

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**  
**Faculté des Sciences Biologiques et sciences Agronomiques**  
**Département de Biologie**



# *Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Protection de l'environnement

## **Thème :**

Etude de l'influence de la pollution aux hydrocarbures sur quelques propriétés physiques et chimiques du sol; cas de la station- service de Fréha.

Présenté par : M<sup>elle</sup> LAMIRI Farroudja et M<sup>elle</sup> NEZLIOUI Hassina.

Devant le jury composé de :

<b>Promotrice</b>	<b>: Mme LAMRI T</b>	<b>M.A.A. à UMMTO.</b>
<b>Co-promotrice</b>	<b>: M<sup>elle</sup> Ali Ahmed S</b>	<b>M.A.A. à UMMTO.</b>
<b>Présidente</b>	<b>: Mme TALEB K</b>	<b>M.C.A. à UMMTO.</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>: Mme SADOUDI D</b>	<b>Professeur à UMMTO.</b>

Soutenu publiquement le 27 septembre 2017.

Promotion : 2016 - 2017

## Remerciements

---

*Nous tenons à remercier Dieu de nous avoir donné la force et la bonne santé, la volonté et le courage de mener à bon terme ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier Mme LAMRI T., Maitre-assistante au département de Biologie à L'U.M.M.T.O qui nous a orientée, aidée dans la réalisation des analyses pédologiques du sol et guidée à fin de mener à bien ce travail.*

*Il nous est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à M<sup>elle</sup> Ali Ahmed S., Maitre-assistante au département de Biologie à L'U.M.M.T.O d'être Co-promotrice et de nous avoir guidé au cours de ce travail. Nous lui exprimons notre reconnaissance pour ses précieux conseils qui nous ont aidés dans l'élaboration de ce travail.*

*Nous tenons à remercier également les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail ;*

*À la présidente Mme Taleb K., Maitre de conférences au département de Biologie à l'U.M.M.T.O.*

*À Mme Sadoudi D., Professeur au département de Biologie à l'U.M.M.T.O. pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à*

*L'élaboration de ce mémoire.*

## Remerciements

---



## Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents : *Ali & Dhrifa*,

A mes très chères sœurs : *Louiza, Karima, Djedjiga et Samia*

A mes petites nièces : *Thiziri & Thanina*

A mes chères copines : *Zakø, Nassou & Nassou, Djidji Amel, Hayet, Mira, Dadi, Fadila & saliha...*

A mes très chers amis: *Moh & Mouloud*

A ma chère copine et binôme : *Hassi et sa famille*

A toute la promotion Protection de  
l'Environnement (2016/2017)

A toutes personne qui ma aidée de loin ou de près  
pour réaliser ce présent travail.

*Farroudja.*





# *Dédicace*

A mes très chers parents : *Kamel et Malika*

A ma sœur *Rezika* et mes deux frères  
*Ghiles et Yanis*

A ma copine et binôme *Féri*

A tous mes ami(e)s

A toutes la promotion protection de  
l'environnement 2016/2017

A toutes personnes qui mon aider de loin ou de  
près pour réaliser ce modeste travail

*HASSINA.*



# Table des matières

---

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : synthèse bibliographique</b> .....	2
<b>I. Généralité sur le sol</b> .....	2
I.1. Définition du sol .....	2
I.2. Les propriétés du sol .....	2
<b>II. Généralité sur les hydrocarbures</b> .....	3
II.1. Définition des hydrocarbures .....	3
II.2. La classification des hydrocarbures .....	3
II.2.1. les hydrocarbures aromatiques .....	3
II.2.2. Les hydrocarbures saturés .....	3
II.2.3. Les hydrocarbures insaturés .....	3
<b>III. Contamination des sols par les hydrocarbures</b> .....	4
III.1. La sources et origines des hydrocarbures dans le sol .....	5
III.2. Le comportement et devenirs des hydrocarbures dans le sol .....	6
III.3.l'effet écotoxicologique des hydrocarbures .....	8
<b>III.4.1.Effet sur le sol</b> .....	8
III.4.1.1.Effet sur l'aspect physique .....	8
III.4.1.2.Effet sur l'aspect chimique .....	8
III.4.1.3.Effet sur l'aspect biologique .....	8
<b>III.4.2.Effet sur le végétale</b> .....	9
<b>III.4.3.Effet sur la santé humaine</b> .....	9

---

# Table des matières

---

## Chapitre II : Matériels et méthodes

<b>I.</b>	<b>Présentation de la station service de Freha</b>	10
	I.1. Localisation et description de la région de Freha	10
	I.2. Etude climatique	11
	I.2.1. Les températures	12
	I.2.2. Les précipitations	12
<b>II.</b>	<b>Synthèse climatique des régions d'étude</b>	12
	II.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausсен	12
<b>III.</b>	<b>Matériel</b>	13
	Le Sol	13
<b>IV.</b>	<b>Méthodes</b>	14
	IV.1. Prélèvement des échantillons	14
	IV.2. Analyse des échantillons	14
	IV.3. Méthodes d'analyse	14
	a. Détermination du pH du sol	14
	b. Estimation de l'humidité du sol	15
	c. La perméabilité	15
	d. Mesure de la conductivité électrique du sol	15
	e. Le calcaire total	15
	f. La température	16
	g. Dosage des anions	16
	- Les carbonates	16
	- Les bicarbonates	16
	- Les chlorures	16
	<b>III.4. Analyses statistiques</b>	16

## Chapitre III : Résultats et discussions

<b>I.</b>	<b>Résultats des analyses</b>	17
	1. Le potentiel hydrogène	17
	2. L'humidité hygroscopique	18
	3. La perméabilité	19

---

# Table des matières

---

4. Conductivité électrique .....	21
5. Le calcaire total .....	22
6. La température du sol .....	24
7. Le dosage des anions .....	25
- Les carbonates .....	25
- Les bicarbonates .....	25
- Les chlorures .....	27
<b>II. Discussion</b> .....	28
<b>Conclusion</b> .....	30
<b>Références bibliographiques</b> .....	31
<b>Annexes</b> .....	34

---

## Listes des tableaux et figures

---

### Listes de tableaux :

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	La classification des hydrocarbures et quelques substances.	<b>4</b>
<b>II</b>	Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures.	<b>6</b>
<b>III</b>	Les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de la station ONM de Tizi-Ouzou pendant 10 ans (2007-2016)	<b>12</b>
<b>IV</b>	Les précipitations mensuelles de la station ONM de Tizi-Ouzou durant 10 ans (2007-2016).	<b>12</b>
<b>V</b>	Les résultats de l'analyse statistiques des valeurs du pH des sols étudiés.	<b>17</b>
<b>VI</b>	Test de Newman-Keuls des valeurs du pH des sols étudiés.	<b>18</b>
<b>VII</b>	Les résultats de l'analyse de variance de l'humidité.	<b>19</b>
<b>VIII</b>	Le test de Newman-Keuls de l'humidité des sols étudiés.	<b>19</b>
<b>IX</b>	L'analyse de la variance de taux de perméabilité des sols étudiés.	<b>20</b>
<b>X</b>	Test de Newman et Keuls pour la perméabilité des sols étudiés.	<b>20</b>
<b>XI</b>	Les résultats de l'analyse de variance de la conductivité électrique	<b>21</b>
<b>XII</b>	Test de Newman-Keuls de la conductivité électrique des sols étudiés	<b>22</b>
<b>XIII</b>	Résultats de l'analyse de variance de taux de calcaire total des sols étudiés.	<b>23</b>
<b>XIV</b>	Test de Newman-Keuls de la teneur en calcaire total des sols étudiés.	<b>23</b>
<b>XV</b>	Résultats de l'analyse de variation des températures des sols étudiés.	<b>24</b>
<b>XVI</b>	Test de Newman Keuls des valeurs de température des trois sols étudiés.	<b>25</b>
<b>XVII</b>	L'analyse de la variance pour le taux de bicarbonate des sols étudiés.	<b>26</b>
<b>XVIII</b>	Le test de Newman et Keuls pour le taux de bicarbonate des sols étudiés	<b>26</b>
<b>XIX</b>	Analyse de la variance de la teneur en chlorure des sols étudiés.	<b>27</b>
<b>XX</b>	Le test de Newman et Keuls pour le taux de chlorure des sols étudiés.	<b>28</b>

---

## Listes des tableaux et figures

---

### Listes des figures :

<b>Figures</b>	<b>titre</b>	<b>page</b>
<b>1</b>	Devenir des hydrocarbures dans l'environnement.	<b>7</b>
<b>2</b>	Situation géographique de la région de Freha.	<b>11</b>
<b>3</b>	Localisation de la station-service de Freha.	<b>11</b>
<b>4</b>	Diagramme ombrothermique de la région de Fréha.	<b>13</b>
<b>5</b>	Les valeurs de pH des sols étudiés.	<b>17</b>
<b>6</b>	Taux d'humidité des sols étudiés	<b>18</b>
<b>7</b>	Taux de perméabilité dans les sols étudiés.	<b>19</b>
<b>8</b>	Taux de la conductivité électrique des sols étudiés.	<b>21</b>
<b>9</b>	Taux de calcaire des sols étudiés.	<b>22</b>
<b>10</b>	Les valeurs de la température.	<b>24</b>
<b>11</b>	taux de bicarbonates des sols étudiés.	<b>25</b>
<b>12</b>	valeurs de chlorures des sols étudiés.	<b>27</b>

### Listes des annexes :

#### **Annexe I : les normes d'interprétations**

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>
<b>01</b>	Interprétation des valeurs du pH.
<b>02</b>	Interprétation des valeurs de CE.
<b>03</b>	Interprétation des valeurs du calcaire total.
<b>04</b>	Interprétation des valeurs de la perméabilité.

#### **Annexe II : les résultats d'analyses.**

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>
<b>01</b>	Les résultats d'analyses du pH
<b>02</b>	Les résultats d'analyses de l'humidité (%)
<b>03</b>	Les résultats d'analyses de la Conductivité Electrique (mmhos/cm)
<b>04</b>	Les résultats d'analyses du Calcaire total (%)
<b>05</b>	Les résultats d'analyses de la Perméabilité (cm/h)
<b>06</b>	Les résultats de la mesure de Température (°C)
<b>07</b>	Les résultats d'analyses des sels solubles

---

# Introduction générale

---

Depuis plusieurs années, la problématique des terrains contaminés est un enjeu considérable, qui peut être due à l'exploitation minière, aux activités pétrolières, ou autres. La contamination par les hydrocarbures est rependue à travers le monde. Cela est probablement dû à la forte dépendance du pétrole comme principale source d'énergie (Tarayre, 2012).

La pollution par les hydrocarbures constitue une menace très sérieuse pour l'environnement ; les émissions d'hydrocarbures dans les divers biotopes terrestres et aquatiques provoquent d'importantes modifications dans les apports aux trois compartiments de la biosphère en comparaison des flux naturels (Ramade, 1992).

La pollution des sols a pris au cours des dernières décennies des dimensions de plus en plus préoccupantes tant par la multiplicité de ses causes que par l'ampleur croissante des surfaces affectées au point de devenir un problème majeur d'environnement et de santé publique (Ramade, 2005).

Selon Colin (2000), les activités humaines sont à l'origine de nombreuses contaminations localisées ou diffuses au niveau des sols et des sous sols (Koller, 2009).

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressées à la pollution du sol par les hydrocarbures, du fait que cette matrice soit le récepteur de toutes les pollutions d'origine naturelles ou anthropiques, dont elle doit assurer le transfert, l'accumulation ou la dégradation (Robert, 2001 ; Thorett, 2006)

L'étude consiste en une évaluation de l'effet des carburants (essence et gasoil) sur quelques propriétés physico-chimiques du sol, selon un gradient de pollution. Le cas que nous avons étudié concerne la station-service à Fréha « AILAM », étant donné que celle-ci représente une large proportion parmi les autres sources de pollution. On site Walid Nemer (2015) qui a fait une étude pédologique et floristique de différents sols selon un gradient de pollution des trois stations-service : Fréha, Tawrirt et Agouni Ocharki.

Notre travail est scindé en trois chapitres :

1. Le premier chapitre est consacré à une revue bibliographique relative au sol, aux hydrocarbures et à la pollution du sol par ces derniers.
2. Le second chapitre nous renseigne sur quelques coordonnées sur la région d'étude, le matériel et les méthodes utilisés dans ce travail qui consiste à étudier les effets des hydrocarbures sur quelques paramètres du sol tel que : le pH mètre, l'humidité hygroscopique, la perméabilité, la conductivité, le calcaire total, la température et les sels solubles.
3. Dans le troisième chapitre sont présentés les résultats obtenus et leur discussion. Le mémoire se termine par une conclusion générale et quelques perspectives.

# Synthèse bibliographique

---

## I. Généralités sur le sol

Le sol constitue un compartiment essentiel des écosystèmes en raison de multiples phénomènes dont il est le siège. Ces phénomènes irréversibles sont à l'origine de la fonction environnementale ou encore de la fonction écologique du sol (Calvet, 2013).

### I.1. Définition du sol

Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre (Gobat et *al.*, 2010). Ce qu'on appelle couramment "sol" est beaucoup mieux désigné par le terme de couverture pédologique (Baize et Jabiol, 1995).

Le sol repose sur le sous-sol rocheux. Il est un milieu hétérogène, polyphasé, dispersé et poreux. C'est le substrat habituel de la croissance des plantes (Lemière et *al.*, 2001).

### I.2. Propriétés du sol

La reconnaissance des sols est basée sur l'identification de leurs paramètres physico-chimiques (Duchaufour, 1994).

- a) La texture reflète la part respective des constituants triés selon leur taille (Gobat et *al.*, 2010). Le triangle des textures indique à quel type appartient le sol considéré (Koller, 2004).
- b) La structure traduit la façon dont les particules terreuses sont disposées les unes par rapport aux autres (Koller, 2004).
- c) L'aération a des conséquences importantes sur la plupart des phénomènes biologiques du sol, qu'il s'agisse de l'implantation et du fonctionnement du système racinaire ou de l'activité des micro-organismes (Koller, 2004).
- d) La température influence la vitesse et l'intensité de nombreux processus biologiques et physiques : germination, croissance racinaire, activité de la microflore, ... etc (Koller, 2004).
- e) La perméabilité est l'aptitude du sol à laisser passer l'eau vers les couches inférieures, elle dépend de la texture et de la structure (Koller, 2004).
- f) Le pH est un indice induisant le degré d'acidité ou de basicité du milieu, il est exprimé par la relation:  $\text{pH} = \log (1/ [\text{H}^+])$  (Koller, 2004).
- g) La conductivité électrique d'une solution est un indice de teneurs en sels solubles dans le sol, donc elle exprime le degré de la salinité du sol (Mathieu et Pieltain, 2003).

- h) Les organismes vivants du sol sont essentiellement des bactéries, des champignons et des algues dont la biomasse est très élevée. Tous participent à la formation et à l'évolution du sol, en particulier de sa fraction organique (Gobat et *al.*, 2010).

### **II. Généralités sur les hydrocarbures :**

#### **II.1. Définition des hydrocarbures**

Les hydrocarbures constituent un groupe de produits chimiques organiques de structures très variées, qui sont constituées uniquement de carbone et d'hydrogène (Picot et Montando, 2013).

Les hydrocarbures regroupent différents produits pétroliers (pétrole brut, pétrole raffiné, kérosène, essence, fuel, lubrifiant, huiles à moteurs) (Lemière et *al.*, 2001). Ils constituent la fraction la plus importante d'un brut pétrolier, ils représentent entre 65 et 95 % de la plupart des pétroles bruts (Morgan et Watkinson, 1989).

#### **II.2. Classification des hydrocarbures :**

Selon Colin(2000),Franennec et *al.* , (1998), Picot et Montandon (2013) et Soltani (2004), les hydrocarbures sont classés comme suite dans le tableau I.

## Synthèse bibliographique

---

**Tableau I** : la classification des hydrocarbures et quelques substances.

Famille	Sous-familles	Substances (liste non exhaustive)
<b>Les hydrocarbures saturés</b> : La chaîne carbonée est constituée uniquement de liaisons simples.	Alcanes	Méthane Ethane Propane Butane et isobutane Pentanes Hexanes ...
	Cyclanes	Cyclopropane Cyclobutane Cyclopentane...
<b>Les hydrocarbures insaturés</b> : Possèdent une ou plusieurs liaisons doubles (les alcènes) ou triple (les alcynes) liaisons entre les atomes de carbone	Alcènes	Éthylène Propylène Butènes Butadiènes Isoprène...
	Cyclènes	Cyclopentène Cyclohexène...
	Alcynes	Acétylène Méthylcétylène...
<b>Les hydrocarbures aromatiques</b> : familles qui ont le nombre de noyaux varie de 2 à 6. Ces composés sont dominés par des composés mono-, di- et tri-aromatiques et ne représentent que 10 à 30% des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier	Monocycliques	Benzène Toluène Ethylbenzène Xylènes
	Polycycliques	Naphtalène Anthracène Phénanthrène Pyrène...

### III. Contamination du sol par les hydrocarbures

Le sol est dit contaminé lorsqu'une substance potentiellement dangereuse est introduite dans le milieu naturel quelque soit sa teneur (Jeannot et *al.*, 2001). La contamination des sols par les hydrocarbures occupe une position particulière en raison de la toxicité de certaines d'entre eux, ainsi que les quantités importantes susceptibles d'être introduites dans le sol (Faccendini, 1995).

## III.1. Source de contamination des hydrocarbures dans le sol

La contamination du sol par les hydrocarbures c'est un phénomène qui s'est accentué ces dernières années avec l'augmentation remarquable de la consommation des hydrocarbures.

Les hydrocarbures peuvent être libérés dans l'environnement par des phénomènes naturels. Mais la majorité des sources de pollution des sols par les hydrocarbures sont d'origine anthropique.

Battaz (2009) distingue différentes sources d'hydrocarbures dans l'environnement selon qu'elles soient liées :

- au transport ;
- à l'exploitation des gisements ;
- aux rejets telluriques ;
- aux sources naturelles ;
- aux retombées atmosphériques

Les hydrocarbures s'accumulent dans l'environnement lors de l'utilisation du pétrole et de ses dérivés (gasoil, kérosène,...), de la combustion incomplète où la pyrolyse de matières organiques (combustible fossile) (Bertrand et *al.*, 1989).

Les produits pétroliers, notamment dans les stations services, sont parmi les principales causes de pollution du sol à cause des déversements des hydrocarbures lors du remplissage des cuves de stockage de la station ou de la distribution de carburants, lors d'une fuite dans les réservoirs ou dans les canalisations entre les citernes et les ilots de pompes. C'est une pollution ponctuelle (Colin, 2000).

Selon Colin(2000), les sources de pollution du sol sont diverses et leurs disséminations au niveau du sol et sous-sol présente des structures spatiales et très hétérogènes. La pollution engendrée peut être :

- diffuse : concerne d'importante surface et proviennent essentiellement de déversement ou épandage de produits liquides ou solides ou de retombées atmosphériques.
- ponctuelle : ne concerne que des surfaces limitées (exemple : stations-services).

La pollution par les hydrocarbures est en général :

- soit chronique se traduisant par des rejets continus tant en qualité qu'en quantité; ex : Les rejets aqueux de raffineries.
- soit accidentelle se traduisant par des rejets ponctuels massifs de produits dans l'espace et dans le temps se caractérisant par des déversements très localisés d'importantes quantités de produits bruts ; ex : la rupture de pipelines lors du transport des hydrocarbures, des accidents et renversement des camions citernes (Chaineau et *al.*, 2000).

# Synthèse bibliographique

---

## III.2. Comportement et devenir des hydrocarbures dans le sol :

Selon Cedre (2009), les déversements d'hydrocarbures pétroliers lors de pollutions impliquent principalement quatre types de produits aux comportements très différents selon leurs propriétés (tableau II).

**Tableau II:** Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures.

<b>Nature de l'hydrocarbure</b>	<b>Persistance/Evaporation</b>
<b>Produits raffinés légers</b> <b>Essence</b>	Persistance très faible, Evaporation rapide(en quelques heures)
<b>Produits raffinés moyens</b> <b>Gazole, kérosène, fioul domestique</b>	Persistance faible Evaporation forte (autour de 40% en 24 heures)
<b>Produits raffinés lourds</b> <b>Fiouls lourds et résidus opérationnels</b>	Persistance moyenne Evaporation faible (généralement inférieure à 10%)
<b>Résidus</b> <b>Bruts paraffiniques dont le point d'écoulement est supérieur à la température de l'eau.</b>	Persistance forte Hydrocarbures solides ou liquides et très visqueux Evaporation très faible

Dés que les hydrocarbures se déversent dans le milieu ils vieillissent et ils sont soumis à des processus d'altération et de modification de leurs propriétés physico-chimiques initiales. Les processus qui entraînent les changements physiques et chimiques sont : l'évaporation, la dissolution et la biodégradation (Fattal, 2008).

### **a) L'évaporation (Volatilisation) :**

Le passage d'un hydrocarbure fluide à sa forme gazeuse est plus ou moins long. Il dépend des conditions climatiques (vent et température), du type de pétrole et de l'épaisseur de la nappe (Fattal, 2008).

### **b) La dissolution :**

La dissolution est un processus de dissociation des molécules du pétrole dans l'eau (Fattal, 2008). Plus la solubilité est grande, plus la substance sera susceptible de se dissoudre dans les eaux souterraines et de migrer loin de la zone source.

### **c) La dégradation :**

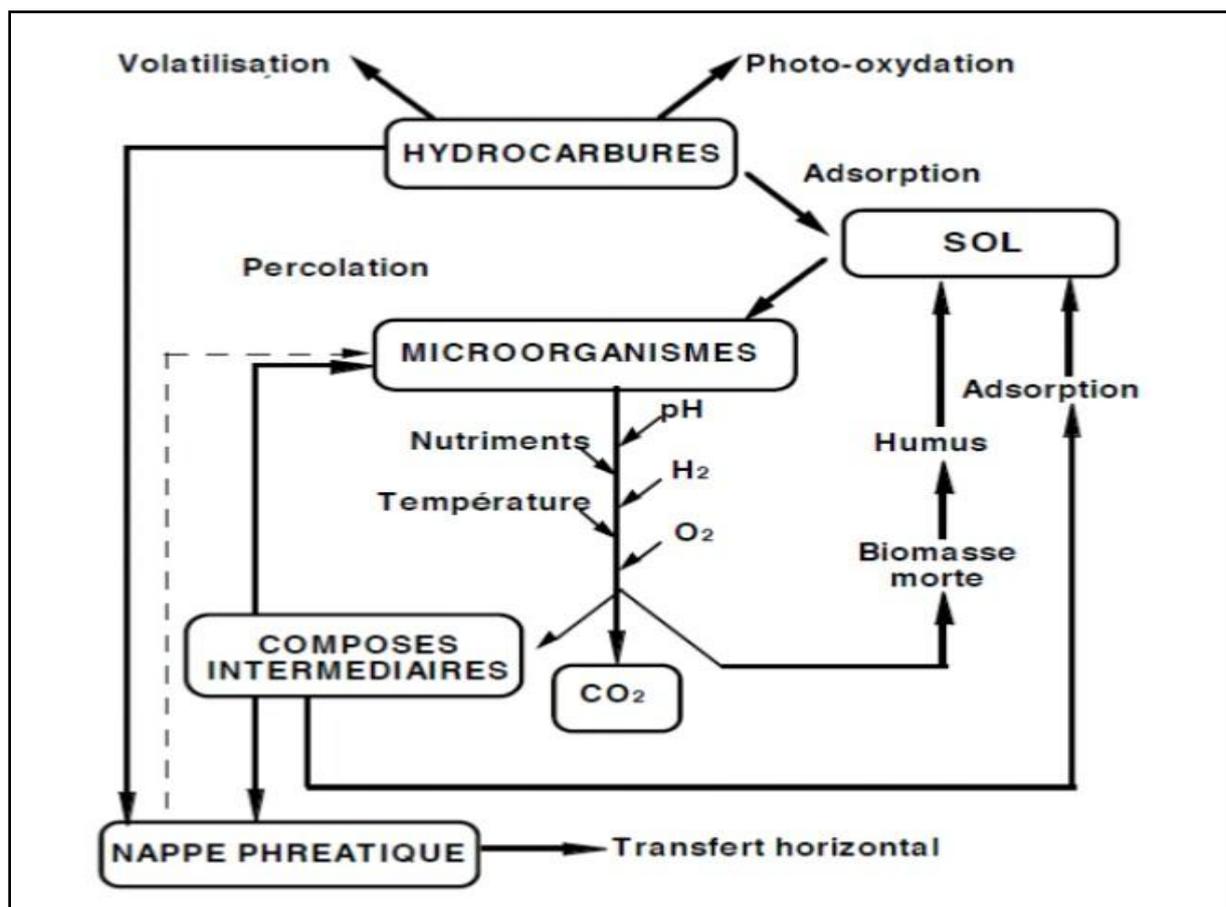
La biodégradation est le processus naturel le plus important dans la dépollution de l'environnement (Soltani, 2004). La dégradation des hydrocarbures se fait grâce à des microorganismes principalement les bactéries et les champignons qui puisent dans le pétrole leur alimentation (Fattal, 2008).

## Synthèse bibliographique

Il existe deux types de dégradation des polluants : dégradation biotique et dégradation abiotique.

- **Dégradation biotique** : la biodégradation est l'un des premiers mécanismes conduisant à l'élimination des hydrocarbures (Soltani, 2004). La dégradation des hydrocarbures se fait dans des conditions aérobies et anaérobies par des microorganismes, principalement des bactéries et/ ou des champignons. En effet, les hydrocarbures constituent une source alimentaire pour quelques bactéries (Fattal, 2008).
- **Dégradation abiotique** : les pertes abiotiques des hydrocarbures sont dues à des phénomènes physiques et chimiques comme la photolyse qui se fait sous l'action de la lumière, l'hydrolyse sous l'action de l'eau et les réactions d'oxydoréductions abiotiques (sans l'intervention d'organismes vivants). Elles seraient responsables de la perte de 20% d'hydrocarbures aromatiques dans le sol (Fattal, 2008).

La figure 1 résume le devenir des hydrocarbures dans l'environnement (Morgan et Watkinson, 1989).



**Figure 1** : Devenir des hydrocarbures dans l'environnement (Morgan et Watkinson, 1989).

### **III.3.Effets éco-toxicologiques des hydrocarbures :**

L'usage des hydrocarbures émet dans l'atmosphère, dans l'eau et dans le sol, des quantités importantes de substances nuisibles (Koller, 2004).

Le type d'hydrocarbures, la durée du contact, la quantité déposée et surtout le niveau de toxicité, influe sur l'importance de l'impact (Fattal, 2008).

D'une part, le pétrole et ses dérivés se présentent comme des mélanges complexes. D'autre part, les hydrocarbures à faible poids moléculaire montrent une toxicité due à leur effet solvant sur les membranes (Morgan et *al.*, 1989).

#### **III.4.1. Effets sur le sol :**

Le sol étant le support indispensable aux animaux, aux végétaux terrestres et à l'homme, toute pollution de celui-ci retentira sur la flore, la faune et sur l'homme lui-même (Koller, 2004).

##### **III .4.1.1.Effets sur l'aspect physique :**

Les hydrocarbures enrobent les particules minérales, et assurent leur dispersion, grâce à la structure poudreuse dispersée de la terre, cette structure assure une bonne circulation des fluides dans le sol, et accroît en même temps le pouvoir de rétention. En effet, les sols pollués par les hydrocarbures ont 2% d'humidité de plus que les sols sains. La présence des hydrocarbures améliore la stabilité structurale du sol et réduit sa mouillabilité (Rouquerol et *al.*, 1987).

##### **III.4.1.2.Effets sur l'aspect chimique :**

Selon Chaîneau et ses collaborateurs (1996), les effets des hydrocarbures sur les propriétés chimiques du sol consistent généralement en :

- une augmentation de la concentration en éléments traces tels que Mn, Zn, Fe, Pb.
- une diminution de la teneur en quelques sels minéraux tel que : le phosphore (P) et le potassium(K), et une augmentation en carbone organique total (C).
- une augmentation de la CE entraînant l'inhibition de certaines plantes très sensibles à la présence de sels.
- une diminution du pH du sol.

##### **III.4.1.3. Effets sur l'aspect biologique :**

Selon Duchauffour (1994), les hydrocarbures incorporés au sol en quantités limitées n'exercent pas d'action dépressive vis-à-vis des micro-organismes du sol. Cependant, ils exercent une action indirecte car ils enrichissent le sol en lipides hydrophobes et difficilement biodégradable.

Les effets des hydrocarbures sur l'activité biologique du sol dépendent de leur nature, de leur concentration dans le sol et d'autres facteurs liés au milieu.

## Synthèse bibliographique

---

La présence des polluants dans le sol exerce une action défavorable sur les décomposeurs contribuant ainsi à perturber les cycles des éléments (Ramade, 1992).

### **III.4.2. effet sur le végétal :**

La présence des hydrocarbures dans le sol peut se répercuter directement sur le végétal par ses effets toxiques très divers (Colin, 2000) : des dommages immédiats sous forme de brûlures des parties aériennes, réduction des échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère, déformation des zones de croissance et une suppression totale ou retard de floraison. Cela dépend de la famille et de la concentration des hydrocarbures, de l'espèce végétale et du stade physiologique de la végétation (Gatellier et *al.*, 1994).

### **III.4.3. effets sur la santé humaine :**

Les hydrocarbures sont cancérigènes et sont considérés comme des substances dangereuses (Pranudda, 2014). L'homme est exposé à ces composés par l'ingestion de denrées alimentaires (légumes, viandes grillées,...). Phillips (1999) indique que l'alimentation est la source majoritaire d'exposition aux hydrocarbures pour les non fumeurs (70 % de l'exposition).

La pollution générée par les stations-service peut avoir une influence estimable sur le sol et ses propriétés, donc l'objectif principal de ce travail est de montrer s'il existe un impact des hydrocarbures générés par ces stations sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, et une relation entre la distance à la source de la pollution. Ce travail est réalisé sur un sol provenant de la station service de Fréha.

### I. Présentation générale de la station service de Fréha

Nous allons présenter la région où nous avons réalisé notre étude : la région de Fréha de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le choix de la station-service Fréha :

- Selon l'objectif que nous avons visé
- Cette station est entourée par des terres agricoles.
- Etude de quelques paramètres physico-chimiques au niveau de cette station pour savoir si y a influence des hydrocarbures sur ces derniers.

#### I.1. Localisation et description

Lors du découpage administratif de 1984, la commune de Fréha relevait de la circonscription administrative de la daïra d'Azazga, wilaya de Tizi-Ouzou, son territoire comprenait notamment, les agglomérations d'Aghribs et de Tamda.

A la faveur du dernier découpage administratif de 1987, correspondant à la création des communes d'Aghribs et de Ouaguenoun, le territoire de la commune de Fréha s'est vu amputé d'une partie de son territoire initial au profit de la commune d'Aghribs et d'une autre partie au profit de la commune de Ouaguenoun.

Les limites administratives du territoire de la commune de Freha sont précisées dans le document portant délimitation intercommunale de Freha (figure 2).

Ces limites s'établissent comme suit :

- Nord et Nord-Est : Commune d'Aghribs et de Timizart
- Est : Commune d'Azazga
- Ouest et Sud-Ouest: Commune de Ouaguenoun
- Sud et Sud-Est : Commune de Mekla et oued Sebaou.

La commune de Freha est située à 30 km de Tizi-Ouzou et à 130 km d'Alger. Elle est distante de 11 km d'Azazga. Elle est accessible à partir des routes nationales n°12 et n°73.

C'est une commune située à proximité de la bande côtière à 20 km de la mer (commune d'Azeffoun).

Les figures 2 et 3 présentent la situation géographique de la zone d'étude.



**Figure 2:** situation géographique de la région de Fréha (Google maps, 2017)



**Figure 3:** vue satellitaire de la station-service Fréha (Google Earth, 2017).

### I-2- Etude climatique:

La nature du climat joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes (Ramade, 1992).

Pour étudier les paramètres climatiques (pluies et températures), nous avons utilisé les données climatiques de la station météorologique de l'Office Nationale de Météorologie (l'O.N.M) de Tizi-Ouzou (194 m d'altitude), en raison de l'absence de celles de Fréha.

## Matériels et Méthodes

Le climat de la commune est méditerranéen de type continental avec des hivers très froids et des étés très chauds. La température moyenne en hiver est inférieure à 9°C et supérieure à 34°C en été.

### I.2.1. Les températures :

Les températures représentent un facteur limitant, car elles contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionnent, de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1992).

**Tableau III:** Les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes de Tizi-Ouzou pour la période 2007-2016 (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	16,44	16,27	18,85	22,32	25,88	31,12	35,86	35,16	34,64	30,40	19,67	16,91
m (°C)	7,14	6,91	8,55	11,22	13,92	17,50	21,18	21,68	18,91	15,64	15,64	7,80
(M+m) /2 °C	11,79	<b>11,59</b>	13,7	16,77	19,9	24,31	<b>28,52</b>	28,42	26,78	23,02	17,66	12,36

M : T° maximale

m : T° minimale

Le tableau ci-dessus montre que dans la région de Fréha, le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une moyenne de 28,52 et le mois le plus froid est le mois de Février avec une moyenne de 11,59.

### I.2.2. Les précipitations:

Les précipitations représentent un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres, car elles conditionnent, avec la température, la structure et la productivité primaire de ces derniers (Ramade, 1992).

La pluviométrie est concentrée généralement sur la période hivernale. Les précipitations au niveau de la commune sont de l'ordre de 850 mm / an.

**Tableau IV:** Les précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période 2007-2016 (O.N.M.Tizi-Ouzou, 2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P(mm)	106.36	116.87	127.12	84.49	68.27	16.83	<b>2.92</b>	<b>5.91</b>	39.98	72.45	<b>133.10</b>	110.76	<b>885.06</b>

P : précipitations

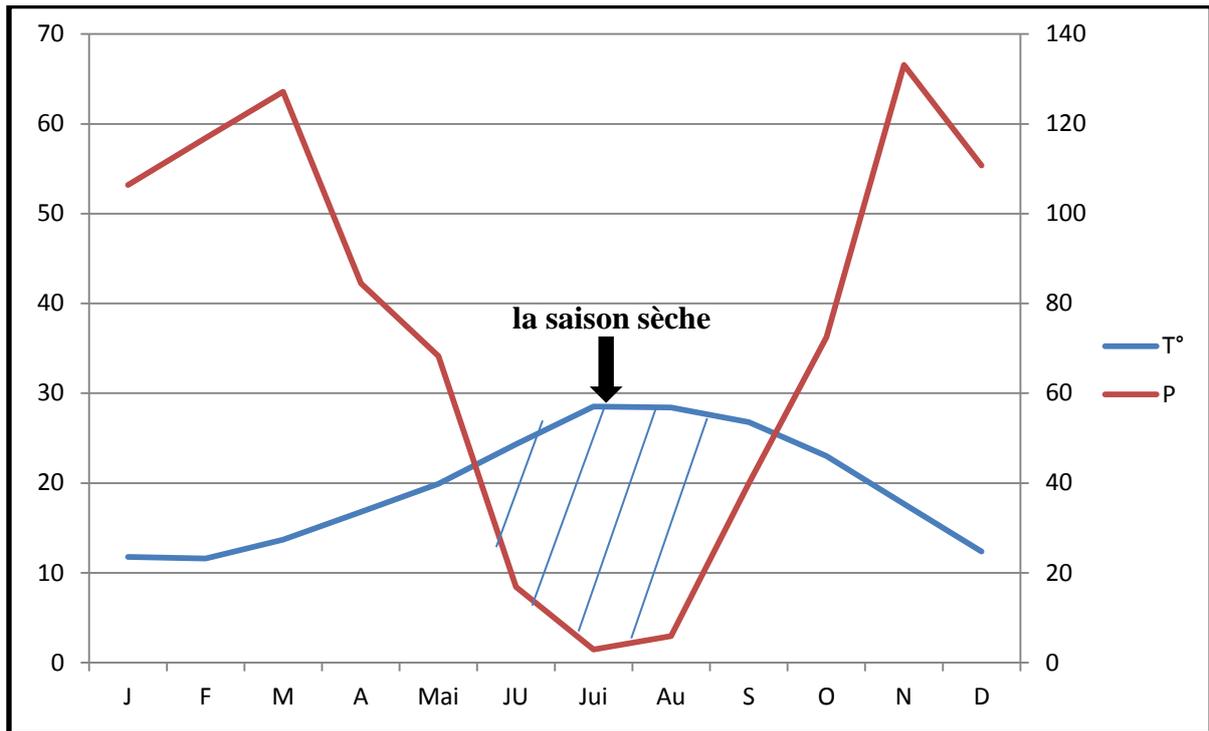
Le tableau ci-dessus montre que le mois le plus pluvieux est celui de mois de Novembre avec 133,10 mm et les mois de Juillet et Aout sont les moins arrosés avec 2,92 et 5,91 respectivement.

## II. Synthèse climatique des régions d'étude

### II.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausson

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson permet de définir les périodes sèches (Mutin, 1977). C'est un mode de représentation classique du climat d'une région déterminée (Dajoz, 2000).

La construction du diagramme se fait en portant sur l'axe des abscisses les mois de l'année. Et en ordonnées les températures moyennes à droite et les précipitations à gauche. La figure 4 représente le diagramme ombrothermique obtenu pour la station d'étude.



**Figure 4** : Diagramme ombrothermique de la région de Fréha (2006-2016).

D'après ce diagramme (figure 4), la période sèche s'étale, pour la région de Fréha, sur quatre mois, du la fin du mois de mai à fin du mois de Septembre. La période humide s'étale de fin Septembre à la fin du mois de mai.

## III. Matériel :

### Le sol

L'étude expérimentale a été réalisée sur des échantillons de sol provenant d'une station-service à Fréha, C'est un sol contaminé accidentellement par les hydrocarbures utilisés dans la station (essence et gasoil), cette contamination est le résultat des rejets.

Parmi les principales causes de cette pollution du sol citons:

- La corrosion des cuves de stockage
- Les accidents de dépotage

- Ilots de pompes
- Séparation d'hydrocarbures
- Points de remplissage
- Canalisation entre les citernes et les ilots de pompes.

### IV. Méthodes

#### IV.1. Prélèvement des échantillons

Les échantillons sont prélevés de la station-service de Fréha en mois d'Avril, la méthode choisie est l'échantillonnage aléatoire. Les prélèvements ont été effectués à une profondeur de 0 à 20 cm dans trois (3) points qui diffèrent par le degré de pollution:

- le premier point correspond à un sol très pollué ; juste à côté des fuites.
- le deuxième point est un sol peu pollué ; qui se situe un peu loin des fuites d'hydrocarbures.
- le troisième point est un sol témoin ; loin du milieu pollué.

Les échantillons de sol ont été acheminés au laboratoire, trier, sécher puis tamiser à l'aide d'un tamis à mailles de 2 mm. La série d'analyses physico-chimiques est réalisée sur la terre fine obtenue de chaque échantillon.

#### IV.2. Analyses des échantillons :

L'ensemble des analyses a été réalisé au niveau du laboratoire " Pathologie des écosystèmes" de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'U.M.M.T.O. Une étude pédologique a été réalisée en suivant un gradient de pollution et consiste à mesurer des paramètres physiques et chimiques suivants:

- le pH
- l'humidité hygroscopique
- la perméabilité
- la conductivité électrique
- le calcaire total
- la température
- le dosage des anions, à savoir les carbonates, les bicarbonates et les chlorures,

#### IV.3.Méthodes d'analyse :

Ces analyses nous permettent de déduire l'effet des hydrocarbures sur les propriétés du sol.

##### IV.3.1.Détermination du potentiel d'Hydrogène du sol

Le pH d'une solution dépend de la concentration relative des ions  $H^+$  et  $OH^-$  ; si les ions  $H^+$  sont majoritaires, la solution sera acide et si le contraire ce sont les  $OH^-$  l'emportent donc la solution sera basique.

## Matériels et Méthodes

---

Le pH du sol a été déterminé sur une suspension aqueuse où le rapport sol /eau est de 2/5. Après agitation de la suspension pendant quelques minutes à l'aide d'une baguette en verre, suivie d'une décantation pendant 15 minutes, le pH est mesuré avec un pH mètre (HI2210).

### IV.3.2.Mesure de l'humidité hygroscopique du sol

Lors de la préparation du sol aux différents analyses, il est généralement séché à l'air, jusqu'à ce qu'il devienne sec. Cependant, un tel sol contient encore une certaine quantité d'eau qui due au fait que le sol peut absorber la vapeur d'eau de l'air, et la retenir solidement à la surface de ses particules.

Peser dans des capsules 5 grammes du sol, porter les capsules renfermant le sol à l'étuve (à 105°C) pendant 24 heures, après ce temps, ressortir les capsules dans un dessiccateur et repeser.

### IV.3.3.Mesure de la perméabilité

Afin de pouvoir établir des comparaisons entre différents échantillons de terre, la mesure de la perméabilité en laboratoire est effectuée sur des sols préalablement séché à l'air et prélevés sur le terrain

Prendre des tubes à percolation, mettre dans le fond des tubes du gravier fin sur une épaisseur de 2 cm, placer les tubes sur des éprouvettes graduées, prendre 5 capsules et mettre dans chacune 10 g de terre fine homogène de chaque type de sol, puis verser dans les tubes le contenu d'une capsule, à l'aide d'une pissette faire couler lentement de l'eau distillée sur la paroi du tube, prendre le reste des capsules opérer de la même façon que la première et entre chaque deux versements de terre ne pas oublier d'ajouter l'eau distillée dans les tubes et enfin la quantité d'eau recueillie dans une heure de temps permet de calculer le coefficient K.

$$K = \frac{C \times V}{H \times S}$$

**C** : hauteur de la colonne de terre (cm) / **V**: volume d'eau recueillie pendant 1 heure (ml)

**H** : hauteur de la charge d'eau (cm) / **S** : section intérieure du tube (cm<sup>2</sup>)

### IV.3.4.Mesure de la conductivité électrique du sol

La conductivité électrique d'une solution dépend de sa concentration en électrolytes, elle s'effectue sous le rapport (sol/eau; 2/10)

Peser 20g de sol, ajouter 100ml d'eau distillée, agiter pendant 2minutes ,laisser reposer pendant 30minutes, filtrer plusieurs fois jusqu'à ce que nous obtenons un filtrat clair, introduire l'électrode du conductimètre (WTWD1820) au centre du récipient contenant

## Matériels et Méthodes

---

l'extrait du sol, lire la valeur de la conductivité après stabilisation de l'aiguille et enfin prendre la température de l'extrait, en vue d'une correction de la conductivité.

La formule  $CE = \text{valeur lue} \times \text{constante de la cellule} \times \text{le chiffre de correction}$

### IV.3.5. Dosage du calcaire total

Les échantillons à analyser sont acidifiés au milieu fermé par une solution d'acide chlorhydrique (HCl). En présence de carbonate, il y a dégagement de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dont on mesure le volume. Dans notre cas la méthode utilisée est la méthode volumétrique.

Peser 1g de terre fine, dans un bicher de 250 ml, ajouter 20 ml d'acide chlorhydrique à N, ajuster à 100 ml d'eau distillée, porter le bicher sur bain du sable à  $60^\circ C$  pendant 45 min, laisser bouillir pendant quelques minutes, décanter sur un papier filtre dans une fiole de 250 ml après refroidissement, prélever 100 ml du filtrat, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine à 2%, titrer par l'acide chlorhydrique, jusqu'au virage du rouge violacé.

### IV.3.6. La température :

Le prélèvement des valeurs de la température ont été effectués directement sur le terrain à l'aide d'un thermomètre du terrain (KH-110 AO) dans trois points différents dans la station-service et chaque prélèvement à trois répétitions.

### IV.3.7. Dosage des anions (les sels solubles) :

Cette détermination repose sur la neutralisation d'un volume de solution par un acide minéral, dilué en présence d'un indicateur coloré.

- **Les carbonates** : cette détermination repose sur la neutralisation d'un volume de solution par un acide minéral, dilué, en présence d'un indicateur coloré. Prélever 10 ml de l'extrait du sol, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine, si une coloration rouge se développe, titrer doucement avec du  $H_2SO_4$  à 0.1N, jusqu'à décoloration totale. S'il n'y a pas de coloration après addition de phénolphtaléine, il n'y a pas de carbonates dans l'échantillon.

- **Les bicarbonates** : Après dosage des carbonates, ajouter dans la même prise, quelques gouttes de méthyle orange, titrer par le même acide ( $H_2SO_4$ ), jusqu'au virage du jaune au rouge.

- **Les chlorures** : Ajouter dans une prise d'essai d'extrait du sol, 1 à 8 gouttes de chromate de potassium, puis titrer avec les nitrates d'argent en solution à 0.02N.

### IV.4. Analyses statistiques :

## Matériels et Méthodes

---

Les résultats des mesures ont été soumis à une analyse de la variance à un critère de classification qui est le degré de pollution du sol. L'analyse a été réalisée avec le logiciel R 3.0.2. Le test de Newman et Keuls permet la détermination des groupes homogènes lorsque l'Anova révèle des différences significatives entre les moyennes.

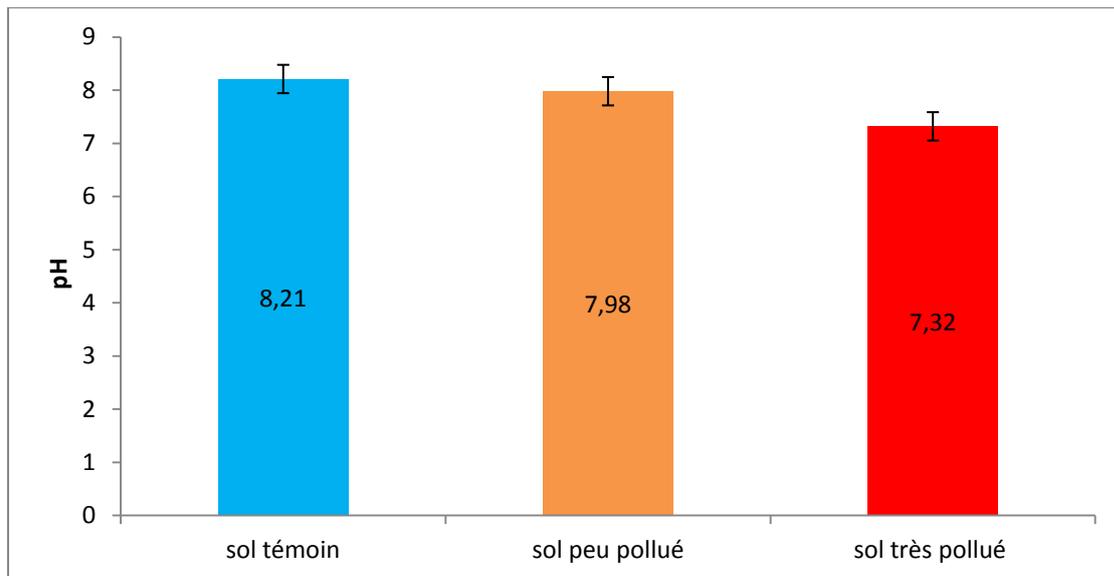
## Résultats et discussion

### I. Résultats des analyses :

D'après les résultats obtenus, les carburants présents dans le sol ont provoqué un effet néfaste sur les paramètres du sol.

#### 1. Le pH :

Les résultats de la mesure du pH des échantillons du sol témoin, du sol peu pollué et du sol très pollué sont présentés dans la figure 5.



**Figure 5** : les valeurs de pH des sols étudiés.

Les résultats obtenus montrent que le pH du sol témoin passe d'un sol moyennement alcalin avec une valeur de 8.21 vers la neutralité dans le sol peu pollué et le sol très pollué avec des valeurs de 7.98 et 7.32 respectivement selon les normes de **Baize (1989)**.

**Tableau V**: résultats de l'analyse statistiques des valeurs du pH des sols étudiés.

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	1.26747	0.63373	57.323	0.000123***
Résiduelle	6	0.06633	0.01106		

## Résultats et discussion

L'analyse de la variance des valeurs du pH des sols a montré une différence très hautement significative, ce qui confirme que le gradient de pollution influe sur le pH dans les trois sols étudiés.

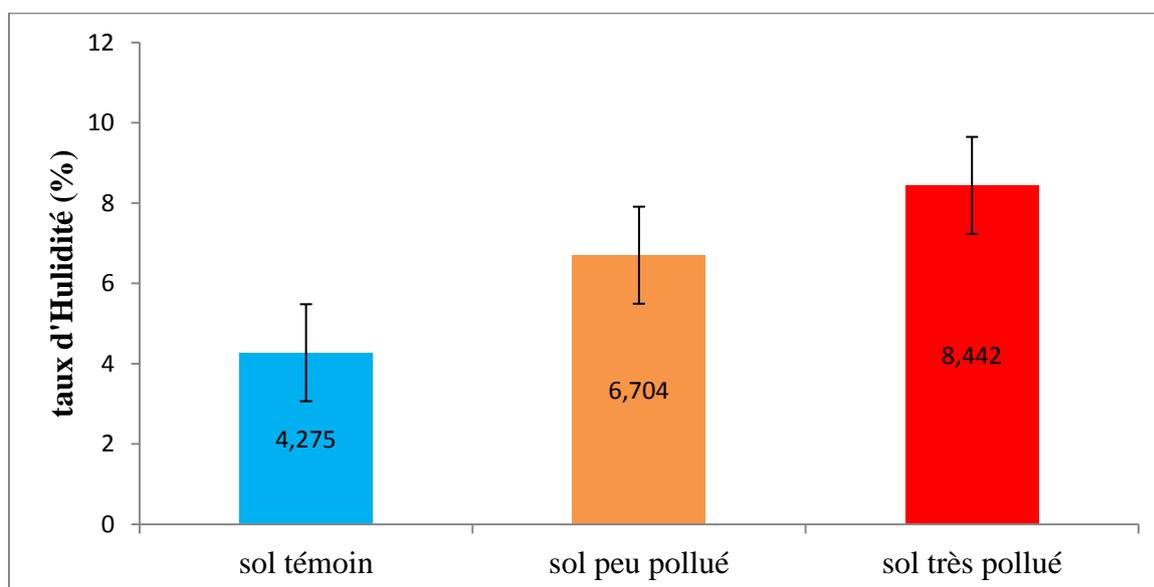
**Tableau VI** : Test de Newman-Keuls des valeurs du pH des sols étudiés.

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 1	8.213
B	Sol 2	7.98
C	Sol 3	7.327

Le test Newman et Keuls a fait ressortir 3 groupes homogènes A, B et C pour le pH des trois sols. Dans le groupe A se trouve le pH initial (sol témoin) puis dans les groupes B et C, le pH des sols peu pollué et très pollué qui ne cesse de diminuer avec l'augmentation du degré de pollution.

### 2. l'humidité hygroscopique

les résultats de la mesure de l'humidité des échantillons du sol témoin, du sol peu pollué et du sol très pollué sont présentés dans la figure 6.



**Figure 6**: taux d'humidité des sols étudiés

## Résultats et discussion

---

Les valeurs de l'humidité des trois sols varient entre 4.275% et 8.442% ce qui indique une augmentation du taux d'humidité des sols en fonction du gradient de pollution.

**Tableau VII:** Les résultats de l'analyse de variance de l'humidité.

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	26.4626	13.2313	35685	5.94x10 <sup>-13***</sup>
Résiduelle	6	0.0022	0.0004		

L'analyse de la variance pour le taux d'humidité a montré qu'il y avait une différence très hautement significative pour le paramètre humidité des 3 sols étudiés.

**Tableau VIII :** Le test de Newman-Keuls de l'humidité des sols étudiés.

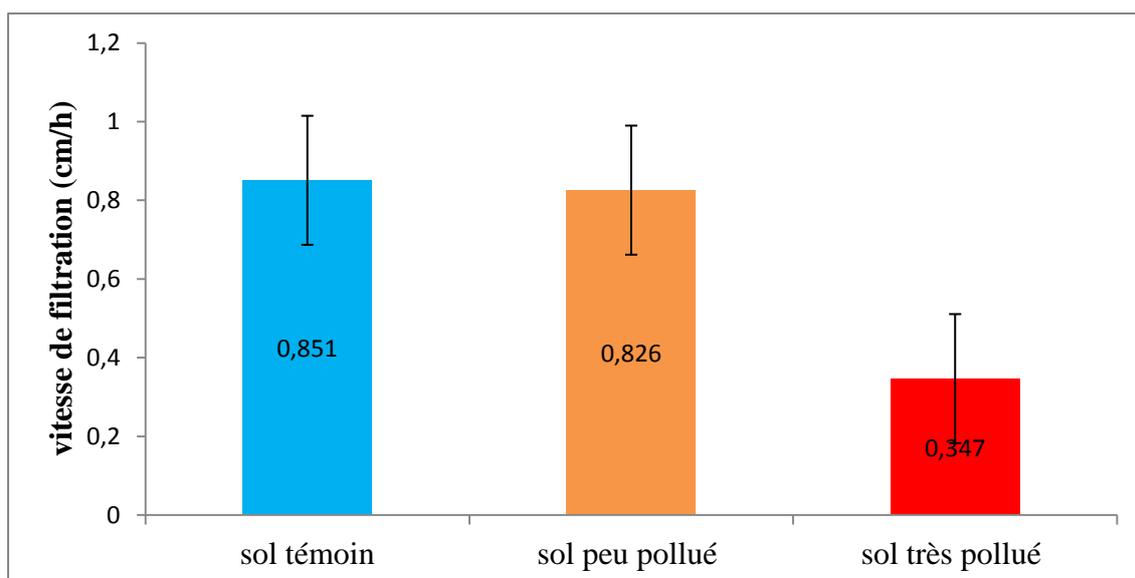
Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 3	8.457
B	Sol 2	6.704
C	Sol 1	4.275

Le test Newman-Keuls a fait ressortir trois groupes homogènes où le sol 3 a été classé dans le groupe A, le sol 2 dans le groupe B et le sol 1 correspond au groupe C.

### 3. La perméabilité

Les résultats de la mesure de la perméabilité des échantillons du sol témoin, du sol peu pollué et du sol très pollué sont présentés dans la figure 7.

## Résultats et discussion



**Figure 7:** Le taux perméabilité des sols étudiés.

Sur la base des données illustrées par la figure 7, nous remarquons que la perméabilité diminue en allant du sol témoin (0.851cm/h) vers le sol peu pollué (0.826cm/h) jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur la plus faible dans le sol très pollué (0,347 cm/h).

**Tableau IX :** l'analyse de la variance de taux de perméabilité des sols étudiés.

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	0.4847	0.2424	254.71	1.578x10 <sup>-6</sup> ***
Résiduelle	6	0.00571	0.000952		

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative de perméabilité entre les trois sols, ce qui nous confirme que les hydrocarbures ont un effet remarquable sur la perméabilité des sols pollués.

Le test de Newman et Keuls pour les sols étudiés a donné les résultats consignés dans le tableau X.

## Résultats et discussion

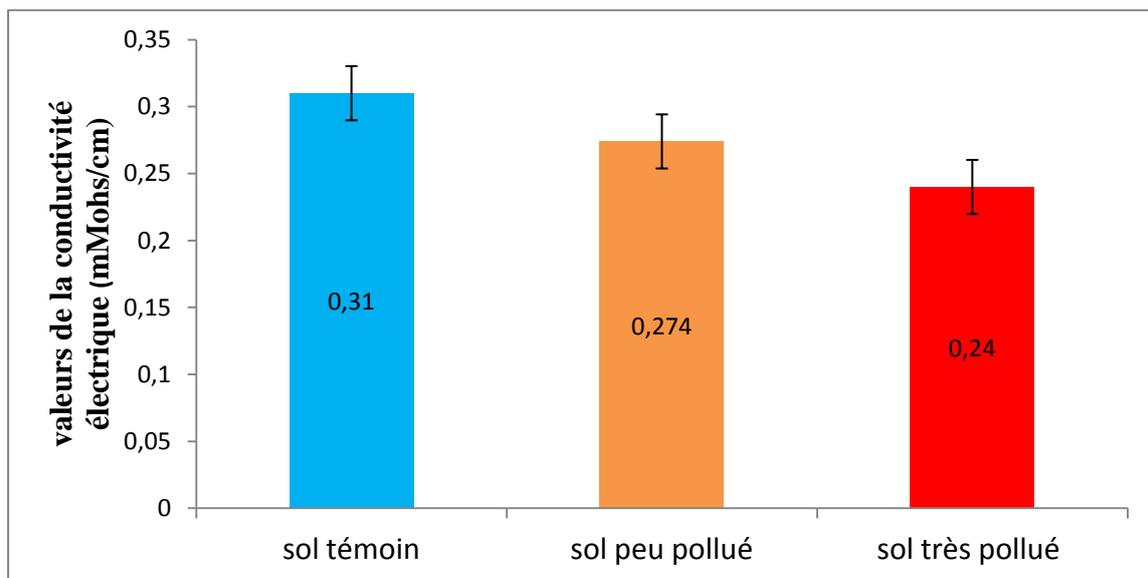
**Tableau X** : test de Newman et Keuls pour la perméabilité des sols étudiés.

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 1	0.8513
A	Sol 2	0.8263
C	Sol 3	0.347

Ce test a classé les trois sols en deux groupes homogènes A et C où les sols 1 et 2 sont inclus dans le groupe A et le sol 3 dans le groupe C, ce qui indique la différence de perméabilité entre le sol témoin et les sols pollués par les hydrocarbures.

### 4. la conductivité électrique

Les résultats de la mesure de la CE du sol témoin et des sols pollués sont présentés dans la figure 8.



**Figure 8**: taux de la conductivité électrique des sols étudiés.

La conductivité électrique du sol témoin présente la valeur la plus importante qui est de 0.310 mmohs/cm, puis elle diminue légèrement dans le sol peu pollué : 0.274 mmohs/cm, jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur minimale de 0.240 mmohs/cm dans le sol très pollué.

## Résultats et discussion

---

**Tableau XI** : Les résultats de l'analyse de variance de la conductivité électrique

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	$5.4 \times 10^{-5}$	$2.7 \times 10^{-5}$	27	0.001**
Résiduelle	6	$6 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$		

Les résultats de l'analyse de la variance (Tableau XI) ont révélés qu'il ya de différence hautement significatives entre la CE des sols : témoin, peu pollué et le très pollué.

**Tableau XII** : test de Newman-Keuls de la conductivité électrique des sols étudiés

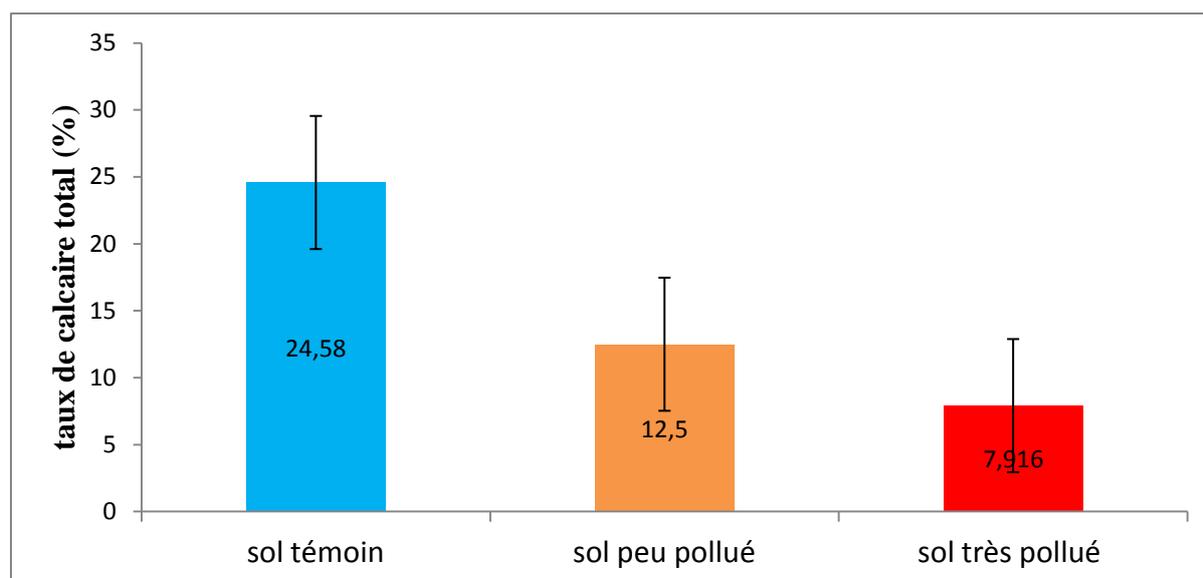
Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 1	0.23
B	Sol 2	0.227
C	Sol 3	0.224

Le test de Newman et Keuls a marqué la quantité négligeable des sels existant dans les solutions des trois sols, et a fait ressortir 3 groupes homogènes A, B et C classés de la moyenne la plus importante vers les moins importantes.

### 5. Le calcaire total

Les résultats obtenus après l'analyse du calcaire total des sols sont présentés dans la figure 9.

## Résultats et discussion



**Figure 9:** taux de calcaire des sols étudiés.

Le sol témoin présente le taux de calcaire le plus élevé (24.58%), par rapport au sol peu pollué (12.5%) et au sol très pollué (7.916%).

**Tableau XIII:** résultats de l'analyse de variance de taux de calcaire total des sols étudiés.

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	444.79	222.40	15.434	0.00431**
Résiduelle	6	86.46	14.41		

L'analyse de la variance de la teneur en calcaire a marqué une différence hautement significative des taux de calcaire entre les trois sols.

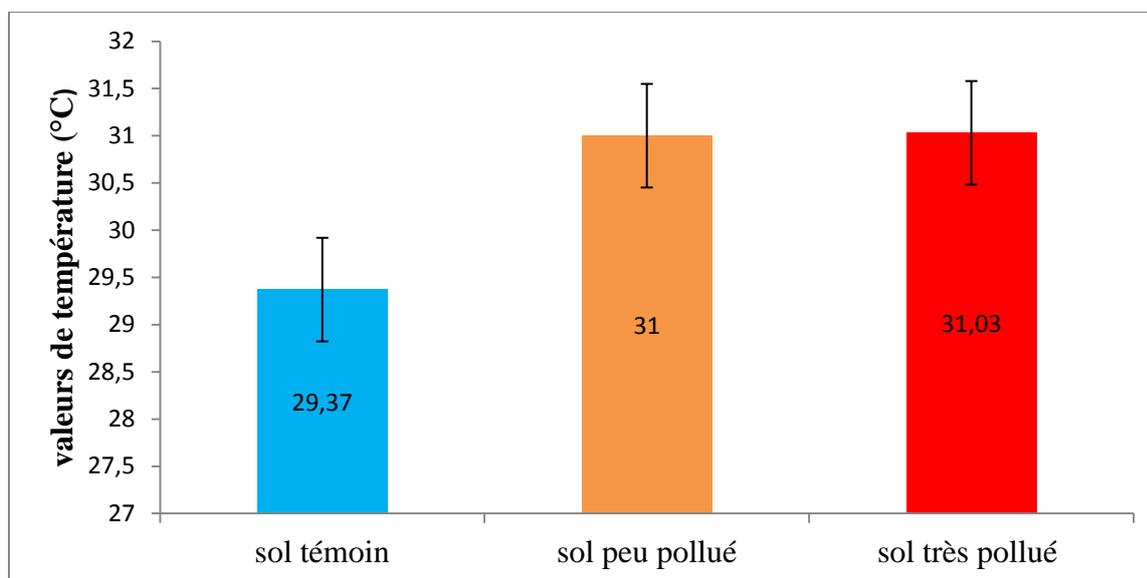
**Tableau XIV:** test de Newman-Keuls de la teneur en calcaire total des sols étudiés.

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 1	24.58
B	Sol 2	12.5
B	Sol 3	7.917

Le test de Newman -Keuls a ressorti deux groupes homogènes A et B, le sol 1(témoin) est classé dans le groupe A, le sol 2 et le sol 3 sont classés dans le groupe B.

### 6. La température

Les résultats obtenus après la mesure de la température des sols sont présentés dans la figure 10.



**Figure 10:** les valeurs de la température

D'après les résultats illustrés dans la figure 10, nous remarquons que la température relevée dans le sol témoin (29.37°C) est inférieure à celles enregistrées dans le sol peu pollué (31°C) et très pollué (31.03°C).

Les résultats l'analyse statistique de la variance sont enregistrés dans le tableau XV.

**Tableau XV:** résultats de l'analyse de variation des températures des sols étudiés.

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	5.4467	2.72333	7.5882	0.02275*
Résiduelle	6	2.1533	0.35889		

Les résultats de ce test ont montrés une différence significative des valeurs de la température des trois sols étudiés.

## Résultats et discussion

**Tableau XVI:** test de Newman Keuls des valeurs de température des trois sols étudiés.

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 3	31.03
A	Sol 2	31
C	Sol 1	29.37

Le test de Newman -Keuls a fait ressortir 2 groupes homogènes qui sont : A contenant les sols 3 et 2, et C qui contient le sol 1.

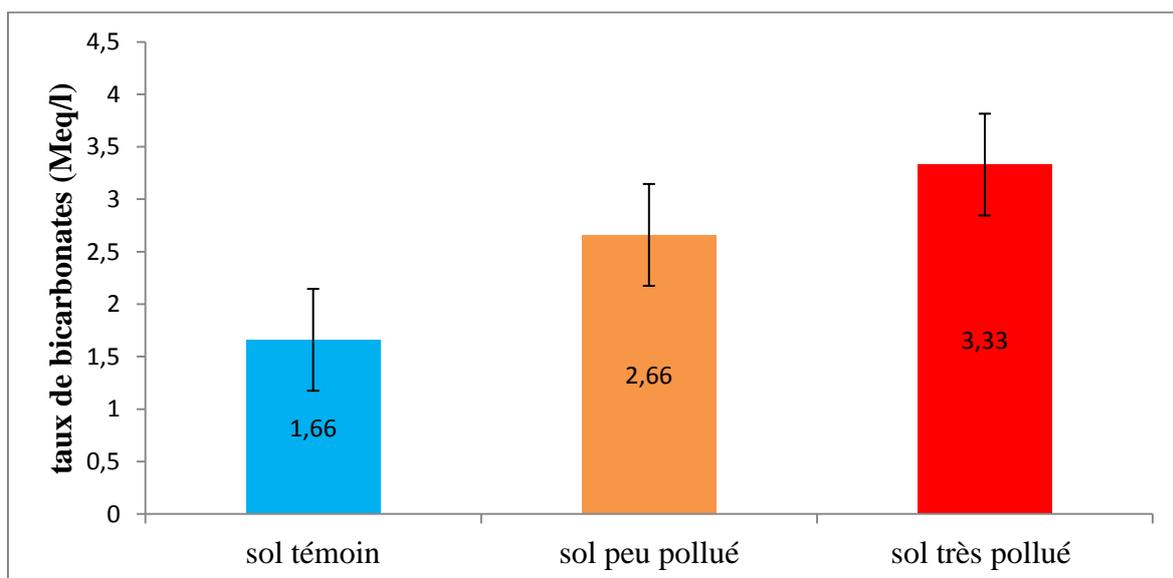
### 7. Les sels solubles

Dans les sols étudiés il y avait une absence totale de carbonates.

#### a. Les bicarbonates

Contrairement aux bicarbonates et aux chlorures nous avons marqués une présence non négligeable de ces deux sels dans les sols étudiés.

Les résultats de dosage des bicarbonates sont enregistrés dans la figure 11.



**Figure 11:** taux de bicarbonates des sols étudiés

## Résultats et discussion

---

D'après les résultats illustrés dans la figure 11, le sol témoin présente un taux de bicarbonate le plus faible est de 1.66 meq/l, puis une légère augmentation dans le sol peu pollué avec une valeur de 2.66meq/l, et le sol très pollué présente le taux de bicarbonate le élevé est de 3.33meq/l.

Nous remarquons que le taux de bicarbonate augmente selon le gradient de pollution.

**Tableau XVII:** L'analyse de la variance pour le taux de bicarbonate des sols étudiés.

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	4.2222	2.11111	6.3333	0.03321*
Résiduelle	6	2.0000	0.33333		

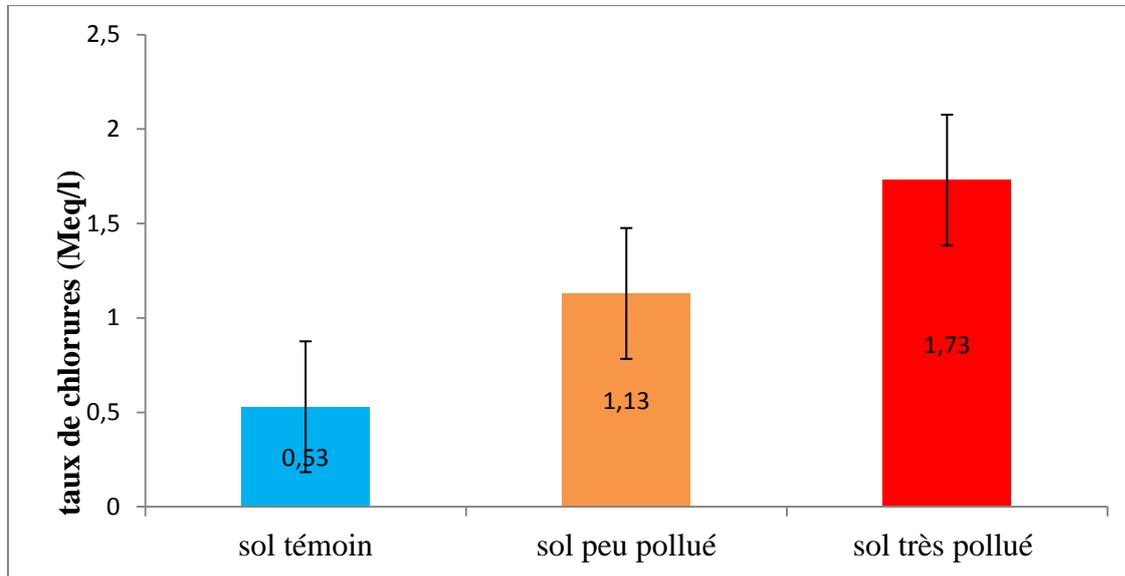
Les résultats du test de l'anova concernant la teneur en bicarbonates dans les sols étudiés ont montrés une différence significative, pour cela nous pouvons déduire que les HC ont eu un effet sur le bicarbonate du sol en suivant le gradient de pollution.

**Tableau XVIII :** Le test de Newman et Keuls pour le taux de bicarbonate des sols étudiés

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 3	3.333
AB	Sol 2	2.667
B	Sol 1	1.667

Le test de Newman-Keuls a classé les sols en trois groupes, le sol 3 correspond au groupe A, le sol 2 appartient au groupe AB, et le sol 1 appartient au groupe B.

### b. Les chlorures



**Figure 12:** valeurs de chlorures des sols étudiés.

D'après les résultats illustrés dans la dans la figure 12, le sol témoin présente le taux de chlorure le plus faible et qui est de 0.5meq/l., puis une augmentation a été observée dans le sol peu pollué avec une valeur de 1.13 meq/l, et dans le sol très pollué avec le taux de chlorures le plus élevé : 1.73 meq/l.

Nous remarquons que le taux de chlorures augmente avec l'augmentation du degré de pollution.

**Tableau XIX :** analyse de la variance de la teneur en chlorure des sols étudiés.

Source de variation	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P <sub>value</sub>
Sol	2	2.16	1.08	27	0.001**
Résiduelle	6	0.24	0.04		

D'après l'analyse statistique Anova de taux de chlorures dans les sols étudiés a marqué une différence hautement significative, nous concluons que les hydrocarbures ont un effet important sur les taux des chlorures dans le sol.

## Résultats et discussion

---

**Tableau XX** : le test de Newman et Keuls pour le taux de chlorure des sols étudiés.

Groupe	Sol	Moyenne
A	Sol 3	1.733
B	Sol 2	1.133
C	Sol 1	0.5333

Le test de Newman et Keuls a donné 3 groupes homogènes : le groupe A qui contient le sol 3, le groupe 2 qui contient le sol 2 et le groupe 3 qui correspond au sol 1.

### II. Discussion :

Le pH fait exception et semble à avoir une tendance d'évolution particulière selon le gradient, pourtant, Bergue(1986) et Soltani (2004), notent une acidification des sols pollués par les hydrocarbures qui traduit sans doute l'apparition de faibles quantités d'acides dans la pollution qui est multiple et très complexe, ce qui fait équilibrer le pH de nos sol. Selon Chaîneau *et al.*, 1996, la pollution du sol par les hydrocarbures a engendré une légère diminution du pH.

Selon les normes Guy (1978), le sol témoin et le sol peu pollué enregistrent une vitesse de filtration assez lente et le sol très pollué présente une perméabilité lente. Le test d'Anova révèle une différence significative entre les sols ce qui confirme l'impact de la pollution sur ce paramètre. Le taux important de l'humidité dans les sols très pollué est causé par la faible perméabilité de ce sol. Selon **Faccendini (1995)**, le taux élevé d'humidité joue un rôle important dans la solubilisation d'une large gamme de polluants. **Bergue(1986)** rapporte que les sols pollués par les hydrocarbures ont 2% d'humidité de plus que les sols témoins dans notre cas le pourcentage d'humidité est de 4% de plus que celle du sol témoin.

La perméabilité révèle une différence très hautement significative entre les sols étudiés ; selon les normes de **Baize (2000)**, le sol témoin et le sol peu pollué ont une vitesse de filtration assez lente et dans le sol très pollué; la perméabilité est lente. Les moyennes des trois sols étudiés sont inférieures à 2.5 (<2.5), ce qui nous renseigne sur la non salinité des sols et vu que les hydrocarbures sont des substances grasses donc sont hydrophobes ce qui peut être explique la filtration lente de l'eau dans le sol très pollué.

## Résultats et discussion

---

Nos analyses ont montrés une augmentation des valeurs du calcaire dans le sol témoin et une diminution remarquable dans les valeurs du calcaire dans les sols contaminés par les hydrocarbures, selon les normes de **Baize (1989)**, le sol témoin passe d'un sol modérément calcaire au sol faiblement calcaire avec l'augmentation de taux de pollution. Ces variations du taux de calcaire peuvent être dues à l'apport des hydrocarbures contrairement aux résultats obtenus par **Degranges (1977)** qui a conclu qu'il y avait peu de différences dans la composition chimique entre un sol témoin et un sol pollué par les hydrocarbures, en ce qui concerne les éléments majeurs, il signifie que l'apport des hydrocarbures en ce qui concerne ces éléments est négligeable devant les teneurs du sol.

La présence de calcaire dans la station étudié est probablement liée au calcaire dégagé des radiateurs (tartes de calcaire) après lavage (se forment par réaction chimique entre des minéraux présents dans le liquide de refroidissement et la chaleur dans les moteurs).

Une augmentation de la concentration des hydrocarbures dans le sol assiste à une augmentation de température au niveau du sol très pollué et selon **Soltani(2004)**, l'élévation de la température entraîne l'augmentation de la vitesse de la biodégradation et une diminution de l'activité métabolique.

## Conclusion générale

---

L'objectif de ce présent travail est d'étudier les effets des rejets de la station- service de Fréha sur les paramètres physico-chimiques des sols. Ceci a mis en évidence l'influence des carburants sur les trois prélèvements du sol.

D'après les résultats obtenus au cours de notre travail, nous pouvons conclure que l'action des hydrocarbures se traduit par une modification remarquable des propriétés physico-chimiques du sol.

L'analyse pédologique a révélé une modification de ces propriétés dans les sols très pollués en fonction de gradient de pollution, confirmée par l'augmentation de certains paramètres tels que l'humidité hydrosopique, la température et les sels solubles (Bicarbonate et Chlorure), et la diminution progressive d'autres, dont le calcaire total, la conductivité électrique et la perméabilité qui ne cesse de diminuer au niveau des sols très pollués.

D'après notre étude nous pouvons conclure que les stations-service représentent une importante source de pollution ponctuelle des sols et les résultats ont clairement montrés que leurs effets est néfaste sur les propriétés pédologiques.

A l'issue de ce travail et les différents résultats obtenus un ensemble de perspectives peuvent être proposées :

- La caractérisation des polluants du sol dans les stations-service peut aider à identifier l'origine de ces rejets et à éliminer la source de pollution.
- Réaliser des essais sur terrain (in situ) avec des moyens de dépollution des sols contaminés par les hydrocarbures telle que : La bioremédiation, la phytoremédiation, la bioindication...etc.
- Optimiser les facteurs influençant la biodégradation des hydrocarbures.
- l'installation des réseaux d'assainissement pour l'évacuation des rejets des stations-service.

### Références bibliographiques :

- **Baize D., (1989).** Guide des analyses courantes en pédologie. *INRA*, Paris, 172 P.
- **Baize D. ; Jabiol B.,(1995).** Guide pour la description des sols. Edition I.N.R.A, Paris. 375P.
- **Baize D., (2000).** Guide des analyses en pédologie. Edition I.N.R.A, Paris. 257P.
- **Battaz S., (2009).** Etude comparative de la dégradation d'une terre polluée par des hydrocarbures lourds. Mémoire de Magister
- **Bergue J.MI.,(1986).** La pollution des sols par les hydrocarbures. Ed Bull, liaison Labo P. et Ch. Réf. 3141.62P.
- **Bertrand J.C. ; Mille G., (1989).** Devenir de la matière organique exogène. Un modèle: les hydrocarbures. In : Bianchi M. ; Marty D. ; Bertrand J.C. ; Gauthier M.J. Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edition Masson, Paris, chapitre 13 :pp343-385.
- **Calvet R., (2013).** Le sol. Tome 2, Edition France Agricole.678P.
- **Chaineau C.H.; Morel J.L.; Oudot J.,(1996).** Phytotoxicity and plant uptake of fuel oil hydrocarbon.J. environ.Qual. V 26,pp 1483-1487.
- **Chaineau C.H.; Morel J.L.; Oudot J.,( 2000).** Biodegradation of fuel oil hydrocarbons in the rhizosphere of maize. Journal of Environmental Quality. Vol.29. pp569-578.
- **Cedre .,(2009).** Quantification de composés organiques dissous par Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE) couplée à une analyse GC/MS. Recherche & Développement News 09-01: pp1-7.
- **Clément M.; Pieltain F.,(2003).** Analyse chimique des sols. Méthodes choisies.388P.
- **Colin F.,( 2000).**Pollution localisées des sols et sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC et DOC .417P.
- **Dajoz R., (2000).** Insects and forests. The role and diversity of insects in forest environment. Paris, Intercept Ltd/Edition Technique et Documentation/Lavoisier Publishing, 668 P.
- **Degranges P., Gugalski T., Leleu m., Greffard J., (1977).** Devenir des hydrocarbures dans le sol. 31 p.

## Références bibliographiques

---

- **Duchaufour.,(1994)**. Pédologie : sol, végétation, environnement. Edition MASSON, Paris.324P.
- **Faccendini J-P., (1995)**.caractérisation d'une pollution des sols granulaires par des hydrocarbures issus de la pyrolyse de la houille .Thèse doctorat. Ecole nationale des ponts et chaussées. pp77-81.
- **Fattal P.,(2008)**. Pollution des cotes par les hydrocarbures. Presse universitaire de Rennes. 498P.
- **Franennec J.P. ;LeprinceP. ;Trembouse P. ; Favennec J.P.,(1998)**. Le raffinage de pétrole : pétrole brute- produits pétroliers-schéma de fabrication. Edition Technip. Tome 1.
- **Gatellier C. ; Guidin C. ; Rogier Ph. ; (1994)**. Conséquence d'un diversement d'hydrocarbures dans le sol et technique applicable a une réhabilitation. XIIIe journée de l'hydrocarbure. Question VI. Rapport 2 .Paris.
- **Gobat J.M.; Aragno M.; Mattheyw. , (2010)**. Le sol vivant. Bases de pédologie- Biologie des sols.3e edition presses polytechniques et universitaires romandes.820P.
- **Guy A .,(1978)**. Méthodes d'analyses des sols. Edition CRDP MARSEILLE. 191P.
- **Henner P. ; schiavon M. ; Druelle V. ;Lichtfouse E.,(1999)**. Phytotoxicity of ancient gaswork soil .effect of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on plant germination. Org. Geochem. pp30-963.
- **Jeannot R. ; Lemièrre B. ; Chiron S., (2001)**.Guide méthodologique pour analyse des sols pollués (Document du BRGM). 298P.
- **koller E., (2004)**.Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchets, sols, boues). Edition DUNOD, Paris.424P.
- **Lemièrre B. ;Seguin J.J ;Le Guern C. ; Guyonnet D. ;Baranger Ph . ; Darmendrail D. ; Conil P.,(2001)**.Guide sur le comportement des polluant dans les sols et les nappes. Applications dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau. BRGM/RP-50662-FR. 103P.
- **Morgan P.; Watkinson R.J., (1989)**. Microbiological methods for the clean-up of soil and ground water contaminated with halogenated hydrocarbons. FEMS Microbiology reviews. Vol.63. PP: 277-300.
- **Mutin G., (1977)**. *La Mitidja, décolonisation et aspect géographique*. Ed. Office Presse Universitaire, Alger, 606 P.

## Références bibliographiques

---

- **Phillips D.H., (1999).** Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet, *Mutation Research*, 443, pp139-147.
- **Picot A.; Montandon F.,(2013).** Ecotoxicochimie appliquée aux hydrocarbures. Edition TEC et DOC, Lavoisier. 668P.
- **Pranudda P.,(2014).** Etude du comportement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors du déversement accidentel d'hydrocarbures en eaux continentales. Thèse du doctorat en sciences des agroressources. Université de TOULOUSE .183P.
- **Ramade F., (1992).** Précis d'écotoxicologie. Edition Masson, Paris. 300P.
- **Ramade F., (2005).** Eléments d'écologie. Ecologie appliquée. 6 éditions DUNOD. pp862-864.
- **Rouquerol T. ;Amir H. ; Amir A.,(1987).**Effet de l'épandage de résidu pétrolier de raffinerie sur l'évolution de la matière organique. L'activité de densité microbienne d'un sol agricole, *Revue d'écologie et e biologie du sol.*156P.
- **Seltzer.P.,(1946).** Le climat de l'Algérie. inst. Météo. phys. Globe de l'Algérie. Université d'Algérie. Edition Carbohel. 219P.
- **Soltani M.,(2004).** Distribution liquide et voies métaboliques chez quatre bactéries Gram négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone. Thèse de doctorat de l'université paris 6, spécialité chimie analytique.284P.
- **Tarayre C.,( 2012).** Bioremédiation de sols pollués aux hydrocarbures. Editions Universitaires Européennes. 116P.

## Annexes

**Annexe I :** les normes d'interprétations :

**Sol 1:** sol témoin. **Sol 2:** Sol peu pollué. **Sol 3:** sol très pollué.

**Tableau 01:** Interprétation des valeurs du 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

**Tableau 02 :** Interprétation des valeurs de CE (Baize, 2000)

Conductivité électrique mmhos/cm à 25°c	Désignation
<2,5	Non salé
2,5-5	Faiblement salé
5-10	Moyennement salé
10-15	Salé
15-20	Fortement salé
20-27,5	Très fortement salé
27,5-40	Excessivement salé
≤40	Hyper salé

**Tableau 03 :** Interprétation des valeurs du calcaire total (Baize, 1989)

%de Caco3	Qualification
5 à 12,5	Faiblement calcaire
12,5 à 25	Modérément calcaire
25 à 37 ,5	Assez fortement calcaire
37,5 à 50	Fortement calcaire
Plus de 50	Très fortement calcaire

## Annexes

---

**Tableau 04** : Interprétation des valeurs de la perméabilité (Guy ,1978)

Vitesse de filtration	Valeur de K (cm/h)
Très lente	0 à 0.1
Lente	0.1 à 0.5
Assez lente	0.5 à 2.0
Moyenne	2.0 à 6.5
Assez rapide	6.5 à 12.5
Rapide	12.5 à 25
Très rapide	>25

**Annexe II** : les résultats d'analyses.

**Tableau 01** : Les résultats d'analyses du pH

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	8.40	8.00	7.31
R2	8.11	7.89	7.34
R3	8.13	8.05	7.33
Moyenne	8,21	7,98	7,32

**Tableau 02** : Les résultats d'analyses de l'humidité (%)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	4.275	6.705	8.458
R2	4.301	6.689	8.471
R3	4.249	6.719	8.398
Moyenne	4.275	6.704	8.442

**Tableau 03** : Les résultats d'analyses de la Conductivité Electrique (mmhos/cm)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	0.339	0.292	0.223
R2	0.292	0.262	0.229
R3	0.300	0.269	0.269
moyenne	0,310	0,274	0,240

## Annexes

---

**Tableau 04 :** Les résultats d'analyses du Calcaire total (%)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	20	10	5
R2	27,5	16,25	6,25
R3	26,25	11,25	12,5
moyenne	24,58	12,5	7,916

**Tableau 05 :** Les résultats d'analyses de la Perméabilité (cm/h)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	0,868	0,818	0,347
R2	0,806	0,855	0,322
R3	0,880	0,806	0,372
moyenne	0,851	0,826	0,347

**Tableau 06:** Les résultats de la mesure de Température (°C)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	28,5	31	30,4
R2	29,5	31	31
R3	30,1	31	31,7
Moyenne	29.37	31	31.03

**Tableau 07:** Les résultats d'analyses des sels solubles :

Bicarbonate (Meq/l)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	1	3	4
R2	2	2	3
R3	2	3	3
moyenne	1,66	2,66	3,33

Chlorure (Meq/l)

	Sol témoin	Sol peu pollué	Sol très pollué
R1	0,6	1,2	1,4
R2	0,4	1	2
R3	0,6	1,2	1,8
moyenne	0,53	1,13	1,73

## **Résumé :**

Le présent travail a pour objectifs d'étudier l'effet des hydrocarbures sur quelques propriétés du sol (l'aspect physique, chimique et biologique), sur l'environnement et la santé humaine. Les échantillons ont été prélevés d'une station-service « AILAM » dans la région de Fréha.

Les paramètres étudiés sont : le pH, l'humidité, la perméabilité, le calcaire total, la conductivité électrique, les sels solubles (les carbonates, les bicarbonates et les chlorures) et la température.

Les résultats obtenus ont montré que ces carburants ont un effet non négligeable dans la manipulation des propriétés du sol et un rôle important dans la modification des paramètres du sol qui est marqué par la diminution de certains tels que le pH, la vitesse de filtration, la conductivité électrique et le calcaire total, et l'augmentation d'autres dont l'humidité, la température et les anions.

**Les mots clés :** pollution, hydrocarbures, pH, humidité, calcaire total, la perméabilité, la conductivité électrique, les sels solubles et la température.

## **Abstrat:**

The purpose of this work is to study the effect of hydrocarbons on some soil properties (physical, chemical and biological aspects), environment and health human. The samples were taken from an "AILAM" service station in the Freha region.

The parameters studied are: pH, moisture, permeability, total limestone, electrical conductivity, soluble salts (carbonates, bicarbonates and chlorides) and temperature.

The results obtained have shown that these fuels have a significant effect in the manipulation of soil properties and an important role in the modification of soil parameters, which is marked by the decrease of certain parameters such as pH, filtration rate, electrical conductivity and total limestone, and other increase including moisture, temperature and anions.

**Keywords:** pollution, hydrocarbons, pH, moisture, total limestone, permeability, electrical conductivity, soluble salts and temperature.