longueur des racines de *Phaseolus vulgaris* dans les trois sols.

D'après les résultats de figure nous constatons que :

La longueur des racines des plantes du *Phaseolus vulgaris* mises dans les concentrations fortes et faibles ait une diminution remarquable par rapport au témoin.

Selon Norini (2007), la diminution de la croissance racinaire peut être due aux propriétés hydrophobes des hydrocarbures qui peuvent limiter l'effet bénéfique de l'association plantemicro-organismes qui est basée sur les flux de substance solubles. Cette atteinte des racines ne permet pas à la plante d'augmenter sa surface de contact avec le milieu de culture pour optimiser la nutrition minérale.

### III.4.1 Taux de germination

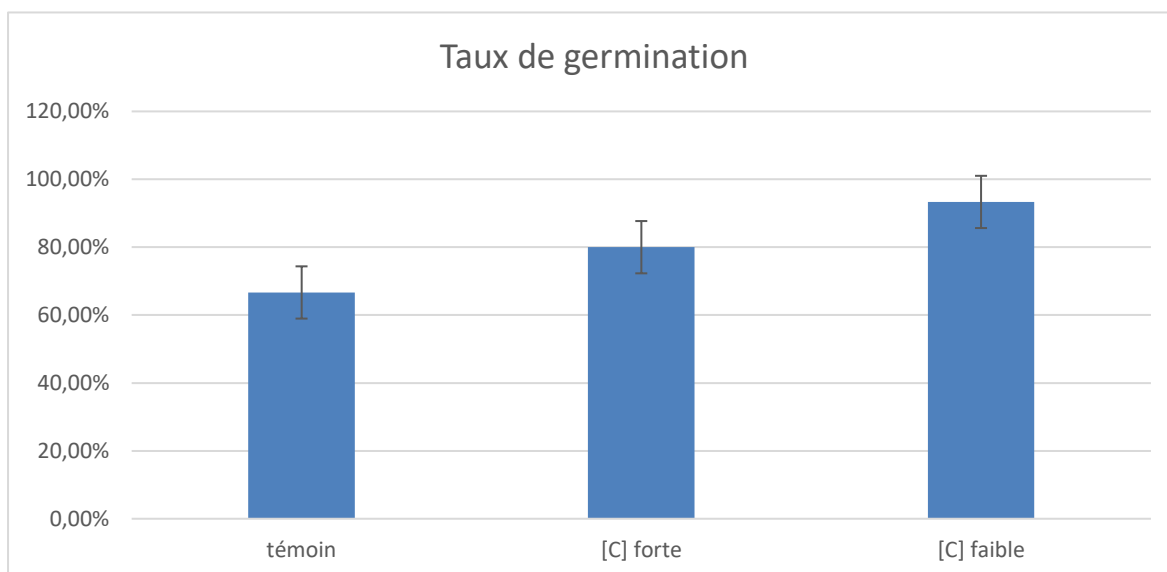


Figure 12 taux de germination des graines.

La capacité de germination correspond au pourcentage maximum de graines qui germent dans des conditions définies.

D'après la figure l'exposition des graines de *Phaseolus vulgaris* au pétrole brut au cours de la germination nous montre :

Une augmentation de taux de germination pour les graines stressées au pétrole brut 80%, 93,3 % dans les concentrations 0,5 ml /0,1l ,1ml / 0,1l par rapport au témoin dont le taux de germination est de 66,66%.

Ces résultats montrent que certains composés du pétrole brut ont agi comme des stimulants de la germination ou comme des sources de nutriments pour les graines.

### III.5 Effet des hydrocarbures sur La biomasse aérienne

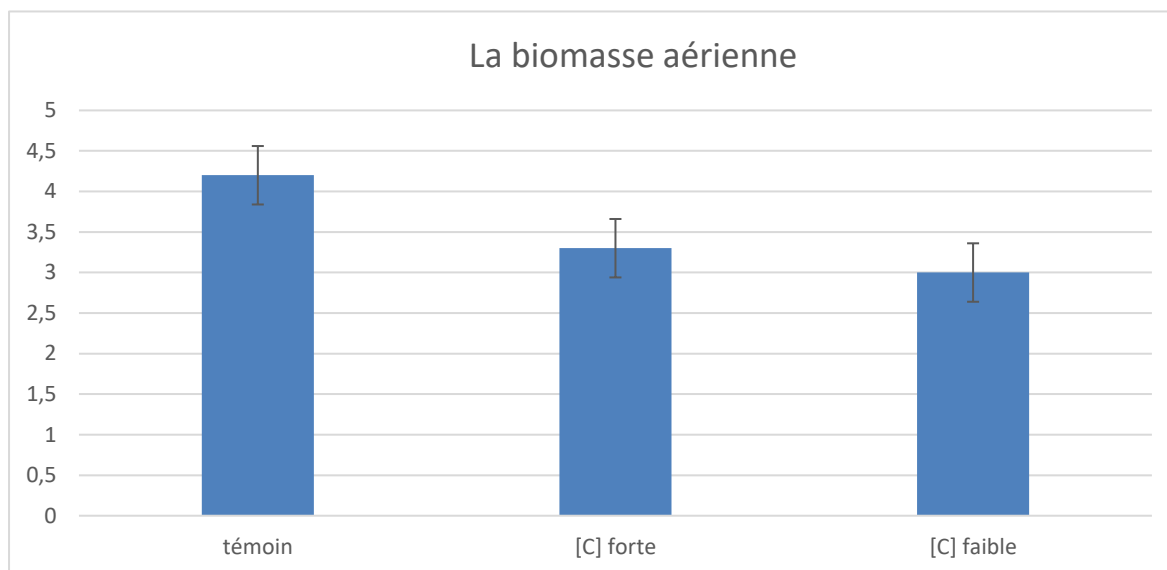


Figure 13 biomasse aérienne fraîche de *Phaseolus vulgaris* dans les trois sols.

D'après le graphique, nous observons que *Phaseolus vulgaris* présente les mesures de biomasse aérienne dans trois conditions expérimentales : témoin, faible concentration et forte concentration. La biomasse aérienne moyenne dans le groupe témoin est de 4,2, tandis que dans le groupe exposé à une faible concentration, elle est de 3,3.

Ces résultats montrent que *Phaseolus vulgaris* pris un poids remarquable malgré la présence du pétrole, ce qui explique sa tolérance à la pollution.

### III.6 Effet des hydrocarbures sur La biomasse racinaire

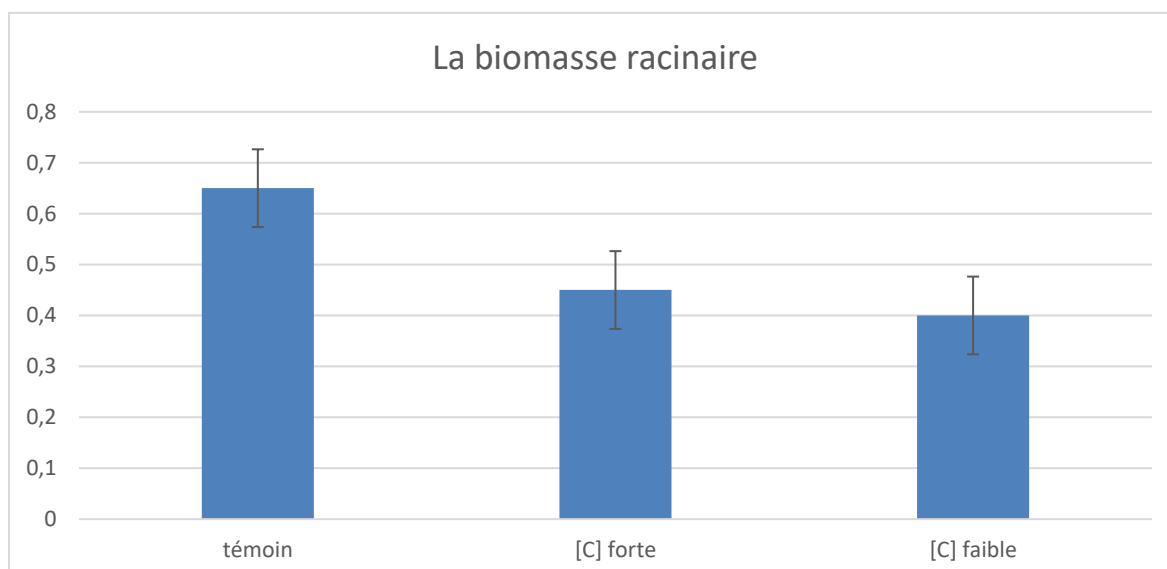


Figure 14 biomasse racinaire fraîche de *Phaseolus vulgaris* dans les trois sols.

La figure représente la biomasse aérienne d'haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans le sol témoin et les deux sols contaminés de différentes concentrations faible et forte.

Le haricot présente une biomasse racinaire de 0,65 g dans le sol témoin et une valeur de 0,45 g dans le sol contaminé de faible concentration et 0,4 g dans le sol de forte concentration

D'après ces résultats la biomasse racinaire du haricot a été affectée par la présence du pétrole dans le sol, cela peut dû à l'effet des carburants sur la croissance des racines ou bien au changement de propriétés du sol et/ ou à la diminution des éléments nutritifs qui sont essentiels pour leur développement du végétal.

### III.7 Discussion

La majorité des légumineuses, comme le haricot, ont la capacité de tolérer la pollution par les hydrocarbures. Cependant, les hydrocarbures ont un effet néfaste sur la biomasse aérienne des plantes en perturbant leur nutrition hydrominérale et en inhibant la croissance racinaire, ce qui entraîne une faible absorption d'eau et un développement réduit des plantes. La mesure du rendement d'un sol contaminé par les hydrocarbures se fait en évaluant la biomasse aérienne, et l'effet toxique des hydrocarbures se manifeste par un retard significatif de la croissance (Chaineau et al., 1997). Les hydrocarbures présents dans le sol entraînent une diminution de la croissance racinaire. Les résultats montrent que les sols non contaminés fournissent un environnement propice à la croissance des racines, avec un système racinaire bien développé et ramifié, tandis que les cultures dans les sols contaminés présentent une partie racinaire moins développée et moins ramifiée. Cette atteinte des racines peut être due aux changements des propriétés du sol et/ou à la diminution des éléments nutritifs essentiels à leur développement (Chaineau et al., 1997). Cependant, ces résultats sont contradictoires avec ceux de Liao (2015), qui a conclu que les sols pollués par le pétrole brut n'inhibent pas la croissance du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*). Les sols contaminés cultivés avec du haricot présentent une conductivité électrique moyennement salée. Ainsi, la présence d'hydrocarbures dans le sol contaminé n'a pas influencé la conductivité électrique, selon les travaux de Fayeuille (2013). Une légère diminution du pH est observée dans les sols contaminés par rapport au sol témoin, bien que l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative. Cette diminution peut être attribuée à la dégradation des hydrocarbures (Morel, 2012)

### Conclusion

La pollution des sols par les hydrocarbures est devenue un problème mondial majeur, causé par le développement industriel et les déversements accidentels ou volontaires. Les hydrocarbures présents dans le sol ont un impact négatif sur la croissance et le développement des plantes, en particulier sur les plantules de *Phaseolus vulgaris* L. Ce stress induit par les hydrocarbures se manifeste par une diminution de la croissance de la partie aérienne, une réduction du nombre de feuilles et des effets néfastes sur le système racinaire, entraînant une diminution du nombre et de la longueur des racines.

L'analyse des paramètres du sol, tels que le pH, la conductivité, l'humidité et les tests de germination, a révélé des variations significatives entre les sols pollués et non pollués. Cependant, au fil du temps, grâce à l'effet de la phytoremédiation, une amélioration progressive de ces paramètres a été observée, indiquant une réhabilitation du sol contaminé.

Ces résultats mettent en évidence l'impact négatif des hydrocarbures sur la croissance et le développement des plantes, ainsi que sur les propriétés du sol. La phytoremédiation, en particulier la phytoextraction, se présente comme une approche prometteuse pour la dégradation et l'élimination des hydrocarbures du sol. Les légumineuses, telles que *Phaseolus vulgaris* L., ont démontré une capacité significative à tolérer et à accumuler les contaminants.

Cette étude souligne l'importance de poursuivre la recherche et d'explorer davantage la phytoremédiation en tant que solution durable pour la dépollution des sols contaminés par les hydrocarbures. Comprendre les effets des hydrocarbures sur les plantes et les mécanismes de tolérance est essentiel pour développer des stratégies de réhabilitation adaptées. En exploitant le potentiel des plantes, notamment des légumineuses, nous pourrions trouver des moyens efficaces de restaurer la santé des écosystèmes affectés par la pollution par les hydrocarbures.

## Bibliographie

---

### Bibliographie

#### A

AIT TAYEB Z. ET TITOUCHE H., 2001. *Toxicité des hydrocarbures vis-à-vis des plantes (Phaseolus vulgaris L et Cicer arietinum L), du sol et essai de phytoremédiation. Memoire d'Ingénieur d'Etat en Biologie U.M.M.T.O. Pp 22- 68.*

Arif Tasleem Jan, Arif Ali, Qazi Mohd. Rizwanul Haq. Chapter 3 – Phytoremediation: A Promising Strategy on the Crossroads of Remediation

#### B

- Bhagawatilal Jagetiya, Anubha Sharma, Akash Soni and Umesh Kumar Khatik *Phytoremediation of Radionuclides: A Report on the State of the Art*

Buttler, A., 1992. *Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de neuchâtel.*

*Bull. Ecol., t.23 (3-4) pp 415-421.*

#### C

COLIN F., 2000. *Pollution localisée des sols et sous- sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC et DOC. 417p.*

CUNNINGHAM S. D., BERTI W.R., 1996. *Remediation of contaminated soil with green plants; an overview. In Vitro Cell. Dev. Biol. Vol.29.p :207-212.*

CLAUDE-HENRI CHAINEAU, JEAN-LOUIS MOREL,' AND, JEAN OUDOT *Microbial Degradation in Soil Microcosms of Fuel Oil Hydrocarbons from Drilling Cuttings VOL. 29, NO. 6, 1995*

## Bibliographie

---

*Calvet r., 2013. Le sol. Constitution, propriétés physiques, physico chimiques et chimiques ; organismes vivants : rôles, biodisponibilité de l'eau, des nutriments et des substances toxiques ; qualité des sols, relation avec la qualité de l'air et des eaux. Ed. France agricole.*

*CHAIANEU C.H., MOREL J.L., OUDOT J., 2000. Biodegradation of fuel oil Hydrocarbons in the rhizosphere of maize. Journal of Environmental Quality. Vol. 29. Pp: 569-578.*

*-CHAIANEU, C.H., MOREL J.L., OUDOT J., 1996. Biodegradation of fuel oil hydrocarbons in the rhizosphere of maize. International phytoremediation conference, May 8-10, Arlington, VA. International business communication, Southborough,*

### D

*DUCHAUFOR P., 1965. Précis de Pédologie. 2eme éd. Masson, Paris, 481p.*

*DUCHAUFOR P., 1994. Pédologie : sol, végétation, environnement. MASSON,.p 276*

### F

*Fayeulle A., 2013. Etude des mécanismes intervenant dans la biodégradation des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques par les champignons saprotrophes telluriques en vue d'applications en bioremédiation fongique de sols pollués. Thèse de doctorat , Ecole de doctorat 104 Science de la matière, du Rayonnement et de l'environnement ,204*

### G

*Girard C.M., Walter CH. et Berthelin J., 2005 : Sols et environnement. Edition DUNOD, Paris (France).436p.*

*GHOSH M., SNIGH S.2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. Asian Jenergy. Vol.6. N°4,18p.*

*G. LEFEBVRE,1978 : chimie des hydrocarbures*

### H

*Halitim, A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 184p.*

## Bibliographie

---

### J

J. M. Costes, V. Druelle. *Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'environnement : la réhabilitation des anciens sites industriels*. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 1997, 52 (4), pp.425-440. Ff10.2516/ogst :1997051ff. Ffhal-02079125f

### K

KAMATH R., RENTZ J.A., SCHNOOR J.L., ALVAREZ P.J., 2004. *Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils: principle and application*. In Rvazquez- du chalt and R. Quintero Ramirez (Eds). *Petroleum Biotechnology*. p119

Kofler. 1980. *Biologie et la physiologie de la croissance du gamétophyte des mousses*. 72(07) : 1317-1332

### L

• LECOMTE P., 1998. *Les sites pollués, traitement des sols et des eaux souterraines 2 ème édition* Lavoisier TEC & DOC. 204p.

Laurent DABOUINEAU<sup>1</sup>, Yann LAMY<sup>2</sup>, Philippe COLLAS : *Phytoremediation et phytorestauration. Ou L'utilisation des plantes pour la dépollution et l'épuration des eaux usées* Vol. 124 :8-15, 2005

### M

Meerts, P. (2003). *The history of phytoremediation: Origins, current status, and future prospects*. In *Soil Remediation and Plants: Prospects and Challenges* (pp. 3-28). Springer.

## Bibliographie

---

*Monod Th., (1957) : Notes biogéographiques sur le DJOUF. C. R. Soc. Bioéogr., t. 34, n 101-99, 294.*

Morel J.L ., 2014. Médiachimie.phytoremédiation des sols contaminés. Séries01. Sauramps medical. France. 82p.

### N

*NORINI M. P., 2007 : Ecodynamique des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et des communautés microbiennes dans des sols à pollution mixte (HAP, métaux) avant et après traitement par biopile et par désorption thermique : Influence de la rhizosphère et de la mycorhization. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy I. 243p.*

### S

*Shivendra Sharma et HardikPathak. BASIC TECHNIQUES OF PHYTOREMEDIATION*

*SOLTANI, 2004 : distribution lipidique et voies métabolique chez quatre bactéries gram-négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone*

### V

*Valeria D’Orazio Alaa` Ghanem Nicola Senesi (2013) Phytoremediation of PyreneContaminatedSoils by Different Plant Speciesmetalhyperaccumulation in plants : areviewfocusing on phytoremediationtechnology*

*Valérie Bert – anissa Hadj-sahraoui – Corinne Leyval Joël Fontaine – stéphanie Ouvrard. Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués*

## Annexe

### Annexe

#### Analyse physique de sol

##### Potentiel d'hydrogène

|    | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|----|--------|----------------------|---------------------|
| Ph | 7.92   | 7.4                  | 6.8                 |

##### La conductivité

| Sol          | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|--------------|--------|----------------------|---------------------|
| Conductivité | 0.63   | 0.65                 | 0.69                |

##### Nombres des feuilles

| Sol      | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|----------|--------|----------------------|---------------------|
| 7 jours  | 4      | 2                    | 2                   |
| 15 jours | 6      | 4                    | 4                   |
| 21 jours | 8      | 6                    | 6                   |

##### La hauteur des plantes

| Sol      | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|----------|--------|----------------------|---------------------|
| 7 jours  | 12     | 8                    | 6.5                 |
| 15 jours | 20     | 13                   | 12.5                |
| 21 jours | 30     | 18                   | 16                  |

##### La longueur des racines

| Sol      | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|----------|--------|----------------------|---------------------|
| 7 jours  | 8      | 6                    | 6                   |
| 15 jours | 11     | 9                    | 8                   |
| 21 jours | 13     | 11                   | 11                  |

##### Taux de germination

| Sol                 | Témoin  | Concentration faible | Concentration forte |
|---------------------|---------|----------------------|---------------------|
| Taux de germination | 66.66 % | 80 %                 | 93.33%              |

## Annexe

### La biomasse aérienne

| Sol               | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|-------------------|--------|----------------------|---------------------|
| Biomasse aérienne | 4.2 g  | 3.3 g                | 3 g                 |

### La biomasse racinaire

| Sol                | Témoin | Concentration faible | Concentration forte |
|--------------------|--------|----------------------|---------------------|
| Biomasse racinaire | 0.65 g | 0.45 g               | 0.4 g               |

### Les normes d'interprétation des résultats

PH (Baize, 1989)

| Valeurs du pH | Qualification          |
|---------------|------------------------|
| <4.5          | Extrêmement acide      |
| 4.6 à 5       | Très fortement acide   |
| 5.1 à 5.5     | Fortement acide        |
| 5.6 à 6.75    | Faiblement acide       |
| 6.75 à 7.3    | Neutre                 |
| 7.4 à 7.8     | Légèrement alcalin     |
| 7.9 à 8.4     | Moyennement alcalin    |
| 8.5 à 9       | Fortement alcalin      |
| >9.1          | Très fortement alcalin |

Conductivité électrique (Baize, 2000)

## Résumé

La pollution des sols par les hydrocarbures est devenue un problème d'envergure mondiale, le développement industriel, les développements accidentels et volontaires polluent de plus en plus nos écosystèmes, actuellement de nombreuses recherches sont axées sur de nouvelles méthodes plus écologiques telles que la phytoremédiation.

L'objectif principal de l'étude est de réhabiliter un sol pollué par les carburants en appliquant la technique de phytoremédiation. Plus précisément, l'efficacité des légumineuses, en particulier le *Phaseolus vulgaris* (haricot), est testée pour tolérer et réhabiliter les sols pollués par différentes concentrations d'hydrocarbures. Les résultats obtenus montrent des modifications apparentes dans les paramètres morphologiques des plantules cultivées dans un sol pollué par les hydrocarbures par rapport aux plantules témoins.

Les techniques de phytoremédiation abordées incluent la phytoextraction, la phytostabilisation, la phytovolatilisation et la phytodégradation. Ces approches offrent des avantages tels que la réduction des contaminants, la préservation de la fertilité du sol et des coûts maîtrisés.

## Abstract

Soil pollution by hydrocarbons has become a global problem, with industrial development and accidental or intentional actions increasingly polluting our ecosystems. Many research efforts are currently focused on developing new, more environmentally friendly methods such as phytoremediation. The main objective of this study is to rehabilitate soil polluted by fuels using the phytoremediation technique. Specifically, the effectiveness of legumes, particularly *Phaseolus vulgaris* (common bean), is tested in tolerating and rehabilitating soils polluted with different concentrations of hydrocarbons. The results obtained show apparent changes in the morphological parameters of seedlings grown in hydrocarbon-polluted soil compared to control seedlings. The phytoremediation techniques discussed include phytoextraction, phytostabilization, phytovolatilization, and phytodegradation. These approaches offer benefits such as reducing contaminants, preserving soil fertility, and controlled costs.

Keywords : pollution, hydrocarbons, phytoremediation

*Phaseolus vulgaris*.

## المخلص

أصبح تلوث التربة بالهيدروكربونات مشكلة عالمية كبيرة، حيث يتسبب التطور الصناعي والتطورات العرضية والتمتعمة في تلويث نظمنا البيئية بشكل متزايد. حاليًا، يتم التركيز على العديد من الأبحاث في تطوير أساليب جديدة أكثر صديقة للبيئة مثل التطهير النباتي. الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو إعادة تأهيل تربة ملوثة بالوقود باستخدام تقنية التطهير النباتي. وتحديدًا، يتم اختبار كفاءة البقوليات، وخاصة *(Phaseolus vulgaris)* الفاصوليا العادية، في تحمل وإعادة تأهيل التربة الملوثة بتركيزات مختلفة من الهيدروكربونات. تظهر النتائج المستخلصة تغيرات واضحة في المعايير المورفولوجية لبادرات النباتات المزروعة في تربة ملوثة بالهيدروكربونات مقارنة ببادرات النباتات الشاهدة. تشمل تقنيات التطهير النباتي المناقشة استخلاص النباتات، وتثبيت النباتات، وتطاير المركبات العضوية النافعة، وتحلل النباتات للملوثات. توفر هذه النهج مزايا مثل تقليل الملوثات، والحفاظ على خصوبة التربة، وتكاليف محتومة. كلمات مفتاحية: تلوث، هيدروكربونات، معالجة نباتية، فاسولوس، فولغاريس.