

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE.



Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme master
En Sciences Biologiques
Spécialité : Ecologie et environnement
Option : biodiversité et environnement

Thème

**Etude des caractéristiques physiques et
chimiques des sols pollués par les
carburants Cas des stations-services de
Ouadhia et Yakourene**

Présenté par : M^{elle} KHIMECHE Ferroudja
M^{elle} OUDAI Sonia

Président de jury :	M ^{elle} ALI –AHMED S.	MAA	à l'UMMTO
Promotrice :	M ^{me} SADOUDI-Ali Ahmed D.	Professeur	à l'UMMTO
Co-promotrice :	M ^{me} LAMRI T.	MAA	à l'UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} CHIBANE G.	MAB	à l'UMMTO

Promotion : 2018/2019



Remerciement

La réalisation de ce travail n'aurait pas possible sans l'intervention d'un grand nombre de personne. Nous tenons à adresser un grand remerciementa tous ce qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à son élaboration.

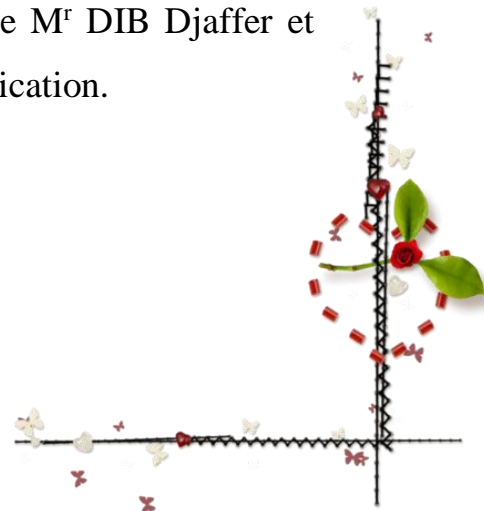
Nous remercions tout d'abord Madame SADOUDI - ALI AHMED Djamilia pour nous avoir proposé cette thématiqueà nous avoir encadrésdurant toute la durée de travail. Nous tenant à leur exprimer toute nos gratitudees et nos reconnaissances d'avoir fait partager leurs connaissancesdans leurs domaines de compétences, pour leur conseil, leur disponibilité et leur investissement dans ce travail de recherche et dans la relecture des articles et de ce manuscrit.

Nous témoignons notre profonde gratitude à l'égard de M^{me} LAMRI Taous son orientation, sa confiance et sa patience qui ont constitué un apport considérable sans la quel ce travail n'aurait pas pu mener au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un grand hommage pour son aide.

Nos vifs remerciements vont aussi aux membres du jury M^{me} ALI AHMED Samira et M^{me} CHIBANE Gouraya pour l'intérêt qu'elles ont porté a notre recherche en acceptant d'examiné notre travail et de l'enrichit par leurs proposition.

Nous souhaitons remercier chaleureusement l'ensemble du personnel de l'laboratoire pédologie et laboratoire commun a la faculté de biologie Mouloud Mammeri.

Nous témoignons notre profonde gratitude a l'égard de M^r DIB Djaffer et M^{elle} ALI AHMED Chafika pour leur aide ainsi que leur explication.





Dédicace

A à mes très chères familles

Ma grande mère

Mon cher papa et ma maman

Pour leur sacrifice et leur amour

A mon mari ferhat

Pour leur soutien tous au long de mes études

Au plus cher frère adoré du monde ahmed

A ma meilleure amie zahia

A mes tantes

A tous mes amis

A mon binôme ferroudja

Tous les mots de monde ne suffirent pas pour exprime

Ma gratitude, mon amour ma reconnaissance

et mon respect pour eux

Je vous dédie ce mémoire.

Sonia





Dédicace

Je dédie cet humble travail

*A mes très chers parents qui m'ont aidé à tracer mon chemin
dans ce monde et leurs sacrifices pour mes études et mon
bien que dieu vous garde et vous protège.*

A mes chers frères et sœurs.

A mon mari.

A tous mes ami(e)s.

A mon binôme Sonia

Ferroudja



Liste des Figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Configuration générale d'une station-service (INERIS, 2002)	8
Figure 2	Structures de quelques hydrocarbures appartenant aux différentes classes (Deprez <i>et al</i> , 1990 ; Bakes et Nichols, 1995 ; Fernández <i>et al</i> , 2012).	12
Figure 3	Processus physico-chimiques et biologiques affectant le devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments (Mirales, 2007).	15
Figure 4	localisation géographique des deux communes (Ouadhia et yakourene) sur la carte de Tizi-Ouzou (Google maps 2013)	19
Figure 5	Données climatiques de la commune de Ouadhia Duran l'année 2018	21
Figure 6	localisation de site d'étude au niveau de la station-service Ouadhia (Google maps 2018).	22
Figure 7	Données climatiques de la commune de Yakourene durant l'année 2018	23
Figure 8	Localisation du site d'étude au niveau de la station-service de Yakourene (Google maps 2018).	24
Figure 9	Taux d'humidité dans le sol témoin et le sol pollué de Ouadhia et de Yakourene	29
Figure 10	Résultats de test ANNOVA à deux facteurs pour la variable humidité	30
Figure 11	: valeur du pH des sols étudiés Ouadhia et Yakourene	31
Figure 12	: Résultats du test ANNOVA a deux facteurs pour la variable pH	32
Figure 13	Conductivité électrique des sols étudiés Ouadhia et Yakourene	33
Figure 14	Résultats du test ANNOVA a deux facteurs pour la variable conductivité électrique	34

Figure 15	Taux de calcaire total dans les sols étudiés de Ouadhia et Yakourene.	34
Figure 16	: le résultat de test d'ANNOVA a deux facteurs pour le taux de calcaire.	35
Figure 17	taux de bicarbonates des sols étudiés de Ouadhia et Yakourene.	36
Figure 18	: Résultats de test ANNOVA a deux facteurs pour la variable teneur du sol bicarbonate.	37
Figure 19	Valeurs de chlorures des sols étudiés	38
Figure 20	Résultats du test ANNOVA à deux facteurs pour la variable "taux de chlorure".	38
Figure 21	taux de carbone organique des sols des stations-services de yakourene et ouadhia	39
Figure 22	Résultats du test ANOVA a deux facteurs pour la variable carbone organique.	40
Figure 23	Taux de matière organique dans les sols étudiés d'Ouadhia et Yakourene .	41
Figure 24	test d'ANNOVA a deux facteurs pour la variable matière organique	42
Figure 25	Graphe ACP (Variable) pour les paramètres physicochimiques (PH, H, CEC, cal) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene)	43
Figure 26	Graphe ACP (Individus) pour les paramètres physicochimiques (PH, H, CEC, cal) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene).	43
Figure 27	Graphe ACP (Variable) pour les paramètres physicochimiques (MO, les bichromates, carbone organique et le chlorure) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene)	44
Figure 28	Graphe ACP (Individus) pour les paramètres physicochimiques (MO, les bichromates, chlorure, et le carbone organique) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene).	45

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableaux1	Principaux constituants du sol (Soltner, 2005)	4
Tableaux2	Tableau 2 : Classes des différents hydrocarbures (Nyer et <i>a l.</i> , 1998)	9
Tableaux3	Solubilité des hydrocarbures (Iacaze, 1980)	11
Tableaux4	Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures	14
Tableaux5	Méthodes et paramètres utilisés	26
Tableaux6	Résultats de Newman et Keuls pour la variable humidité des deux stations	31
Tableaux 7	Résultats de Newman Keuls pour la variable PH des deux stations	32
Tableaux 8	Résultats de Newman et Keuls pour la variable calcaire des deux stations.	35
Tableaux 9	Résultats de Newman et Keuls pour la variable teneur en bicarbonate	37
Tableaux 10	Résultats de Newman et Keuls pour la variable teneur en bicarbonate	39
Tableaux 11	Résultats de Newman et Keuls pour la variable carbone organique.	41
Tableaux 12	Résultats de Newman et Keuls pour la variable matière organique	42

Liste des abréviations

C : Carbone total

CE : Conductivité électrique

H : Humidité

MO : Matière organique

Ct : Calcaire total

PPC ; pollution peu concerté

Pc : pollution très pollué

T : témoin

Y : Yakourene

W : Ouadhia

Csa : continental semi-aride

Table des Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale 1

Partie théorique

I. Généralités sur le sol 3

I.1.Définition du sol 3

I.2.Origine et constituants du sol 3

I.3.Propriétés du sol 5

I.3.1.Propriétés physiques du sol 5

I.3.1.1.Structure 5

I.3.1.2.Texture 5

I.3.1.3.Perméabilité du sol à l'eau et à l'air 5

I.3.1.4.Rétention de l'eau 5

I.3.1.5.Porosité 5

I.3.1.6.Connectivité 5

I.3.2.Propriétés chimiques 6

I.3.2.1.Humidité du sol 6

I.3.2.2.pH du sol..... 6

I.3.2.3. Conductivité électrique	6
I.3.2.4. Capacité d'échange cationique (CEC)	6
I.3.2.5. Matière organique	7
I.3.2.6. Calcaire dans le sol	7
I.4. Description d'une station-service	7
II. Pollution du sol	7
II.1. Définition du sol pollué.....	8
III. Carburant	9
III.1. Classifications des carburants et leur composition	9
III.2. Définition des hydrocarbures	10
III.3. Origines des hydrocarbures	10
III.4. Propriétés des hydrocarbures	10
III.5. Classification des hydrocarbures	12
III.6. Source de la contamination du sol par les hydrocarbures	13
III.7. Comportement et devenir des hydrocarbures dans le sol	14
III.8. Effets éco-toxicologiques des hydrocarbures	17
III.8.1. Effets des hydrocarbures sur l'environnement	17
III.8.2. Effets sur les propriétés du sol	17
III.8.3. Effets des hydrocarbures sur le végétal.....	18
III.8.4. Effets des hydrocarbures sur la santé humaine	18
IV. Législations et réglementations	19
IV.1. Réglementation nationale	19
IV.2. Texte législatif et réglementation applicable à la station-service	19

Partie pratique

I .Présentation des régions d'étude	20
I.1. Région de Ouadhia	20
I.1.1.Situation géographique et administrative	20
I.1.2. Relief et pentes	21
I.1.3. Données climatiques	21
I.1.4. Données floristiques	22
I.1.5. Description de site d'étude	22
I.2.La région de Yakourene	22
I.2.1. Situation géographique et administrative	22
I.2.2. climat	23
I.2.3.Données floristiques	23
I.2.4. Description de site d'étude	24
II. matériels utilisés.....	24
II.1. Méthode d'échantillonnage	25
II.2. Analyses des échantillons	25
II.3. Méthodes d'analyse	26
II.3.1.pH	26
II.3.2.Humidité ou teneur en eau	26
II.3.3. Conductivité électrique du sol (CE)	27
II.3.4. Dosage du calcaire total	27
II.3.5.Dosage des anions (les sels solubles)	27
II.3.6. Dosage du carbone organique	28

III. Analyses statistiques 28

I. Résultats des analyses physiques et chimiques des sols prélevés dans les deux stations d'étude Yakourene et Ouadhia 29

I.1. Les paramètres physiques 29

I.1.1. L'humidité 31

I.2. Les paramètres chimiques 31

I.2.1. Le potentiel hydrogène (pH) 31

I.2.2. Conductivité électrique (CE) 33

I.2.3. Calcaire total (CaCO₃t) 34

I.2.4. Les sels solubles..... 35

I.2.5. Carbone organique 39

I.2.6. Le taux de matière organique (Mo) 40

I.3. Analyse en composantes principales (ACP)..... 42

Conclusion générale 46

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction général

Introduction générale

L'utilisation de pétrole brut est large et variée. Le pétrole constitué d'hydrocarbures toutes fois, il ne peut être utilisé directement comme combustible

Les carburants sont des produits issus du pétrole. Ils sont souvent liquides et rarement gazeux dont la combustion, en présence d'un comburant tel que l'air, fournit de l'énergie mécanique permettant le fonctionnement des moteurs thermiques, qu'ils soient à piston de type essence ou diesel.

La production des essences et des gazoles, à la fois en quantité suffisante pour satisfaire les besoins du marché et en qualité conformant aux normes, est depuis longtemps un problème principal auquel l'industrie du raffinage doit faire face.

Les essences et les gazoles commerciaux ont différentes caractéristiques physiques et chimiques qui déterminent leur comportement et leur qualité

Parmi les différentes substances polluantes pouvant se retrouver dans les sols suite à diverses activités humaines (c.-à-d. de sources anthropiques), les hydrocarbures ont reçu une attention particulière en termes d'accumulation dans les sols, d'absorption par les plantes et de contamination des eaux souterraines. Par ailleurs, à l'inverse des contaminants organiques, les hydrocarbures ne sont pas dégradés ou éliminés par les mécanismes naturels. En outre, leur persistance dans les sols semble nettement plus grande que dans les autres compartiments de la biosphère (hydrosphère, atmosphère).

Le sol doit être protégé en tant que ressource naturelle car il contient des substances essentielles au maintien des écosystèmes et des populations humaines, tels les minéraux essentiels, l'eau et les éléments traces. De plus, il agit comme tampon lors du transport de substances polluantes entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Par ailleurs, le sol peut servir de réservoir pour les substances polluantes en les accumulant et en les concentrant à des niveaux largement supérieurs aux concentrations retrouvées dans l'eau interstitielle.

Dans cette optique, nous nous sommes intéressés à la caractérisation physique et chimique du sol de deux stations-services de la wilaya de Tizi-Ouzou à savoir Yakourene et Ouadhia. Nous avons retenu trois points pour prélever les échantillons, le premier se situe au niveau de point de rejet (source de pollution). Le deuxième à 10 m du point de rejet et le troisième assez Loing 60 m de la source de pollution.

Le présent mémoire est structuré en chapitres dont, le premier consiste à une revue bibliographique sur le sol et Des composants, la pollution du sol, les types et les propriétés physico-chimiques des polluants.

Introduction générale

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation de l'ensemble des protocoles expérimentaux, la méthodologie suivie dans la caractérisation des sols.

Dans le troisième chapitre, nous présenterons l'ensemble des résultats obtenus et leurs interprétations. On termine par une conclusion générale et quelques perspectives.

Partie Théorique



Chapitre I :
Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le sol

Les sols sont des systèmes multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limon, argile, matière organique, nutriments, ...etc.). En outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (**Sposit, 1997**). 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 superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (**Legros, 2007**).

I.2. Origine et constituants du sol

Le sol apparaît, s'approfondit et se différencie en strates superposées : les horizons pédologiques qui forment le profil pédologique. Il atteint finalement un état d'équilibre avec la végétation et le climat (**Lozet et Mathieu, 1997**).

Le sol provient de la décomposition et de l'altération des roches par l'action de l'eau, de l'air et des êtres vivants (**Soltner, 2005**).

Les principaux constituants du sol sont présentés dans le tableau 1

Tableau 1 : Principaux constituants du sol (Soltner, 2005)

	Constituants solides		Constituants Liquides (solution du sol)	Constitutions gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organique		
Origine	Désagrégation Physique et altération biochimique des roches.	Décomposition des être vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, Matières en Décomposition respiration.
Critères de classement	Taille (granulométrie) Qualité (minéralogie)	Etat (vivant, mort) Qualité chimique (originelle, transformée).	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique) qualité chimique.	Origine (air, Organismes) Qualité chimique
Catégories	*Selon la granulométrie Le squelette (>2mm) Terre fine (<2mm) *Selon la minéralogie : .Quartz .Minéraux silicatés .Min. Carbonaté.	*Organismes vivants *Organismes morts *Matières organique Héritée : cellulose, Lignine, résine *Matières organiques humifiées : acidesfluviqes et humiques, humines.	*Eau *Substances Dissoutes : .Glucides .Alcools .Acides .Minéraux .Organiques .Cations .anions.	Gaz de l'air : N ₂ , O ₂ , CO ₂ , Gaz issu de la respiration et de la décomposition des organismes : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₃ .

I.3. Propriétés du sol

I.3.1. Propriétés physiques du sol

I.3.1.1. Structure

La structure d'un sol est l'assemblage, à un moment donné, de ses constituants solides. La stabilité structurale dépend de la matière organique des sols.

Le complexe argilo-humique joue un rôle structural qui est plus ou moins important selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type d'argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profonde des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritives du sol (**Soltiner, 2004**).

I.3.1.2. Texture

La texture du sol est à la base de toutes les autres propriétés. C'est la propriété qui traduit de manière globale la composition granulométrique de la terre fine (**Gobatet *al.*,2010**). Elle constitue un caractère fondamental du sol, car elle influe sur :

I.3.1.3. Perméabilité du sol à l'eau et à l'air

La perméabilité est indépendante du taux de la matière organique. Le critère retenu pour mesurer la perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau exprimée en Cm³/h. Le taux élevé de la matière organique n'implique pas forcément une bonne perméabilité (**Redlich, 1975**).

I.3.1.4. Rétention de l'eau

Sous forme de vapeur ou liquide, l'eau occupe environ un quart du volume d'un sol, quand ce dernier est saturé, l'eau qui percole à travers une tranche du sol le fait sous l'influence de la gravité (**Koller ,2004**).

I.3.1.5. Porosité

La porosité d'un sol est une grandeur physique qui exprime le rapport entre le volume occupé par ses pores et son volume total.

Considérons un échantillon de matériau terreux. Soient v_a le volume total de cet échantillon qui est qualifié d'apparent puisque c'est le volume qui est directement aperçu et v_s le volume occupé par les particules du sol. La porosité totale θ_t est définie par l'équation suivante selon **Calvet (2003)**. $\theta_t = 1 - v_s / v_a$.

I.3.1.6. Connectivité

Elle exprime l'importance des connexions entre les pores qui est un déterminant de la continuité de la phase gazeuse, donc de l'écoulement de l'air (**Boudouch, 2009**)

I.3.2. Propriétés chimiques

I.3.2.1. Humidité du sol

L'eau joue un rôle essentiel dans tous les phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui se produisent dans le sol. Elle pourra entrer en compétition avec les molécules organiques pour l'adsorption sur les matériaux solides, entraînant une baisse de l'adsorption des polluants lorsque le taux d'humidité du sol augmente (**Sayyad et al., 2010**).

I.3.2.2. pH du sol

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

I.3.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique du sol est un indice de la teneur en sels solubles dans ce sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutions ionisables présentes dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs de charges électriques augmente (**Clément, 1998**).

I.3.2.4. Capacité d'échange cationique (CEC)

Elle exprime l'aptitude d'un sol à retenir des cations sous forme échangeable. La capacité d'échange cationique est une propriété des sols utile et intéressante. Elle est utile car elle permet de caractériser les sols du point de vue de la régulation de la composition ionique de la solution du sol. (**Calvet, 2003**).

La CEC des sols est très variable en fonction de leur composition, elle est d'ailleurs, souvent très positivement corrélée à la teneur en argiles (**Baise, 2000**).

I.3.2.5. Matière organique

La matière organique se présente dans le sol pour une part sous forme de résidus végétaux ou animaux plus ou moins reconnaissables, et pour le reste sous forme des substances adhérentes à la fraction minérale (**Henin et al., 1969**). La fraction organique intervient bien pour conférer une certaine cohésion aux particules de terre. Ces actions diverses vont dépendre de la nature des matières organiques (**Henin, 1976**).

I.3.2.6. Calcaire dans le sol :

Le calcaire peut se trouver dans le sol à l'état de fragments de dimension quelconque depuis les blocs et les graviers jusqu' à la taille des colloïdes argileux. Généralement, les fragments sont des parties de la roche mère. Il arrive aussi que le calcaire du sol ait une origine biologique et qu'il soit constitué partiellement ou en totalité par des coquilles de gastéropodes (Hélicidés) (**Clément, 1998**).

I.4. Description d'une station-service

Patej et al., (2002) décrit une station-service comme une installation constituée de trois zones principales.

Une station-service est une installation constituée de trois zones principales, la zone de distribution, la zone de dépotage et la zone de boutique et de caisse. Toutes ces zones sont situées en surface (**patej et al.,(2002)** (figure1)

La zone de distribution correspond à une zone de roulage où l'usager vient s'approvisionner en carburant et est composée de différentes bornes de distribution permettant le service de carburant en simultané.

La zone de dépotage, quant à elle, permet d'effectuer le remplissage des cuves de carburant par camion-citerne. Dans certain cas, cette zone de dépotage peut se trouver confondue à la zone de distribution, le dépotage de camion-citerne se fait au même endroit que le remplissage de réservoir de l'usage.

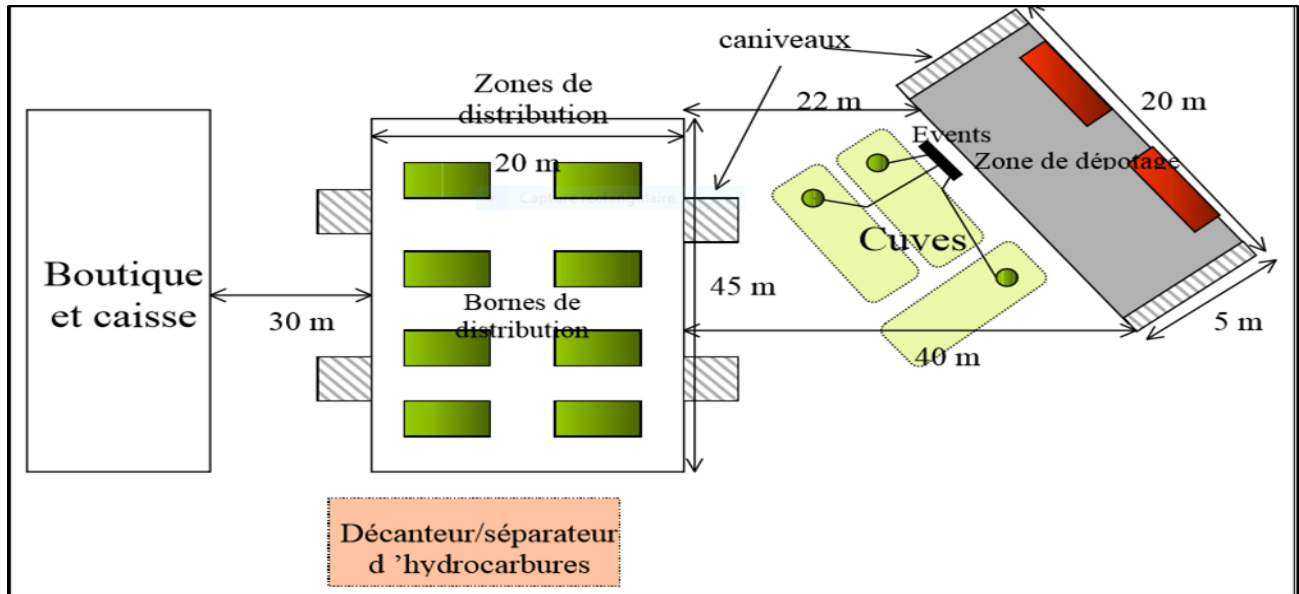


Figure 1 : Configuration générale d'une station-service (INERIS, 2002)

II. Pollution du sol

La pollution peut être définie comme étant une modification défavorable de l'équilibre naturel susceptible de mettre en danger la santé de l'homme, les ressources biologiques, la faune et la flore. Cette modification résulte en totalité de l'action humaine.

Parmi les pollutions les plus redoutables sur l'environnement, la pollution pétrolière qui relève, à la fois, de la pollution chimique et organique. Elle est surtout importante en mer et sur les côtes.

La présence des hydrocarbures dans les différents milieux naturels provoque des effets

Désagréables pour l'homme et elle est la cause de propriétés organoleptiques mauvaises pour les animaux flirteurs deviennent de véritables réservoirs de mazout (**Lamotte et Bourlier, 1983**).

II.1. Définition du sol pollué

Un sol pollué est un sol qui présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement (**Khellout, 2004**).

III. Carburant

Un carburant c'est une substance dans la combustion permet le fonctionnement des moteurs thermiques, c'est un mélange du plusieurs espèces chimiques et plusieurs dizaines d'hydrocarbures (**Hugop, 2006**).

Le carburant utilisé en automobile est composé d'un mélange des hydrocarbures (97%-98%), composant chimique formants de deux corps : le cabrant et l'hydrogène (H) et des résidus d'impuretés et d'additifs (2-3%) (Eau, soufre plomb alcool) (**Ballerini et al., 2019**).

III.1. Classifications des carburants et leur composition

Les différentes classes des hydrocarbures sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Classes des différents hydrocarbures (**Nyer et al., 1998**)

Produits	Composants majeures
Gaz	Alcanes normaux et ramifiés contenant 1à15 atomes de carbones
Essence	Hydrocarbures normaux et ramifiés contenant 6à10 atomes de carburant cyclo alcanes et les alkyl benzènes.
Kérosène /diesel	Contenant 11à12 atomes de carbones. les hydrocarbures normaux et ramifiés contiennent généralement un niveau faible, des hydrocarbures benzéniques et poly aromatiques.
Gazoles légères	Hydrocarbures contenant 12à 18 atomes de carbones. Ils ont un faible pourcentage d'alcanes et Contiennent les oléfines telles que les styrènes .qui incluent le diesel et les huiles de moteurs.
Gazole lourds et huiles lubrifiantes légères	Hydrocarbures contenant 18à25 atomes de carbones
Lubrifiants	Hydrocarbures contenant 26à38 atomes de carbones
Asphaltes	Composés lourd polycycliques

III.2. Définition des hydrocarbures

Les hydrocarbures regroupent différents produits pétroliers (pétrole brut, pétrole raffinés, kérosène, essence, huiles lubrifiantes et huile à moteurs (**Richard , 1984**)

Ils sont émis dans l'environnement via des phénomènes naturels et via des activités anthropiques. En définit les hydrocarbures comme des familles de la dérive qui sont basés sur des coupes de raffinages pétroliers (**Lumière et al., 2001**).

III.3. Origines des hydrocarbures

Selon **Battaz (2009)** et lors de la rédaction du plan air climat (2002) les principales sources des hydrocarbures dans l'environnement sont :

- Le transport (89%des émissions des hydrocarbures).
- Le chauffage.
- l'exploitation des gisements.
- l'extraction.
- Les rejets telluriques d'origine terrestre apportés par les cours d'eau.
- Les sources naturelles (débris d'algues, résidus de la faune marines et le plancton atmosphériques.

III.4. Propriétés des hydrocarbures

Il est essentiel de connaitre les propriétés physiques et chimiques des hydrocarbures pour être capables de déduire leurs comportements une fois qu'ils seront soumis à l'environnement. (HARNOIS LUC ; 2001).

La densité : La plupart des hydrocarbures sont plus légers que l'eau ($d < 1$), la densité d'un hydrocarbure déterminera :

- Sa capacité à flotter ;
- Sa tendance à se volatiliser ;
- Sa fluidité (**Lallemand, 1974**).

La viscosité

La viscosité est représentée par la résistance à l'écoulement : Cela veut dire que les hydrocarbures à haute viscosité s'écoulent difficilement, par contre ceux à faible viscosité sont très fluides.

La viscosité des paraffines normales augmente avec le nombre d'atomes de Carbone. Ceci résulte de l'augmentation des forces de cohésion intermoléculaire et des enchevêtrements qui empêchent les molécules de glisser les unes sur les autres. Les ramifications sur les chaînes principales diminuent la viscosité (**Lefebvre, 1978**).

Point d'écoulement

C'est la température en dessous de laquelle un hydrocarbure ne s'écoule plus. Si la température ambiante est inférieure à son point d'écoulement, le produit se comporte comme un solide (**Lallemand, 1974**).

Les caractéristiques de distillation

Elles reflètent sa volatilité. Lorsque la température d'un hydrocarbure augmente, certains composés de ce produit arrivent à leur point d'ébullition et se distillent (**Lefebvre, 1978**).

La solubilité

La solubilité des hydrocarbures dans l'eau augmente avec la polarité des composés, c'est-à-dire, quand leur poids moléculaire diminue (**Mattei.g, 1995**). Les hydrocarbures aromatiques sont les plus solubles, ce qui accentue leur toxicité (**Lacaze, 1980**) (tableau 3).

Tableau 3 : Solubilité des hydrocarbures (lacaze, 1980)

Type d'hydrocarbure	Solubilité mg/L	Type d'hydrocarbure	Solubilité mg /L
Paraffine :		Oléfine :	
-iso pentane	48	-éthane	131
-n-hexane	9.5	-propène	200
-tri méthyle pentane - 2, 2,4	2.5	-hexane-1	50
-n-octane.	0.7	Aromatique :	
Cyclo paraffiné :		-benzène	1780
-cyclopentane	156	-toluène	515
-cyclohexane-cyclo	55	-o-xylène	175
octane	7.9	-ethylbenzène	125

III.5. Classification des hydrocarbures

Les hydrocarbures peuvent être regroupés en trois familles :

A. Hydrocarbures aliphatiques : les hydrocarbures saturés : formule générale C_nH_{2n+2}

La chaîne carbonée est constituée uniquement de liaisons simples covalentes et non polaires. Représentées par les alcanes et les cycloalcanes (**Hart et Conia, 2002**).

Les hydrocarbures insaturés présentent une à plusieurs double(s) liaison(s) alcènes ou triples liaisons alcynes. La formule générale C_nH_{2n-2} (**Bakes et Nichols, 1995**).

B. Hydrocarbures cycliques : dans la chaîne carbonée forme une sorte de boucle fermée, qui sont les cycloalcanes (saturés), les cycloalcènes et les cycloalcynes (insaturés) (**Arnaud, 2004**).

C. Hydrocarbures aromatiques : qui comportent un cycle aromatique (composé monoaromatique) ou plusieurs cycles aromatiques (polyaromatiques). Représentent que par 10 à 30% des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier (**Soltani 2004**).

Les hydrocarbures aromatiques monocycliques HAM : ce sont des hydrocarbures qui comprennent un seul cycle benzénique C_6 sur lequel se lie une grande variété de radicaux (**Lumière et al., 2001**).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques : ce sont des hydrocarbures qui comprennent ou moins deux cycles aromatiques (**Cristian, 2006**).

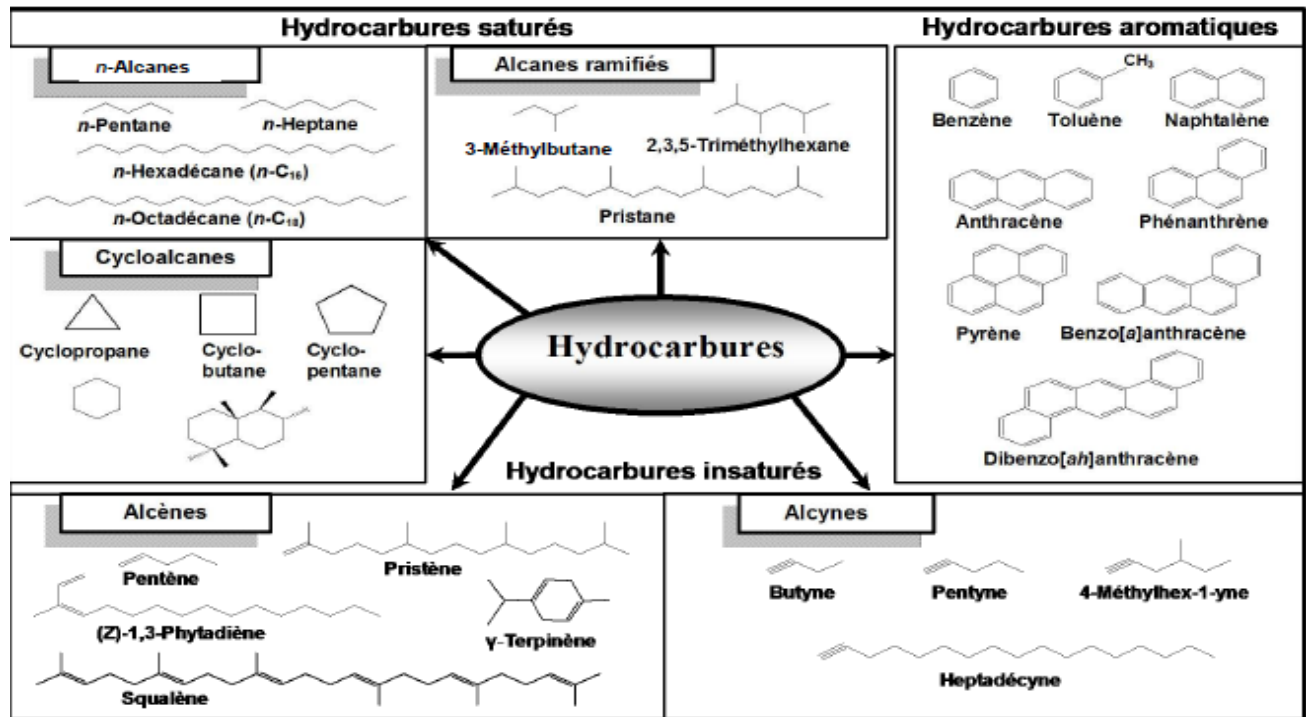


Figure 2. Structures de quelques hydrocarbures appartenant aux différentes classes (Deprez *et al.*, 1990 ; Bakes et Nichols, 1995 ; Fernández *et al.*, 2012) .

III.6. Source de la contamination du sol par les hydrocarbures

Ces derniers temps, une augmentation importante de la consommation des hydrocarbures est remarquée. Ces hydrocarbures sont libérés dans l'environnement par deux phénomènes ; soit naturellement (émission par la végétation, érosion du sol ils sont présents dans l'environnement sous forme de trace tandis que ceux d'origine anthropique sont présents avec des concentrations élevées (Marelin, 2000).

Les hydrocarbures s'accablent ainsi par l'utilisation du pétrole et des dérivés par raffinage du pétrole qui transforme de grande quantités des hydrocarbures et aussi par la combustion et la pyrolyse de la matière organique (Rene *et al.*, 1989).

Dans le cas de la station-service, la principale cause de pollutions du sol par les hydrocarbures c'est le diversement des hydrocarbures lors de remplissage des cuves de stockage de la station ou de la distribution des carburants, ou lors d'une fuite dans les réservoirs ou dans la canalisation entre les citernes et les pompes (Colin, 2000).

Selon **Lavalé (1980)**, les sources de la pollution du sol par les hydrocarbures sont diverses et leurs disséminations au niveau du sol est hétérogène. La pollution peut être :

- Diffuse : représente généralement des déversements non limités à un seul site du rejet.
- Ponctuelle : la source de pollution en milieu urbain qui sont les influents industriel et d'usine d'épuration des eaux, concerne généralement des surfaces limitées (exemple : station-service).

D'après **Benchouk A (2017)** la pollution par les hydrocarbures est en général :

- Pollution chronique : ce sont des rejets contenant des produits raffinés, pendant des opérations d'entretiens des ravines ;
- Pollution accidentelle : la plus déroulé est celle de déversement du pétrole brut dans l'environnement.

III.7. Comportement et devenir des hydrocarbures dans le sol

Gabet (2004) rappelle que les hydrocarbures émis dans l'environnement, le sol est leur principal point de fuite, faiblement soluble dans l'eau et peu biodégradable ce sont des polluants rémanents souvent associés à un caractère toxique et cancérigène.

Ce déversement d'hydrocarbures implique principalement quatre types de produits ou comportement différents selon leur propriété (Tableau 04).

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures (Cedre, 2009).

Nature des hydrocarbures	Persistance, évaporation et solubilité
Essence	Persistance très faible. S'évapore librement à l'air libre. Solubilité (100-250 mg ⁻¹ dans l'eau)
Gasoil-kérosène fiOLE domestiqué	Persistance faible. S'évapore à des températures ambiantes (40% en 24 heures). Insoluble dans l'eau.
Fioles lourds et résidus opérationnel	Persistance moyenne. Evaporation faible 10%. Solubilité <0.1 g / l (à 20 %)
Résidus brutes paraffinés	Persistance faible. Evaporation très faible. Solubilité très faible

Le comportement des hydrocarbures dans le sol représenté par l'ensemble des transformations qu'il subit une fois déverser dans le sol ils sont soumis à des processus d'altération et de modification de leur propriété physico-chimique initial. Qui sont ultimement détecté par les différents processus (Nicolas, 2014).

➤ **Evaporation** : se produit dans quelques minutes qui suit le versement, les particules les plus faibles poids moléculaires les plus volatils, les hydrocarbures déversent dans l'atmosphère a un certain taux déterminé par le type d'hydrocarbure (Rei, 2009).

➤ **Dissolution** : ainsi il se produits rapidement avec le déversement de carburant, affecte principalement les produits de faible poids moléculaire. La dissolution des hydrocarbures est affecté par plusieurs facteurs la température, étalement de la nappe, l'épaisseur de la couche des hydrocarbures et degrés de dispersion de la nappe (Prince et al., 2003).

➤ **Biodégradation** : Selon Lacompte (1995), la biodégradation est l'ensemble des mécanismes de transformation des contaminants en différent sous-produits par l'action des microorganismes.

La dégradation des hydrocarbures est un phénomène naturel qui est active par les microorganismes (Lacompte, 1995 et Fattal, 2008).

• **Dégradation biotique** : c'est la transformation des substances par des organismes vivants, cette biodégradation biotique est déterminée par des paramètres environnementaux physicochimiques et biologiques et dépend fortement des populations des microorganismes en question (Andret et Frédéric, 2003).

• **Dégradation abiotiques** : Due à des phénomènes physique et chimiques se fait sous l'action de la lumière (photolyse) ou de l'eau (hydrolyse) ou par voie anaérobie absence de l'oxygène (Bekennice, 2014)

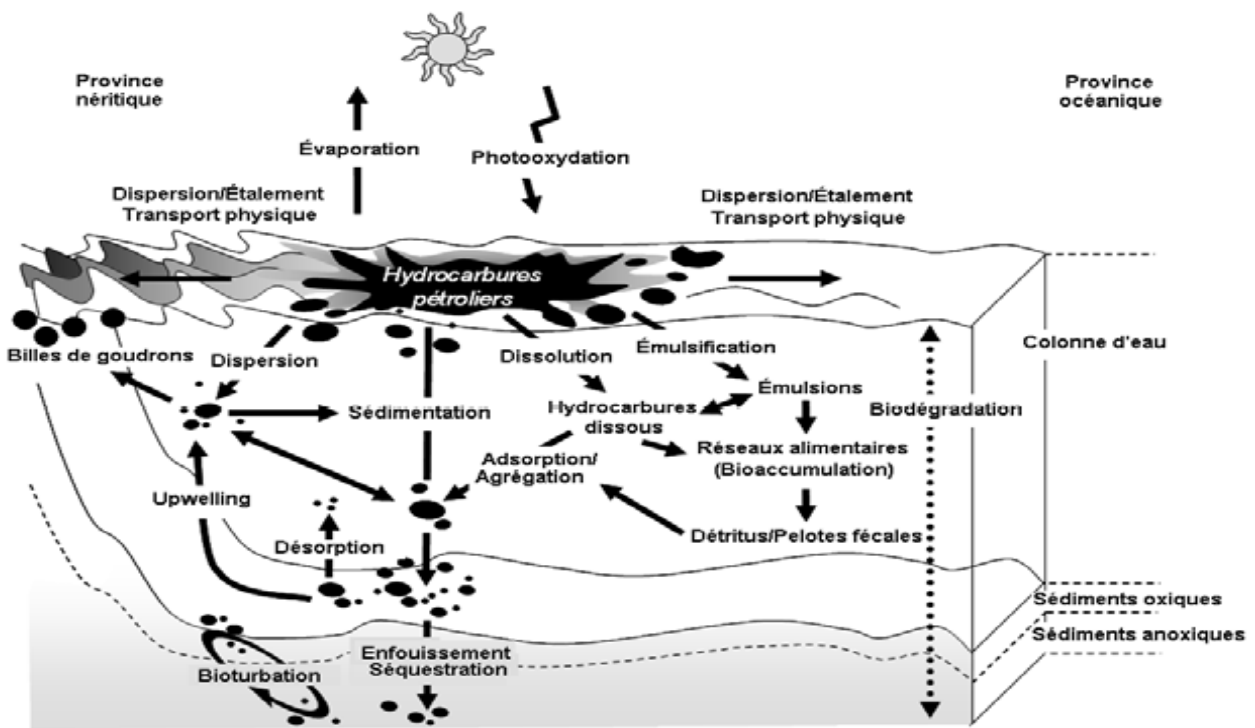


Figure 3 : Processus physico-chimiques et biologiques affectant le devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments (Mirales, 2007).

III.8. Effets éco-toxicologiques des hydrocarbures

III.8.1. Effets des hydrocarbures sur l'environnement

Les carburants contiennent des particules très toxiques telles que le benzène, le toluène et le xylène. Les composés les plus légers de chaque classe sont les plus dangereux ; leur toxicité tend à augmenter en relation avec la grosseur de la molécule (**Le gaz, 1980**).

En effets, les hydrocarbures rejetés dans l'environnement ont des répercussions néfastes aussi bien sur les plantes et les animaux que les humaines est particulièrement sur le sol (**Bounif et Mekbel, 2005**).

III.8.2. Effets sur les propriétés du sol

➤ **Effets sur les propriétés physiques** : des études réalisées par (**Requerol , 1987**) ont démontré l'effets des hydrocarbures sur le sol.

Ont montrés que les hydrocarbures enrobaient les particules minérales et assurent leur dispersion (**Requerol et al., 1987**).

D'après**Metter et al., (1987)** la présence des hydrocarbures améliore la stabilité structurale du sol, accroît sa rétention en eau et réduit leur mobilité.

Les hydrocarbures en colmatant les pores, diminuent sensiblement les perméabilités des sols (**Colin, 2000**).

➤ **Effets sur les propriétés chimiques** : l'effet des hydrocarbures sur les propriétés chimiques du sol :

- Augmentation des éléments chimiques à l'état des traces tels que le manganèse (Mg) et le fer (Fe) et le zinc (Zn) (**Sauchelssi, 1969**).

- L'augmentation de la conductivité électrique (CE) entraîne l'inhibition de certaines plantes très sensibles à la présence de sels (**Karraginnidis, 1999**).

- Diminution du pH du sol et augmentation de taux du carbone organique total (**Chaineau et al., 1997**)

➤ **Effets sur les propriétés biologiques**

Selon**Duchaufour(1991)**, l'effet des hydrocarbures sur l'activité biologique du sol dépend de leur nature et de leur concentration dans le sol et des facteurs extérieurs liés ou sol.

Riviere et Gattelier (1976), ont affirmé qu'un sol imprégné par les hydrocarbures présente un très grand nombre de germes (bactéries, actinomycètes, champignons) revivifiables.

D'après **Amirvetal., (1987)**, la pollution du sol par les hydrocarbures a pour effets global une multiplication intense de la microflore.

III.8.3. Effets des hydrocarbures sur le végétal

Pour les biologistes, l'impact des hydrocarbures est beaucoup plus complexe et son appréciation n'est pas aussi immédiate. Le taux de mortalité visible chez les végétaux n'est qu'une part infime de destruction totale

Les hydrocarbures n'ont pas d'effets directs sur le végétal, ils ont des effets sur le milieu qui vont se traduire plus tard sur les espèces végétales. En effet, ils modifient pour longtemps les caractéristiques du milieu (**Pierr, 1983**).

Fonctionnement des plantes (système racinaire) : Un intérêt plus approfondi est porté sur le fonctionnement du système racinaire, première organe, en contact avec le polluant dans le sol ; les hydrocarbures influent la croissance racinaire (**Dupuy, 2014**).

Les racines sont la voie principale identifiée dans le cas de la pollution supérieure pour le transfert des hydrocarbures (**Collins et Finregin, 2010**). Selon les études les quelles observés ; l'accumulation des hydrocarbures dans la partie aérienne d'espèces végétales cultivées sur la terre contaminée est en relation directe avec le poids moléculaire du polluant ; plus que le poids est faible plus leur transfert est facile vers le tissu racinaire (**Kipoulou et al., 1999 ; Bakker et al., 2000 ; Fises et al., 2002 ; Txo et al., 2004 ; Gao et al., 2004 ; Gao et al., 2004 ; Xu et al., 2005**).

III.8.4. Effets des hydrocarbures sur la santé humaine

Comme tous les êtres vivants l'homme n'est pas exposé directement à la contamination par les hydrocarbures pétroliers. Il est peut-être exposé à l'intoxication par ces produits par inhalation ou ingestion directe en consommant des aliments d'origine végétale ou animale, qui ont été en contact avec des hydrocarbures ; c'est une consommation très dangereuse par l'effet de sommation.

Les hydrocarbures agissent d'une façon indirecte en diminuant la quantité d'oxygène (**Gougam, 1990**).

IV. Législations et réglementations

IV.1. Règlementation nationale

- Décret présidentiel n°04-326 du 10 octobre 2004 portant ratification de la convention internationale de 1990 sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures faits à l'ordre de 30 novembre 1990 (J O n°43,2003).
- La loi 05 -07 du 28 avril 2005, elle définit le cadre législatif applicable aux projet relative ou hydrocarbures (J O n°43 ,2005).

IV.2. Texte législatif et règlementation applicable à la station-service

- Arrêt interministériel du 02/09/1989 modifiant l'arrêté interministériel de 20/09/1983 portante condition d'aménagement et d'exploitation de l'installation gaz, pétrole liquéfié.
- Décret n°06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable à l'établissement classes pour la protection de l'environnement.
- Loi n°01- 19 du 19 décembre 2001relative a la gestion, au contrôle de l'élimination des déchets.
- Décret n°93 -162 du 10 juillet 1993, fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagés.
- Décret n°97 – 435 du 17 novembre 1997 portant réglementation du stockage et de la distribution des produits pétroliers.

Partie Pratique



Chapitre II :
Matériel et Méthodes

I. Présentation des régions d'étude

Les deux sites d'étude sont localisés au niveau de la région Tizi-Ouzou (figure 4).

Le premier site est localisé au niveau de la commune de Ouadhia (daïra Ouadhia) au niveau d'une station-service. Le deuxième site au niveau de la commune Yakourene Daïra Azazga à proximité d'une station-service.



Figure 4 : localisation géographique des deux commune (Ouadhia et yakourene) sur la carte de Tizi-Ouzou (Google maps 2013)

I.1. Région de Ouadhia

I.1.1. Situation géographique et administrative

La commune de Ouadhia est située à 19 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est délimitée : au nord Béni douala et ait Mahmoud .au sud par Agouni Guerghan à l'est par Beni Yenni à l'ouest par Mechtras.

Elle est accessible par l'est à partir de la route N30 par taux (Tighilt Mahmoud) Ouadhia et par W147 village souk el théine et aussi par béni douala.

D'une superficie de 26.9 km², la commune de Ouadhia est composée à sa création de 9 localités et elle compte environ 15479 habitants.

I.1.2. Relief et pentes

Le réseau hydrographique de Ouadhia est notamment représenté par des cours d'eau (oued). La plupart des oueds s'écoulent en été le plus important est celui de assifghilimoula

I.1.3. Données climatiques

Le climat à Ouadhia, est chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Ouadhia qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Ouadhia affiche une température annuelle moyenne de 17.2 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 821 mm. Au mois d'août, la température moyenne est de 27.4 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 8.8 °C (Figure 5).

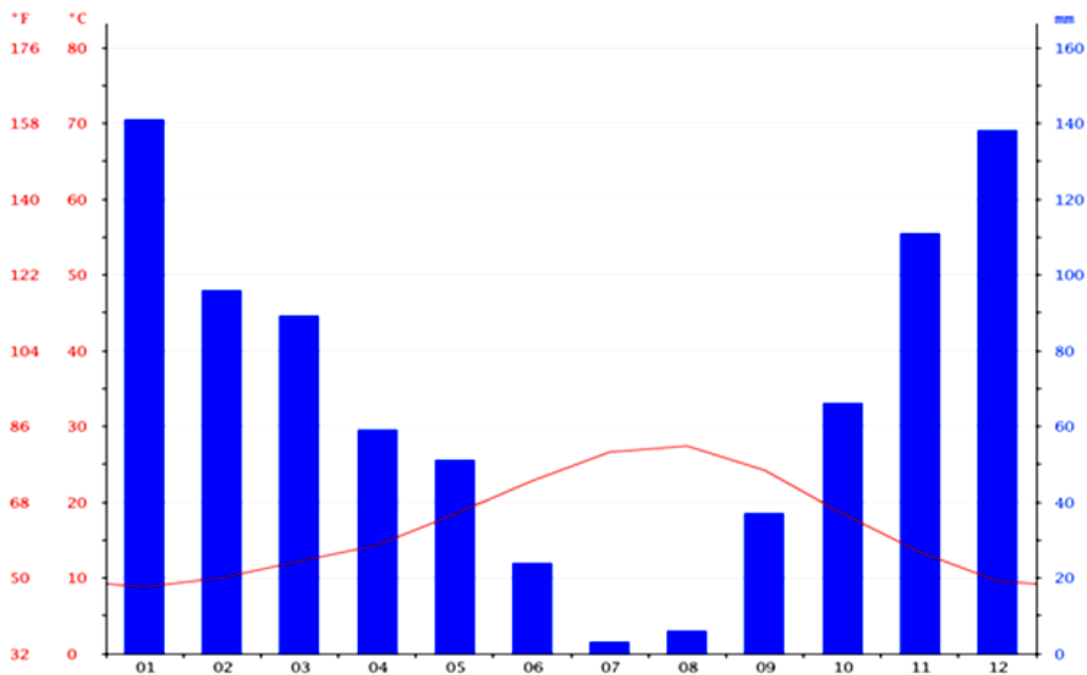


Figure 5 : Données climatiques de la commune de Ouadhia durant l'année 2018

I.1.4. Données floristiques

La station-service Ouadhia est situé dans un territoire constitué par des terres agricoles qui occupent 80% de la commune, avec des forêts légèrement denses dominées par chêne zêneet le chêne liègeet l'olivier.

I.1.5. Description de site d'étude

Le site d'étude est situé au niveau de la commune de Ouadhia.il présente une pente d'environ 8 % et il est situé à une altitude 619.34 m la station de service est entouré par une habitation denses et des terrains agricoles situés sur la route nationale N30, (Figure 6).

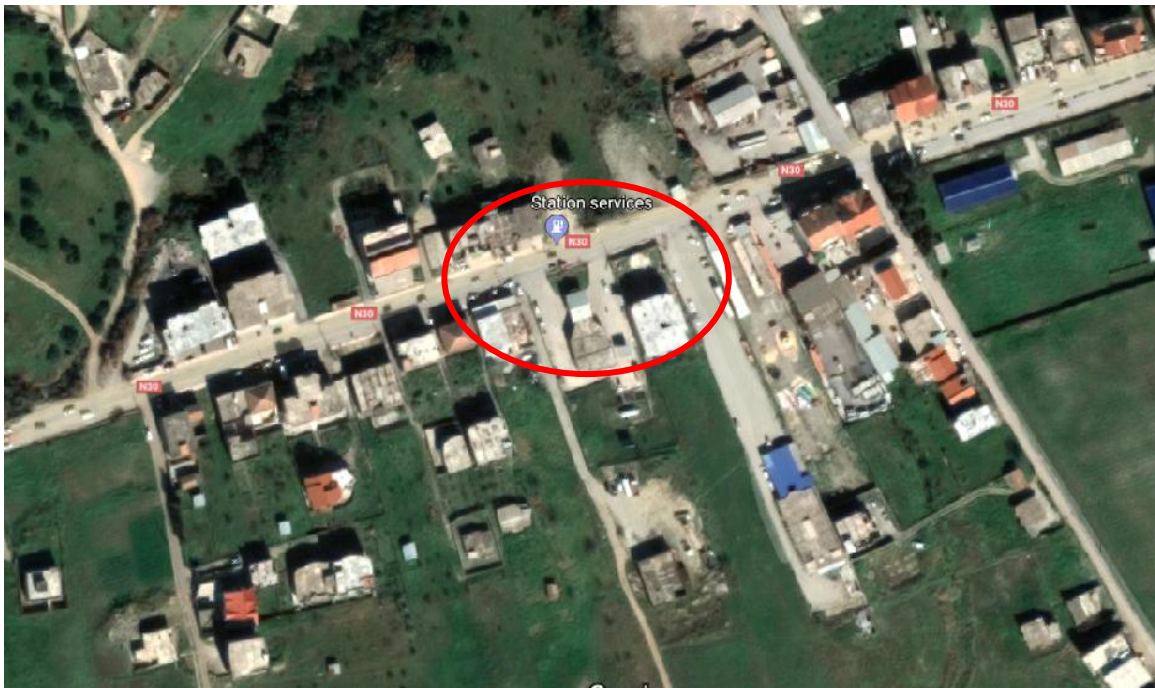


Figure 6 : localisation de site d'étude au niveau de la station-service Ouadhia (Google maps 2018).

I.2.La région de Yakourene

I.2.1. Situation géographique et administrative

La commune de Yakourene est située à 46 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est délimitée au nord par Akerrou, ait chafa, au sud par Ifigha et Idjeur, à l'est par Adekar (wilaya de Bejaia), à l'ouest par Azazga.

D'une superficie 79.30 km² la commune de yakourene est composée à sa création de 24 localités. Elle compte environ 12203 habitants.

I.2.2. Climat

Le climat à Yakourene est chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Yakourene qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Köppen -Geiger, le climat est de type Csa. Yakourene affiche une température annuelle moyenne de 15.6 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 1053mm. Au mois d'août, la température moyenne est de 25 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 7°C (Figure 5).

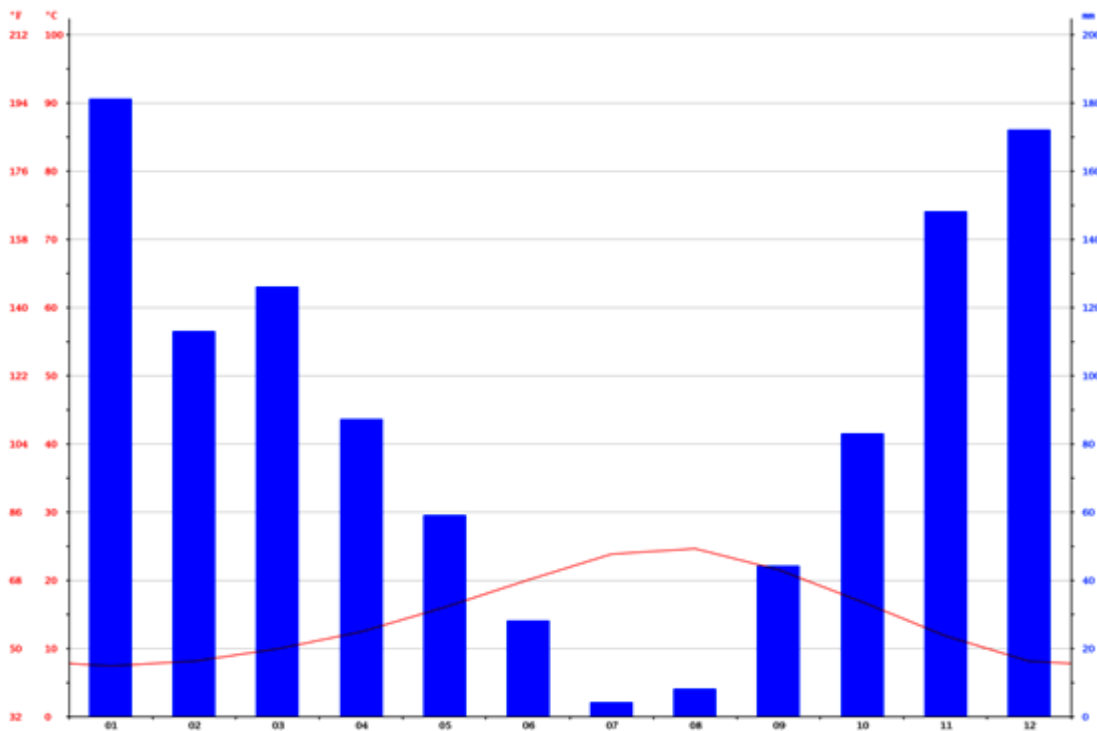


Figure 7 : Données climatiques de la commune de Yakourene durant l'année 2018

I.2.3. Données floristiques

La commune de Yakourene est caractérisée par une forêt dense en parc naturel régional, l'étude présentée montre la singularité de la densité des peuplements, des groupements végétaux et de la diversité floristique, Cette dernière caractérisée par la prédominance des hémicryptophytes, des thérophytes, et par la dominance d'espèces d'origine méditerranéenne.

I.2.4. Description de site d'étude

Le site d'étude est situé au niveau de la commune de yakourene (hedjaj). Il présente une pente d'environ 25% et il est situé à une altitude 775 m. la station de service est entourée par une forêt dense a richesse floristique élevée située sur la route w 158

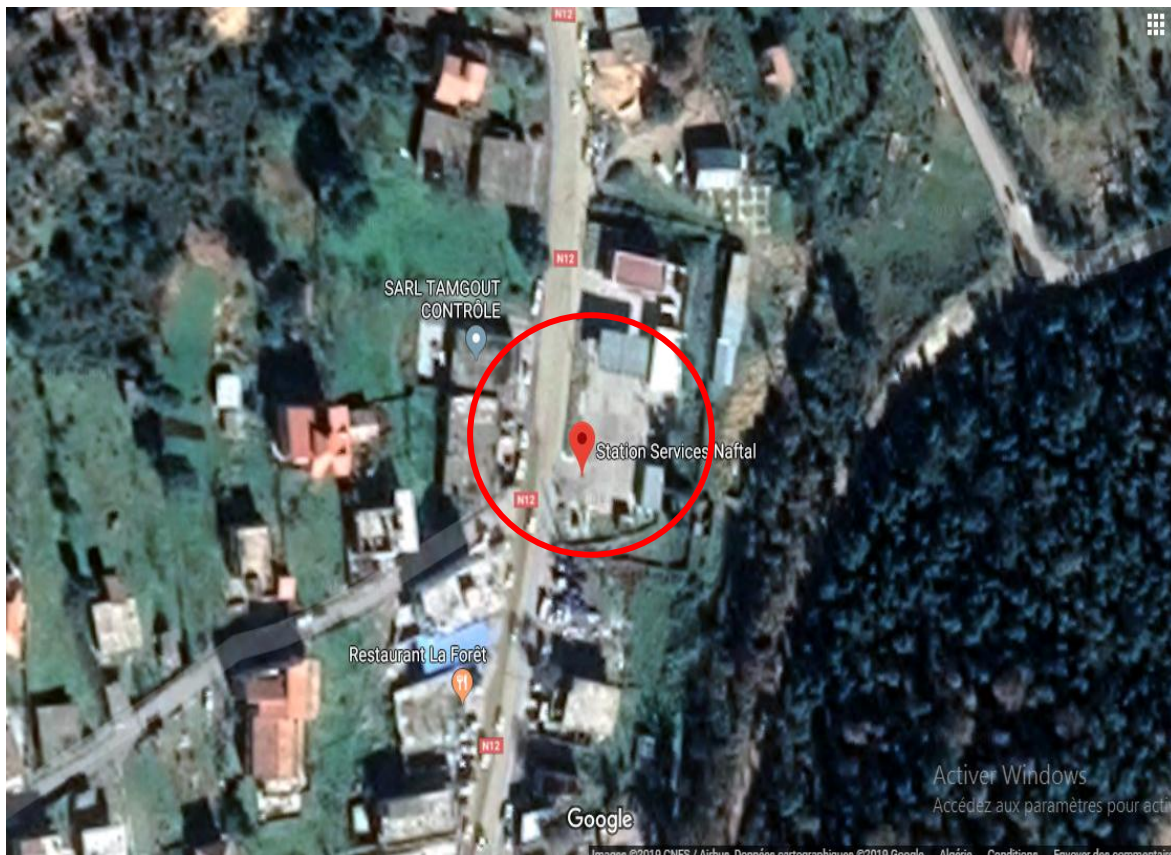


Figure (8) : Localisation du site d'étude au niveau de la station-service de Yakourene (Google maps 2018).

II. matériels utilisés

Matériels utilisés sur le terrain

- Pioche en fer pour creuser le sol.
- Des sacs en plastiques pour transporter les échantillons du sol de la station au laboratoire.

Matériel utilisé au laboratoire

Le pH mètre, étuve, burette, bain de sable, conductimètre, agitateur mécanique, béchers, ballons, fioles, tamis,

II.1. Méthode d'échantillonnage

Nous avons choisi deux stations-services en nous basant sur plusieurs paramètres à savoir l'accessibilité, l'ampleur de la pollution et la visibilité de la pollution.

L'échantillonnage est réalisé durant des périodes très proches qui garantissent l'homogénéité environnementale de prélèvement qui peut avoir un effet sur les résultats d'analyse tels que la température, le rayonnement, le vent et l'humidité.

La méthode choisie est l'échantillonnage aléatoire. L'échantillonnage correspond à la couche superficielle du sol (0 à 20 cm), dans trois (3) points pour chaque station-service qui diffèrent par le degré de pollution dans les deux stations-service :

- le premier point correspond à un sol très pollué ; juste à côté des fuites. (spc)
- Le deuxième point est un sol peu pollué ; à 15 m. (spp)
- Le troisième point est un sol témoin ; loin du milieu pollué. (sT)

Les échantillons de sol ont été acheminés au laboratoire. Ils sont triés, séchés puis tamisés à l'aide d'un tamis à mailles de 2 mm de diamètre. Ils sont, par la suite, étiquetés et stockés dans un endroit sec. La terre fine obtenue de chaque échantillon constitue la partie du sol sur laquelle est basée la série d'analyses préconisées, à savoir les analyses physico-chimiques.

II.2. Analyses des échantillons

L'ensemble des analyses a été réalisé au niveau du laboratoire de "Pédologie " de la Faculté des Sciences Biologiques et 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 physique et chimique récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Méthodes et paramètres utilisés.

Analyses effectuées	Méthodes utilisées
Le pH	pH mètre
L'humidité %	Méthode gravimétrique
La conductivité électrique ms/cm	Conductimètre (solution aqueuse du sol).
Calcaire totale (caco3) %	Titration en retour.
Le dosage des anions, à savoir :	Méthode Walkley.
Le carbone	
Les carbonates	
Les bicarbonates	
Les chlorures	
La matière organique	

II.3. Méthodes d'analyse

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

II.3.1. pH

Pour mesurer le pH des sols, nous avons commencé par peser 20g de terre séchée dans un bécher, additionnée de 50ml d'eau distillée au rapport 2/5. (masse/volume) puis agité pendant 2 à 3 minutes avec une baguette en verre et laissé le mélange et laissé au repos pendant 15 minutes. Puis nous avons plongé l'électrode du Ph mètre dans le liquide surnageant et pour effectuer la mesure. Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes, noter les valeurs au deuxième décimal.

II.3.2. Humidité ou teneur en eau

Lors de la préparation du sol pour les différentes 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 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.

Pour mesurer cette humidité, nous pesons peser dans des capsules 5 g du sol, ces capsules sont mises obus une l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Puis les capsules sont placées dans un dessiccateur et se sont repesées.

II.3.3. Conductivité électrique du sol (CE)

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur à mesure que les concentrations en cations et anions, porteurs de charge électrique, augmentent. Pour estimer la CE, peser 20g de terre séchée dans un bécher, ajouter 100 ml de l'eau distillée au rapport 2/5 (masse/volume) puis agiter pendant deux minutes avec une baguette en verre et laisser le mélange au repos pendant 30 minutes. Puis filtré et refiltré pour obtenir un filtrat clair ; ajouter 2 gouttes d'hexamétaphosphate de sodium à 0,1 %. Plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer la mesure.

II.3.4. Dosage du calcaire total

Les échantillons à analyser sont acidifiés en milieu fermé par une solution d'acide chlorhydrique (HCL) En présence de carbonate, il y a dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) dont on mesure le volume. Dans notre cas la méthode utilisée est la méthode volumétrique.

Peser 1gde terre fine, dans un bêche de 250 ml, ajouter 20ml d'acide chlorhydrique à N, puis 100 ml d'eau distillée. Porter le bêche sur bain de sable à 60°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.

II.3.5. 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 (10ml) 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 H₂SO₄ 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 (H₂SO₄) 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.

II.3.6. Dosage du carbone organique

La méthode de détermination du carbone organique est la méthode de Walkey et Black qui est basée sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium (source de chaleur). La quantité de bichromate de potassium utilisée excède la quantité nécessaire pour l'oxydation du carbone organique. L'excès de ce bichromate de potassium qui n'a pas réagi, est ensuite dosé en retour par une solution titré d'un réducteur qui est le sulfate ferreux (sel de Mohr).

Le passage de la teneur en carbone organique à la teneur en matière organique totale s'effectue généralement en multipliant la teneur en carbone par le coefficient 1.72. Le taux de carbone de la matière organique étant supposé égal à 58%, valeur qui a été pour la première fois proposée dès 1828 par Spengel (cité par Waksman, 1936).

En connaissant donc, le pourcentage du carbone total, le taux de la matière organique (%) est obtenu par la formule suivante :

$$MO = C\% * 1.724$$

III. Analyses statistiques

Le traitement des résultats obtenus a été réalisé avec le logiciel Statistica, Ces résultats sont soumis à une analyse de la variance à un critère de classification correspondant au degré de la pollution du sol. Le test de Newman et Keuls permet la détermination des groupes homogènes dans le cas où les différences entre les moyennes s'avèrent significatives.

Chapitre III :
Résultats et Discussion

Dans le but de caractériser l'effet de la pollution du sol par les hydrocarbures sur les propriétés du sol, nous avons effectué des analyses physiques et chimiques sur des prélèvements du sol pollué de deux stations-services au niveau des communes de Yakourene et Ouadhia.

I. Résultats des analyses physiques et chimiques des sols prélevés dans les deux stations d'étude Yakourene et Ouadhia

I.1. Les paramètres physiques

I.1.1. L'humidité

Les résultats de la détermination de l'humidité pour les deux sols étudiés sont illustrés dans la figure 9.

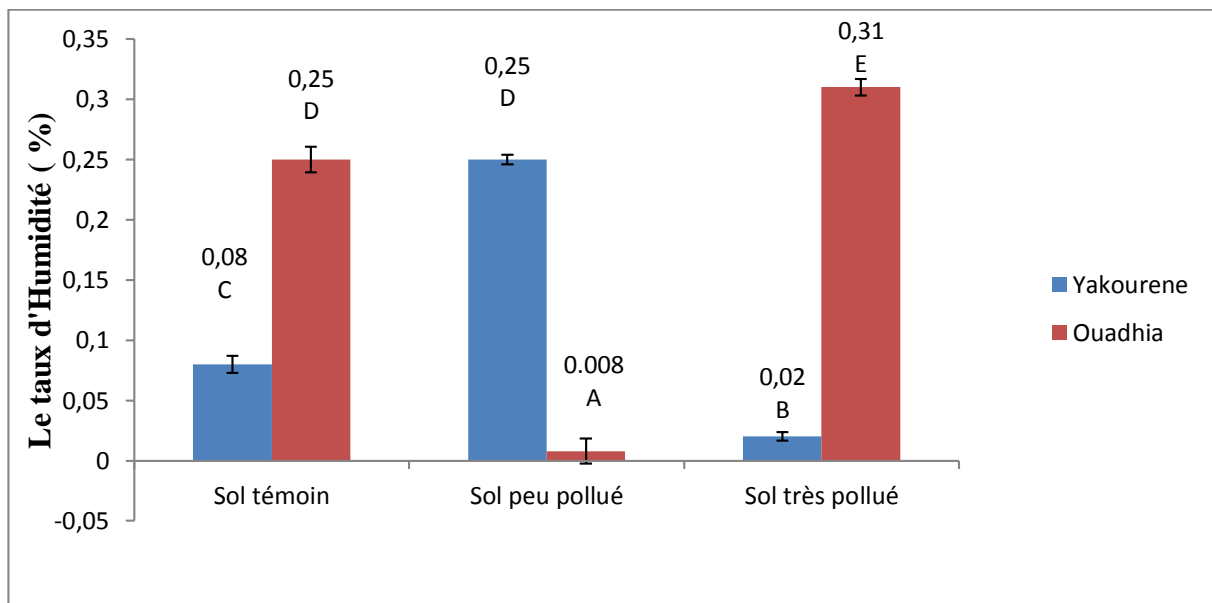


Figure 9 : Taux d'humidité dans le sol témoin et le sol pollué de Ouadhia et de Yakourene

D'après les résultats présentés dans la figure 9, nous remarquons que le taux d'humidité est variable.

Pour la station de Yakourene, le deuxième échantillon (sol peu pollué) présente le taux le plus élevé avec 0.25%. Le premier échantillon (sol témoin) et le troisième échantillon (très pollués) présentent des taux respectif de 0.08 et 0.02 %.

Pour la station de Ouadhia, le troisième échantillon (sol très pollué) présente le taux le plus élevés avec 0.31%. Le prélèvement du premier échantillon (sol témoin) et le deuxième échantillon (sol peu pollué) présentent des taux respectifs de et 0.008%.

Résultats et discussion

Selon **Fccendini (1995)**, le taux élevé d'humidité joue un rôle important dans la solubilisation d'une large gamme de polluants. Le taux important de l'humidité dans les sols très pollués est causé par la faible perméabilité de ce sol **Guy(1978)**.

Les résultats du test d'ANOVA à deux facteurs concernant l'humidité des échantillons étudiés (figure 10) ont montré une différence très hautement significative pour les deux facteurs avec une probabilité de $3.028 * 10^{-10}$. A cet effet, nous concluons que les hydrocarbures ont des effets sur l'humidité du sol.

Analysis of Variance Table						
Response: hum						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
station	1	0.18008	0.18008	697.06	1.949e-07	***
pollution	2	0.07440	0.03720	144.00	8.500e-06	***
station:pollution	2	2.30660	1.15330	4464.39	3.028e-10	***
Residuals	6	0.00155	0.00026			

Figure10 : Résultats du test ANOVA à deux facteurs pour la variable humidité

Le test de Newman et Keuls a fait ressortir 5 groupes homogènes, le W PPC est classé dans le groupe A. Y PC est classé dans le groupe B. Y T est classé dans le groupe C. Y PPC et W T son classé dans le groupe D et le sol pollué de la station Ouadhia est classé dans le groupe E d'après ces résultats obtenue, nous déduisons que les hydrocarbures augment légèrement le taux d'humidité dans le sol (tableau6).

Tableau 6 : résultats de Newman et Keuls pour la variable humidité des deux stations :

Traitement	Moyennes	Groupe
W PPC	4.965	A
Y PC	4.875	B
YT	4.610	C
Y PPC	4.000	D
W T	3.995	D
W PC	3.790	E

I.2. Les paramètres chimiques

I.2.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Les résultats de la détermination du pH pour les sols étudiés sont illustrés par la figure 11.

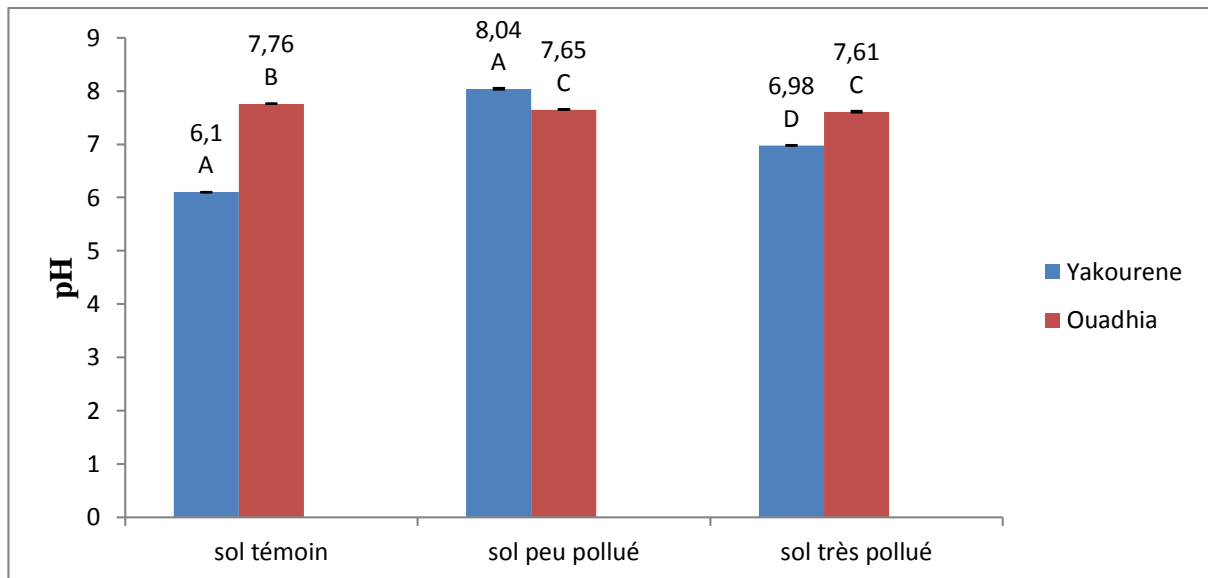


Figure 11 : Valeur du pH des sols étudiés de Ouadhia et Yakourene

L'analyse des résultats obtenues montre que le pH des sols diminue en suivant le gradient de la pollution, il est proche de la neutralité. Pour les deux stations Ouadhia et Yakourene d'après le classement des sols par le laboratoire agronomique de Normandie (Annexe1), nos échantillons sont classés en sol légèrement alcalin (de 7,04 à 7,8). Sauf pour le sol peu pollué et le sol témoin de Yakourene qui sont moyennement alcalins selon les normes de **Baize (1989)**.

Les sols pollués par les hydrocarbures qui traduisent 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 notre sol. Selon **Chaineau et al.(1996)**, la pollution de sol par les hydrocarbures a engendré une diminution du pH.

Les résultats du test d'ANOVA concernaient le pH des échantillons étudiés (figure12) a montré une différence hautement significative. Nous concluons que les hydrocarbures exercent des effets important sur le pH des sols.

Analysis of Variance Table					
Response: ph					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pollution	2	0.40140	0.200700	501.750	2.100e-07 ***
station	1	0.02803	0.028033	70.083	0.000158 ***
pollution:station	2	0.23847	0.119233	298.083	9.892e-07 ***
Residuals	6	0.00240	0.000400		

Figure 12 : Résultats du test ANOVA a deux facteurs pour la variable pH

Le test de Newman et Keuls fait ressortir 4 groupe homogène A, B, C et D les pour les sols témoin et ppc de la station Yakourene sont classés dans le groupe A. le sol témoin Ouadhia est classés dans le groupe B. les sols pc et PPC Ouadhia sont classés dans le groupe C et le sol pc Yakourene est classés dans le groupe D (tableau 7).

D’après les résultats obtenue dans les deux stations nous remarquant que en se rapprochant de la source de la pollution, le pH tendance à diminuer, il devient légèrement alcalin.

Tableau 7: Résultats de Newman Keuls pour la variable pH des deux stations :

Traitement	Moyennes	Groupe
Y T	8.02	A
Y PPC	7.98	A
WT	7.76	B
W PC	7.65	C
W PPC	7.62	C
Y PC	7.32	D

I.2.2. Conductivité électrique (CE)

Les résultats de la détermination de la conductivité électrique des sols étudiés sont illustrés par la figure 13

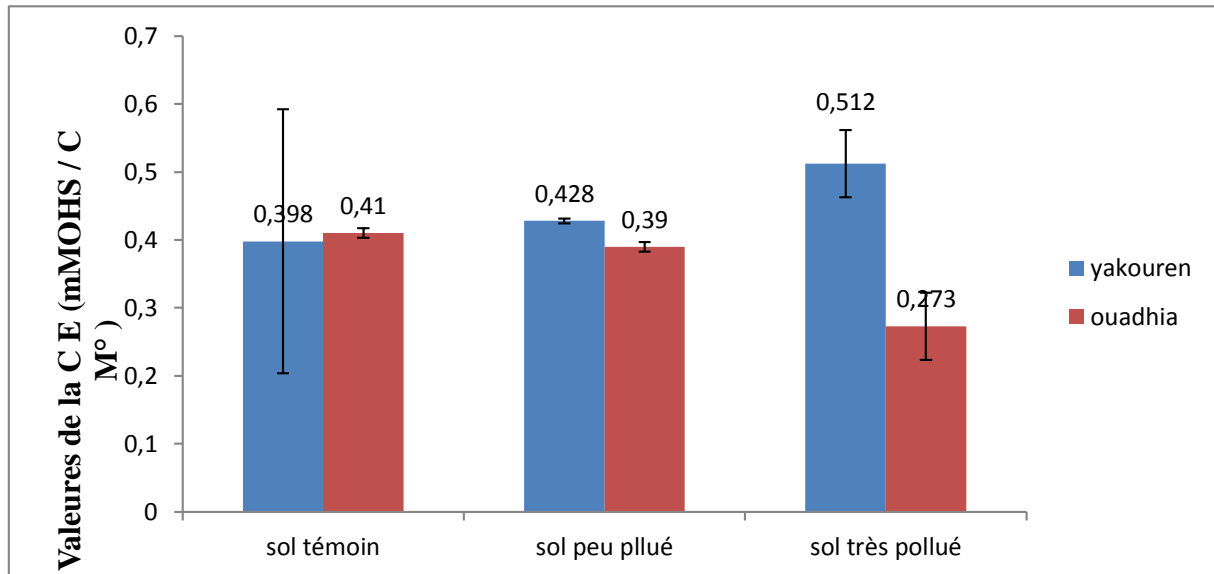


Figure 13 : Conductivité électrique des sols étudiés Ouadhia et Yakourene.

Selon les résultats présentés dans la figure 13, Nous remarquons une diminution taux de la CE des deux sols Les relevés du sol très pollue présentent la valeur la plus importante qui est de 0.512mmohs/cm, puis elle diminue légèrement dans le sol peu pollué avec 0.428 mmohs/cm, jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur minimale de 0.398mmohs/cm dans le sol témoin. La station Ouadhia, il y a une augmentation du taux de la CE en s'éloignant de la source de pollution. Dans le relevés du sol très pollue présentent 0.273 mmohs/cm, puis elle augmente dans le sol peu pollué 0.39mmohs/cm et 0.41mmohs/cm dans le sol témoin.

```

Analysis of Variance Table

Response: CEC

      Df    Sum Sq   Mean Sq  F value  Pr(>F)
station      1  0.028033  0.028033   0.9819  0.3600
polution     2  0.000050  0.000025   0.0009  0.9991
station:polution  2  0.046317  0.023158   0.8112  0.4877
Residuals    6  0.171300  0.028550
    
```

Figure 14 : Résultats du test ANOVA a deux facteurs pour la variable conductivité électrique

Statiquement, les résultats de l'ANOVA de la variable conductivité électrique révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux stations et il n'y a pas de différence significative entre les gradients de concentration des deux sols. Acte effet nous pouvons confirmer que les hydrocarbures n'ont pas d'effets sur la C.E du sol (figure14)

I.2.3. Calcaire total (C_aCO_{3t})

Les résultats de la détermination du taux de calcaire total pour les sols étudiés sont illustrés par la figure 15.

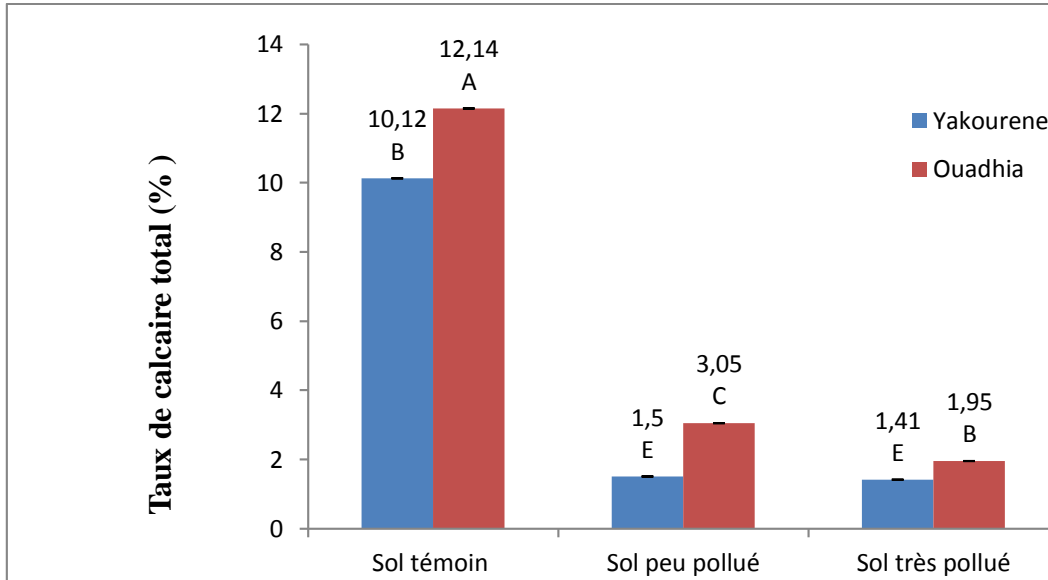


Figure 15 : Taux de calcaire total dans les sols étudiés de Ouadhia et Yakourene.

Sur la base des données illustrées par la figure 15, les sols étudiés sont des sols pauvres en calcaire avec des taux de (3.05% et 1.95%) pour la station de Ouadhia et pour la station de Yakourene (1.5% et 1.41%, sauf au niveau des sols témoin qui sont un peu plus riches.

Nos analyses ont montré une augmentation des valeurs du calcaire dans le sol témoin et une diminution remarquable dans les valeurs du calcaire dans les sols très pollués, Selon les normes de **Baize (1989)**, 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 a peu de différences dans la composition chimique entre un sol pollué et un sol peu pollué par les hydrocarbures.

Les résultats du test d'ANOVA concernant le taux de calcaire total des échantillons étudiés ont montré une différence hautement significative. A ces effets nous concluons que les hydrocarbures ont des effets importants sur le calcaire total des sols (figure16)

Analysis of Variance Table						
Response: calcaire						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
station	1	5.631	5.631	452.871	7.021e-07	***
pollution	2	224.090	112.045	9011.665	3.686e-11	***
station:pollution	2	1.144	0.572	45.997	0.0002295	***
Residuals	6	0.075	0.012			

Figure16 : le résultat de test d’ANOVA a deux facteurs pour le taux de calcaire.

Le test de Newman Keuls fait ressortir 5 groupes homogènes A, B, C, D, et E. W T est classés dans le groupe A, Y T est classés dans le groupe B, W PPC dans le groupe C, W PC dans le groupe D, Y PPC et Y PC dans le groupe E. le taux de calcaire total diminue en rapprochant de la source de la pollution (tableau 9).

Tableau 9 : résultats de Newman et Keuls pour la variable calcaire des deux stations

Traitement	Moyennes	Groupe
W T	12.14	A
Y T	10.12	B
W PPC	3.05	C
W PC	1.95	D
Y PPC	1.50	E
Y PC	1.41	E

I.2.4. Les sels solubles

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

a. Les bicarbonates

Les résultats de dosage des bicarbonates sont présentés dans la figure 17.

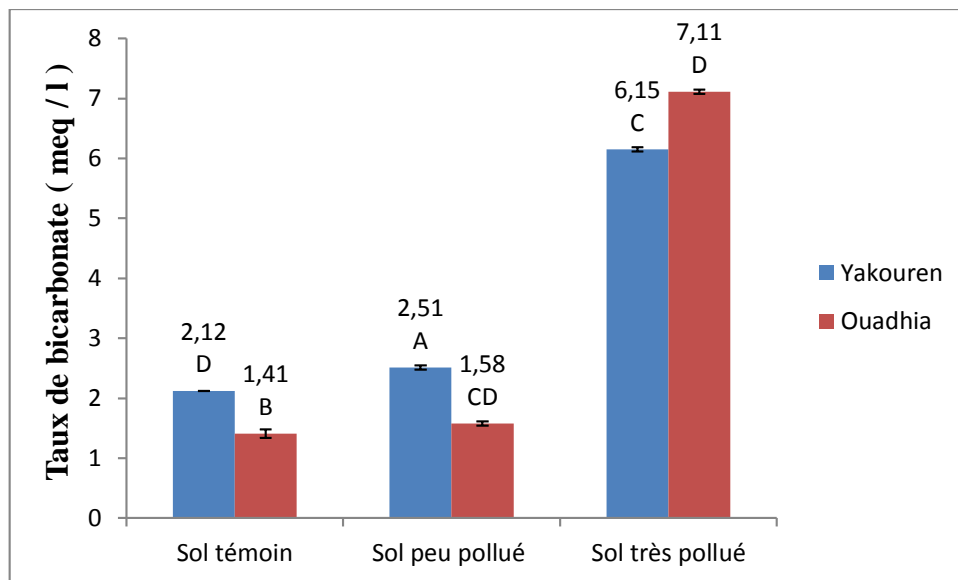


Figure 17 : taux de bicarbonates des sols étudiés de Ouadhia et Yakourene.

D’après les données de la figure 17, le sol témoin présente le taux de bicarbonates le plus faible de l’ordre de 2.12meq/l pour Yakouren et 1.41meq/l pour Ouadhia une légère augmentation est noté dans le sol peu pollué avec 2.51meq/l et 1.58meq/l respectivement Yakourene et Ouadhia. Les sols très pollués, quant à eux, présentent le taux de bicarbonate le plus élevé qui est de 0.15meq/l et 7.11 meq/l respectivement à Yakourene et Ouadhia.

Les résultats du test d’ANOVA concernant La variable teneur du sol en bicarbonate des échantillons étudiés (figure 18) a montré une différence significative pour le facteur station et une différence hautement significative pour le facteur pollution. Nous concluons que les hydrocarbures ont des effets importants sur la teneur en bicarbonates des sols.

```

Analysis of Variance Table

Response: bicarbonate
      Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
station  1  0.06750  0.06750    9.000 0.0240082 *
pollution  2  0.85167  0.42583   56.778 0.0001264 ***
station:pollution  2  2.56500  1.28250  171.000 5.125e-06 ***
Residuals  6  0.04500  0.00750
---
    
```

Figure 18 : Résultats de test ANOVA a deux facteurs pour la variable teneur du sol bicarbonate.

Résultats et discussion

Le test de Newman Keuls fait ressortir 5 groupes homogènes, B, C, CD et D. Y PP C'est classés dans le groupe A, W T est lassés ans le groupe B, Y PC dans le groupe C, W PPC dans le groupe CD, W PC et Y T dans le groupe D. la teneur en bicarbonate des sol augment en rapprochant de la source de la pollution (tableau 10).

Tableau 10 : Résultats de Newman et Keuls pour la variable teneur en bicarbonate

Traitement	Moyennes	Groupe
Y PPC	1.75	A
W T	1.40	B
Y PC	0.65	C
W PPC	0.55	CD
W PC	0.35	D
Y T	0.35	D

b- Le chlorure :

D'après les résultats illustrés dans la figure 19, le sol témoin présente le taux de chlorure le plus faible qui est de 0.15 et 0.12 meq/pour Ouadhia et Yakourent respectivement. Une augmentation est observée dans le sol peu pollué avec des valeurs de 1.19 et 1.13 meq/l, Ouadhia et Yakourene respectivement .Dans le sol très pollué une augmentation de la teneur en chlorure est observée avec 1.59 et 1.74meq/l respectivement à Ouadhia et Yakourene.

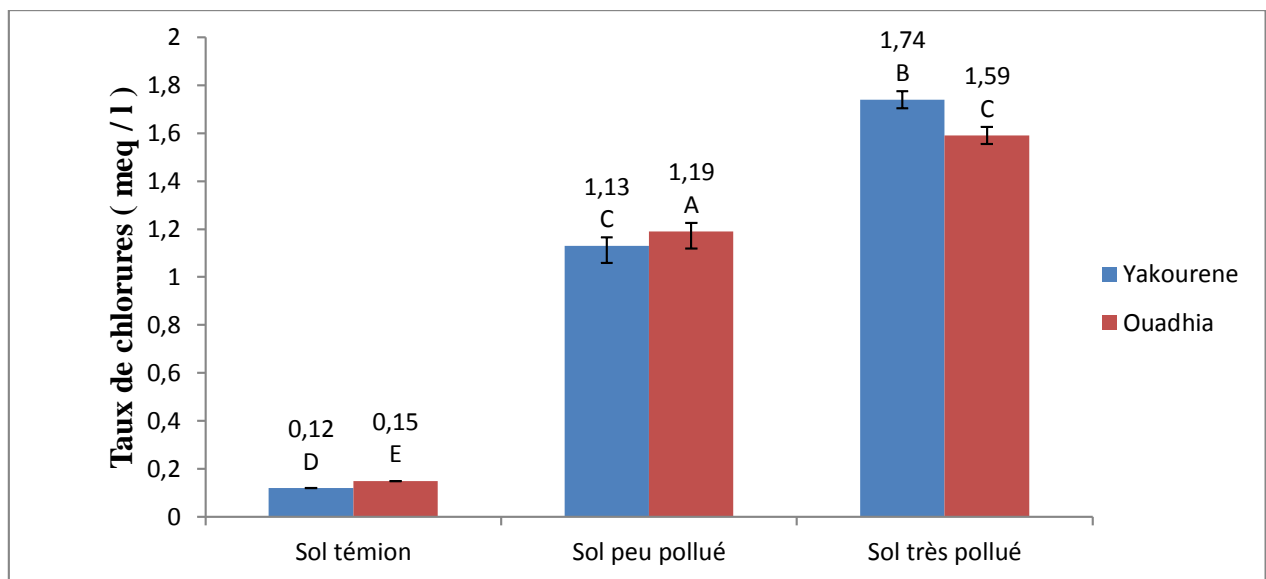


Figure 19 : Valeurs de chlorures des sols étudiés

Résultats et discussion

Les résultats de l'ANOVA montre une différence hautement significative pour le facteur station et une différence très hautement significative pour le facteur pollution. Nous concluons que les hydrocarbures ont des effets importants sur le taux de chlorure des sols étudiés (figure 20).

Analysis of Variance Table					
Response: CHLORURE					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
station	1	0.2133	0.21333	32.00	0.001311 **
pollution	2	3.4517	1.72583	258.88	1.503e-06 ***
station:pollution	2	1.6217	0.81083	121.62	1.395e-05 ***
Residuals	6	0.0400	0.00667		

Figure 20 : Résultats du test ANOVA à deux facteurs pour la variable "taux de chlorure".

Le test de Newman et Keuls fait ressortir 5 groupes homogènes A, B, C, D, E. W PPC est classé dans le groupe A, Y PC est classé dans le groupe B, Y PPC et W PC dans le groupe C, YT dans le groupe D, W T dans le groupe E. Le taux de chlorure augmente en rapprochant de la source de la pollution (tableau 11).

Tableau 11 : résultats de Newman et Keuls pour la variable taux de chlorure :

Traitement	Moyennes	Groupe
W PPC	2.70	A
Y PC	2.25	B
Y PPC	2.05	C
W PC	1.95	C
Y T	1.70	D
W T	0.55	E

I.2.5. Carbone organique

Les résultats de la détermination du taux de carbone organique pour des sols étudiés sont illustrés par la figure 21.

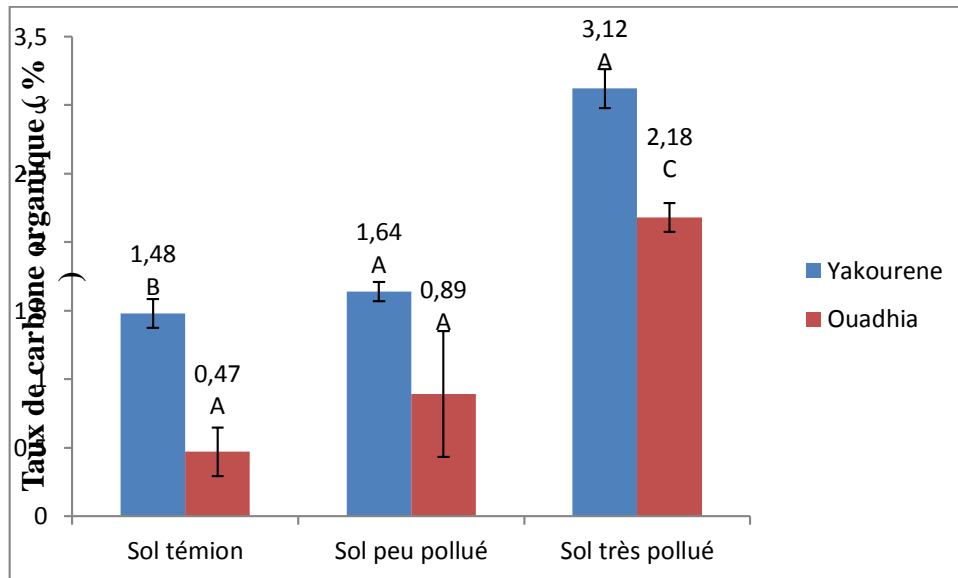


Figure 21 : taux de carbone organique des sols des stations-services de Yakourene et Ouadhia

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du carbone dans les deux stations sont plus élevées dans le sol très pollué avec des taux de 2.18% pour Ouadhia et 3.12% pour Yakourene. Le taux de carbone diminue dans les sols moins pollués avec 0.07% et 1.64% pour le sol peu pollué de Ouadhia et Ykourene respectivement. Pour le sol témoin nous enregistrons 0.47% et 1.48% respectivement à Ouadhia et Yakourene.

Godwin et al. (2013), attestent que le taux de carbone organique augmenté dans les sols pollués. Les résultats que nous avons obtenus affirment aussi que le taux de carbone organiques est plus élevé dans les sols pollués par rapport aux sols non pollués (sol témoin).

Les résultats du test d'ANOVA concernaient la variable carbone organique des échantillons étudiés (figure22), ont montré une déférence très hautement significative pour le facteur pollution et pour l'interaction et aucune différence pour le facteur station. Nous concluons que les hydrocarbures ont des effets importants sur le taux de carbone organique des sols.

```

Analysis of Variance Table

Response: carb
          Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
station   1   0.3333   0.3333   1.7241 0.2371418
polution  2  10.7917   5.3958  27.9095 0.0009143 ***
station:polution  2  14.0117   7.0058  36.2371 0.0004470 ***
Residuals  6   1.1600   0.1933
---
    
```

Figure 22 : Résultats du test ANOVA a deux facteurs pour la variable carbone organique.

Le test de Newman et Keuls a fait ressortir 3 groupes homogènes A et B et C. W PPC, Y PPC et Y PC est classés dans le groupe A, WT est lassés ans le groupe B, W PC dans le groupe C, le taux de carbone organique augmente en rapprochant de la source de la pollution. (Tableau 12).

Tableau 12 : résultats de Newman et Keuls pour la variable carbone organique :

Traitement	Moyennes	Groupe
W PPC	10.15	A
Y PPC	9.40	A
Y PC	9.20	A
W T	8.95	A
Y T	7.35	B
W PC	5.85	C

I.2.6.Le taux de matière organique (Mo)

Les résultats de la détermination de la teneur en matière organique des sols étudiés sont illustrés par la figure 23.

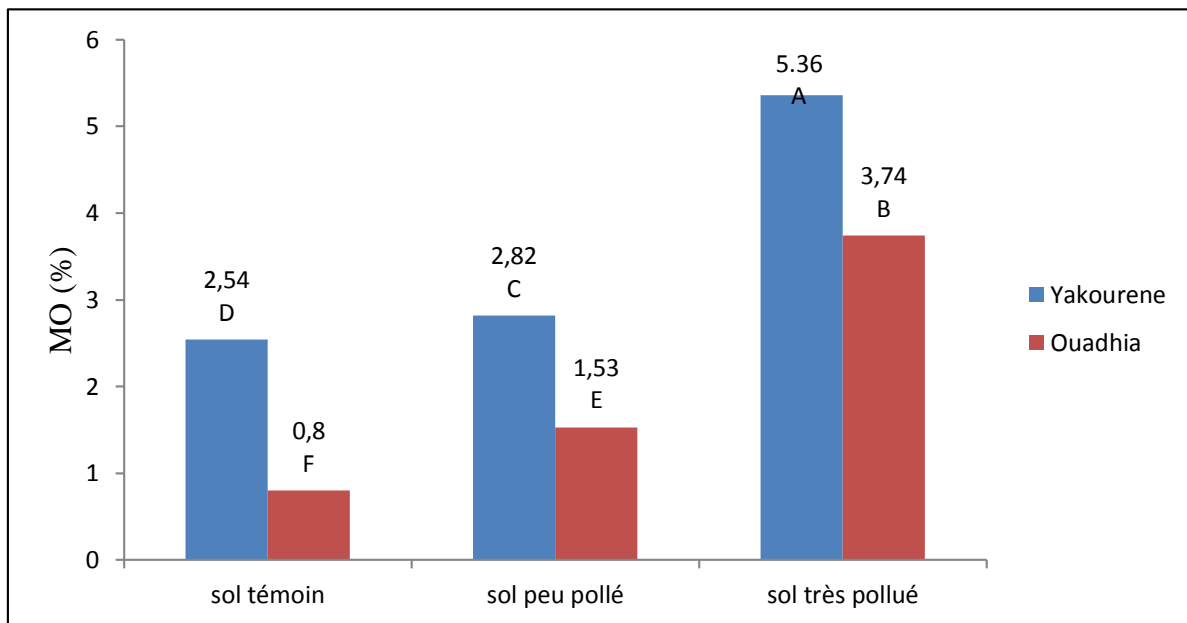


Figure23 : Taux de matière organique dans les sols étudiés d’Ouadhia et Yakourene.

Sur la base des données illustrées par la figure 23, nous remarquons que les taux de matière organique augmentent en suivant le gradient de pollution. Elles présentent les mêmes fluctuations que le carbone. Les valeurs élevées sont enregistrées dans le sol très pollués pour les deux stations. Les relevées des sols témoin présentent 2.54% et 0.8% respectivement à Yakourene et Ouadhia. Pour le sol peu pollué, nous enregistrons 2.82% et 1.53% de matière organique respectivement à Yakourene et Ouadhia.

La teneur en matière organique dans les sols très pollués est supérieure à sa teneur dans les sols témoin. Le taux de matière organique est déterminé à partir du taux de carbone organique. Ceci explique que les quantités de carbone déterminées au niveau des sols seraient. Elles proviendraient, en majeure partie, du carbone apporté par les hydrocarbures.

Les résultats du test d’ANOVA concernant le taux de la matière organique des échantillons étudiés ont montré une différence hautement significative. De ce fait nous déduisons que les hydrocarbures ont tendance à augmenter le taux de la matière organique des sols (figure24).

Analysis of Variance Table						
Response: MO						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
station	1	7.2075	7.2075	4.1771e+30	< 2.2e-16	***
pollution	2	18.9201	9.4600	5.4826e+30	< 2.2e-16	***
station:pollution	2	0.1086	0.0543	3.1470e+28	< 2.2e-16	***
Residuals	6	0.0000	0.0000			

Figure 24 : test d'ANOVA a deux facteurs pour la variable MO

Le test de Newman et Keuls ressorti 6 groupes homogènes A et B et C, D et F E. Y PC est classés dans le groupe A, W PC est lassés ans le groupe B, Y PPC dans le groupe C, Y T dans le groupe D, W PPC dans le groupe E et W T dans le groupe F. le taux de calcaire total augmente en rapprochant de la source de la pollution.

Tableau 13 : résultats de Newman et Keuls pour la variable matière organique :

Traitement	Moyennes	Groupe
Y PC	5.36	A
W PC	3.74	B
Y PPC	2.82	C
YT	2.54	D
W PPC	1.53	E
W T	0.80	F

I.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Cette analyse a pour objectif d'étudier la relation qui existe entre le gradient de la pollution et les paramètres physico- chimiques du sol des deux stations. Les résultats sont illustrés dans les figures 25, 26, 27et 28.

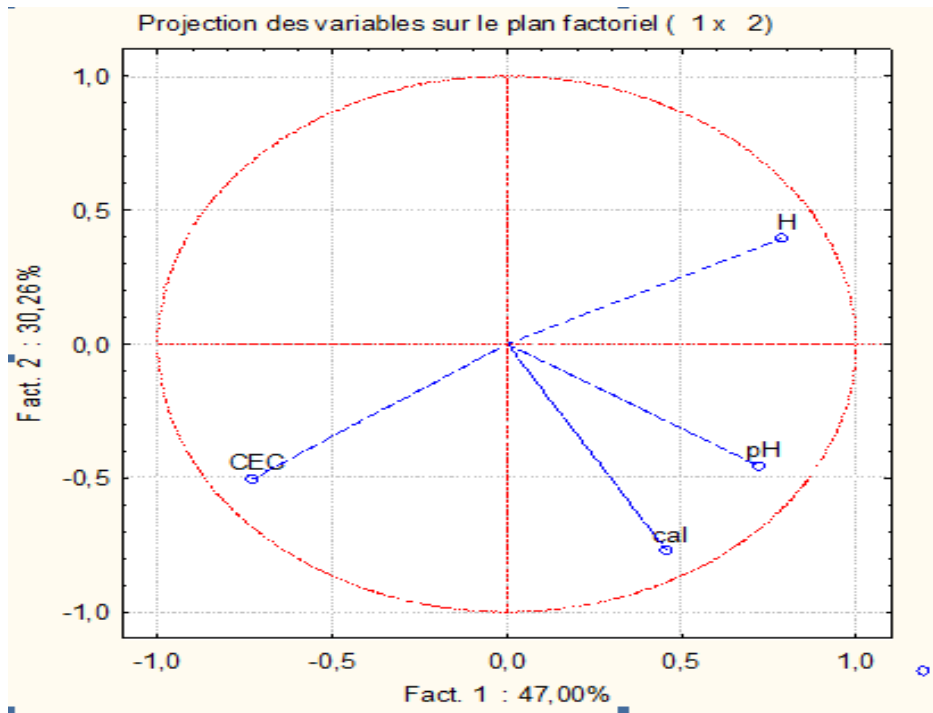


Figure 25 : ACP (Variable) pour les paramètres physicochimiques (pH, H, CE, cal) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene)

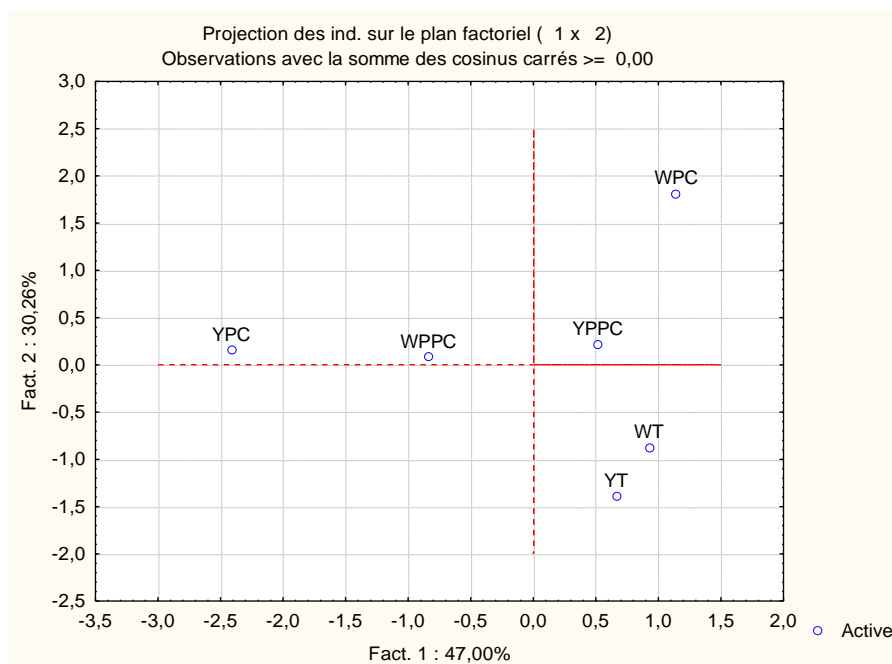


Figure 26 : ACP (Individus) pour les paramètres physicochimiques (pH,H, CEC , cal) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene).

Résultats et discussion

Les stations de Ouadhia (sol témoin) et Yakourene (sol témoin) représentent le mieux le pH et le calcaire total.

Les stations de Ouadhia (sol très pollué) et Yakourene (sol peu pollué) représentent le mieux humidités.

Les stations de Ouadhia (sol peu pollué) et Yakourene (sol très pollué) représentent le mieux de la conductivité électrique.

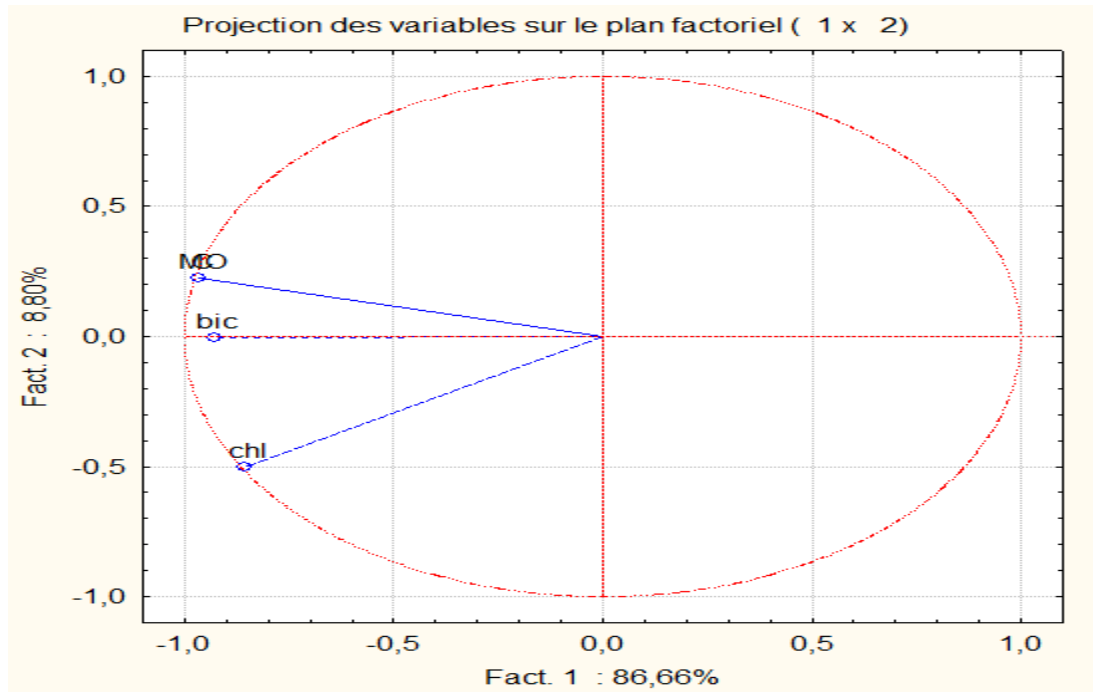


Figure 27 : ACP (Variable) pour les paramètres physicochimiques (MO, les bichromates, carbone organique et le chlorure) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene)

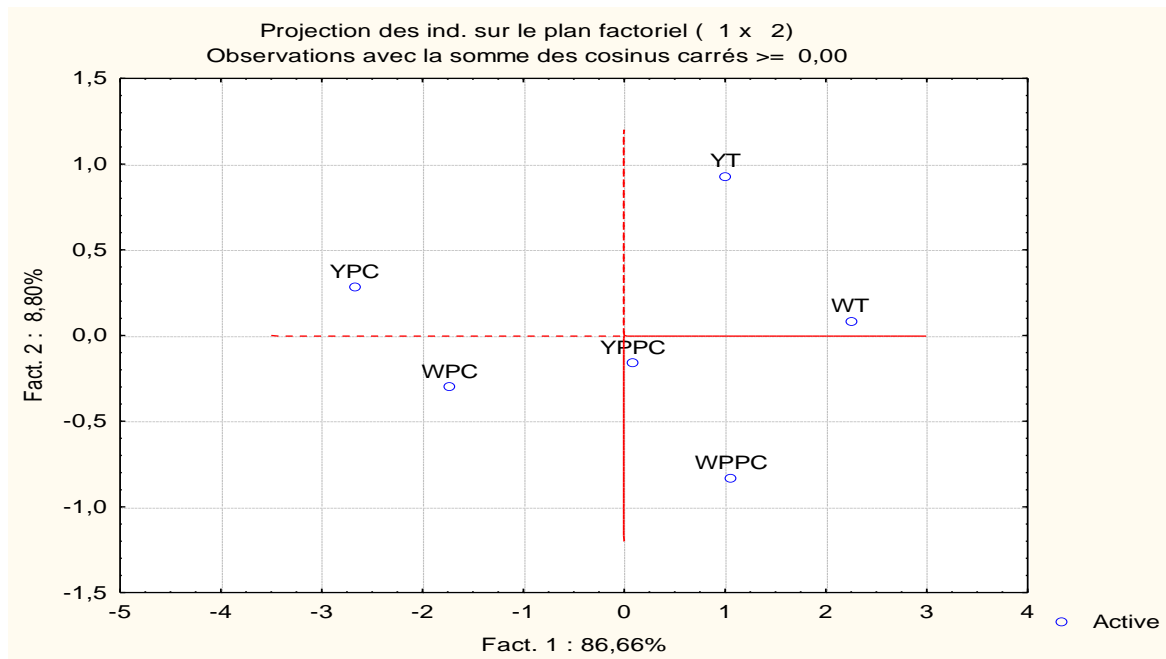


Figure28 : Graphe ACP (Individus) pour les paramètres physicochimiques (MO, les bichromates, chlorure, et le carbone organique) du sol de deux stations (Ouadhia, Yakourene).

Les stations de Yakourene (sol très pollué) représentent le mieux le carbone organique et les bichromates.

Les stations de Ouadhia (sol très pollué) représentent le mieux de chlorure et de bichromate.

Conclusion

Conclusion générale

La pollution du sol par les hydrocarbures a fait l'objet de plusieurs études. Cette pollution est due à des rejets volontaires ou non, de produits pétroliers qui mettent en péril la qualité du sol et ont des conséquences sur Des propriétés physico- chimiques.

L'objectif de ce présent travail est d'étudier Les caractéristiques physiques et chimiques

de deux stations-service à Ouadhia et Yakourene

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- chimique du sol.

Comme nous l'avons déjà présenté dans nos résultats, certaines propriétés des sols étudiés ont été influencées par les rejets générés par les stations-service, tandis que d'autres propriétés n'ont pas montré de différences significatives.

Des valeurs très élevées de quelque paramètre ont été observées au niveau des sols très pollués, qui diminuent progressivement en s'éloignant du point de rejet jusqu'à atteindre les sols non pollués. Il s'agit du taux de bicarbonates, chlorures, carbone organique, matière organique et conductivité électrique pour la station Yakouren.

Par contre, nous avons remarqué une diminution pour les autres paramètres tels que le pH, le calcaire total et la conductivité électrique pour la station Ouadhia.

D'après notre étude nous pouvons conclure que les stations-service représentent une importante source de pollution ponctuelle des sols, les résultats obtenus ont clairement montré que leurs effets sont néfastes sur les propriétés pédologiques.

Des techniques disponibles pour la dépollution d'un site, recommandant la phytoremédiation qui repose essentiellement sur les interactions entre les plantes, le sol et les micro-organismes du sol. Pour limiter les effets nuisibles des hydrocarbures sur les différents paramètres physiques et chimiques du sol.

Nous recommandation aussi l'oxydation chimique. Cette méthode permet la destruction chimique, dans le sol, d'une solution aqueuse contenant des polluants du sol, grâce à l'introduction, dans le sol, d'une solution aqueuse contenant des produits oxydants tels que le peroxyde d'hydrogène, le permanganate ou le persulfate. Cette méthode doit être utilisée préférentiellement pour traiter des noyaux de pollution élevée, localisés et clairement circonscrits.

**Références
bibliographiques**



Références bibliographique

- Abias S et Guitton L.**,2004. Méthode des traitements des sols polluent par les hydrocarbures pétroliers .Science de la terre et de lavie. P 38.
- BoudouchO.**, 2009. Étude de dépollution des sols par extraction sous pression réduite. Application au traitement des composes organique volatiles. Thèse de doctorat. Institut national des sciences appliquées de Lyon. 50-53.
- Bekro Y.**, 2002. Chimie organique. Université nanguinabro gowa UFRet SFR. 19 – 20.
- Bekenniche N.**, 2014.Caractérisation des activités de la biodégradation des hydrocarbures par déférents germes microbiennes isolés du sol contaminé. Biologie moléculaire et génétiquedes micro-organismes. Ed paris.19- 96.
- Benchouk A., 2017. La pollution pétroliers .Ed Europe .P 92
- Boulaine, J.** ,1989. Histoire des pédologues et de la science du sol. Ed. INRA.P 285.
- Baise D.**, 2000.Guide des analyses en pédologie. 2éme Ed. Tech et pratique. Ed. INRA P 321
- BirecheY et Bireche F.**, 2014.Effet de la salinité sur l'activité des hydrocarbures. Edition. Paris. P412.
- Blancd D.**, 1985. Les Structures Hors Sol INRA Ed Louis.Paris.P409.
- Bekennice N.**, 20014.Caractérisations des activités de la biodégradation des hydrocarbures par déférents germes microbiennes isolent de site contaminé, option biologie moléculaire et génétique des microorganismes. 19 - 96.
- Clement M et pieltain F.**, 2003. Analyse chimique méthodes choisies. Ed. TEC&Doc.P 275.
- Calvet R.**, 2003. Le sol. Tomel. Propriétés et fonction ; constitution et structure, phénomène et interface. Edition France agricole. 95-365.
- Calvet R.**, .2003. «Le Sol Propriétés Et Fonctions. Tome. France agricole DUNOD, P 455.**Calvet R., (2013).**Le sol. Tome 2, Edition France Agricole. P 678
- .Colin F., 2000.** Pollution localisé des sols et sous sols par les hydrocarbures et par les solvants chlores. Edition TEC et DOC. P 417.
- Duchaufour P.**, 1984. Abrégés De Pédologie. Ed. Masson. Paris, P220.

Références bibliographique

- Demirdjan H.**, 2006. Dossier pluri disciplinaires sur l'énergie ,professeur agrée a Lens .Glossary Of Soil Science Terms. Ed. Soil Science Society Of America. Am. J. PotatoRes. 42, 346. 1965. [Online] <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>.
- Gobat J et M, Aragno M et Matthey W** .2010 Le Livre (Le Sol Vivant : Base de pédologie et biologie des sols). 3eme Edition revue et augmentée. 150-165.
- Gabet S.**, 2004. D'hydrocarbure aromatique polycyclique présent dans le sol contaminés a *l'aide d'un tension actif d'origine biologique, université de l'imogues, p 20.
- Gruyer N.**, 2014. Etude de comportement des hydrocarbures. Université de cherbrooe . P150.
- Hlavackova P.**, 2005. Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologies. Thèse de doctorat. L'Institut national des sciences appliquées de Lyon. P 207.
- Hanini M .**, 2009. Caractérisation de la contamination des berges de rivières saint François et massawippi par les hydrocarbures pétrolier et métaux lourds (sud de quibec canada) .
- Koller E.**, 2004. Traitement des pollutions industrielles. Edition DUNOD Paris. 277- 347.
- Legros J.P.**, Les grands sols du monde. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne, P574.
- Lozet et Mathieu., 1997.** Dictionnaire de sciences du sol. Lavoisier Tec & Doc. P 420
- Lecompte P.**, 1998. Les sites polluent. Traitement des sols et des eaux souterrains. Edition lavoisier. TEC et PAC, p198.
- Lecompte P., 1995. évaluation de la méthode d'analyse multisider. p 2
- Legros J.P., 2007.** Les Grands Sols Du Monde. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. lausanne, P574.
- Lumiere B.** ,2001. Seguin JJ. , Guyonet D., Branger . , guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes .BRGM / RP, P 99.
- Lavale P., 1980.** Les impacts sur eaux réceptrice de la pollution diffuse urbain .P6.
- Nicolas J ., 2014** . Relation spatial et génétiques entre uranium sulfures et matières organiques. Thèse doctorat 200 P.

Références bibliographique

Redich G.C et Verdure .1975. Le comportement physique des tourbes en cours de culture PHM. Revue Horticole.160 . 13-20

SpositoG., 1997.The chemical composition Of Soils. The chemesteryof soils. Oxford university press.New-York:3-27

Soltenr D., 2004. Distribution liquide et voie métabolique chez quartes bactéries Gram négative hydrocarbonoclaste. Variation En Fonction De Sources de Carbone. Docteur de l'université paris.P48

Soltenr D.,2005.Les bases de la production végétal-le climat- le plant .21^{ème} Edition science technique agricole, P111.

22- **Sayyad G., Afyun M., Mousavi S.-F., Abbaspour K. C., Richards B. K &Schulin R.,2010.** Transport of Cd, Cu, Pb and Zn in a calcareous soil under wheat and safflower cultivation-a column study. Geoderma, vol. 154. 311-320.

Picot A., Mantondon.2003.Ecotoxicochimie appliqué aux hydrocarbures. Edition chantalarpino , 653 . 175-179.

Prince R., Grossman J.,2003.Townsend , the role of phytoxydation and biodegradation in long term weathering of crude and heavy fiuloiles . spill science et technologie bulletin , vol 8, 145 – 56 .

Wang, Q. R., Cui, Y. S., Liu, X. M., Dong, Y. T., Christie, P. Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China. J. Environ. Sci. Health Part AToxic/Hazard. Subst. Environ. Eng. 38, 823-838. 200.)

Annexes

Annexes

Annexe 1 : les normes d'interprétations :

Tableau 01 : Interprétation des valeurs du pH (**Baize, 1989**)

Valeurs de 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

Tableau 04Interprétation des valeurs du la matière organique.

Taux en argile en %	Taux souhaitable de matière organique en%
<10	3-3.5
10 à 15	2,53
15 à 20	2-2,5
20 à 25	2,5
25 à 30	2,5-3
>30	3-3,5

Annexe II : les résultats d'analyses

Tableau 01 : les résultats d'analyses du pH

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	8.03	7.77	8	7.66	7.31	7.64
R2	8.01	7.75	7.96	7.64	7.33	7.6
Moyenne	8.02	7.76	7.98	7.65	7.32	7.62

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

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	4.60	3.98	3.99	4.95	4.88	3.80
R2	4.62	4.01	4.001	4.98	4.87	3.78
Moyenne	4.61	3.99	3.99	4.96	4.87	3.79

Tableau 03 : les résultats d'analyses de Conductivité Electrique (mmhos/cm)

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	0.67	0.4	0.43	0.4	0.47	0.2
R2	0.12	0.42	0.42	0.38	0.61	0.34
Moyenne	0.39	0.41	0.42	0.39	0.54	0.27

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

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	10.11	12.25	1.5	3.1	1.42	1.8
R2	10.13	12.03	1.5	3	1.4	2.1
Moyenne	10.12	12.14	1.5	3.05	1.41	1.95

Tableau 05 les résultats d'analyses des sels solubles :

Bicarbonate (Meq/l)

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	0.3	1.5	1.8	0.5	0.6	0.4
R2	0.4	1.3	1.7	0.6	0.7	0.3
Moyenne	0.35	1.4	1.75	0.55	0.65	0.35

Chlorure (Meq/l)

Station	Sol témoin		Sol peu pollué		Sol très pollué	
	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia	Yakourene	Ouadhia
R1	1.7	0.5	2	2.8	2.2	2
R2	1.7	0.5	2.1	2.6	2.3	1.9
Moyenne	1.7	0.5	2.05	2.7	2.25	1.95

Tableaux 06 : les données climatiques de la commune Ouadhia durant l'année 2018/2019

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P Moy(mm)	70	47	45	29	26	12	3	4	18	33	55	68
T moy (°C)	9	10	13	15	18	14	17	18	15	18	13	10

Tableaux 07 : les données climatiques de la commune Yakourene durant l'année 2018/2019

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P Moy(mm)	80	57	64	45	29	14	3	5	22	42	74	87
T moy (°C)	16	18	10	13	17	22	24	25	22	19	12	9

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable pH

```
$groups
      trt means M
1 y:T      8.02 a
2 y:PPC    7.98 a
3 W:T      7.76 b
4 W:PPC    7.65 c
5 W:PC     7.62 c
6 y:PC     7.32 d
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable humidité

```
$groups
      trt means M
1 W:PPC  4.965 a
2 y:PC   4.875 b
3 y:T    4.610 c
4 y:PPC  4.000 d
5 W:T    3.995 d
6 W:PC   3.790 e
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable CE

```
$groups
      trt means M
1 y:PC   0.540 a
2 y:PPC  0.425 a
3 W:T    0.410 a
4 y:T    0.395 a
5 W:PPC  0.390 a
6 W:PC   0.270 a
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable carbone organique

```
$groups
      trt means M
1 W:PPC 10.15 a
2 y:PPC  9.40 a
3 y:PC   9.20 a
4 W:T    8.95 a
5 y:T    7.35 b
6 W:PC   5.85 c
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable calcaire

```
$groups
  trt means M
1 W:T    12.14 a
2 y:T    10.12 b
3 W:PPC   3.05 c
4 W:PC    1.95 d
5 y:PPC   1.50 e
6 y:PC    1.41 e
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable bicarbonate

```
$groups
  trt means M
1 y:PPC   1.75 a
2 W:T     1.40 b
3 y:PC    0.65 c
4 W:PPC   0.55 cd
5 W:PC    0.35 d
6 y:T     0.35 d
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable MO

```
$groups
  trt means M
1 y:PC    5.36 a
2 W:PC    3.74 b
3 y:PPC   2.82 c
4 y:T     2.54 d
5 W:PPC   1.53 e
6 W:T     0.80 f
```

Résultats du test Newman et Keuls pour la variable chlorure

```
$groups
  trt means M
1 W:PPC   2.70 a
2 y:PC    2.25 b
3 y:PPC   2.05 c
4 W:PC    1.95 c
5 y:T     1.70 d
6 W:T     0.55 e
```

Résumé

L'objectif de notre travail est d'étudier les caractéristiques physiques et chimiques du sol pollué par les hydrocarbures (cas des stations-service). Les échantillons ont été prélevés de deux stations-service situées à Ouadhia et Yakourene.

Les paramètres étudiés sont ; le pH, l'humidité, le calcaire total, la conductivité électrique, les sels solubles (les carbonates, les bicarbonates et les chlorures), le carbone organique et la matière organique.

Les résultats obtenus ont montré que ces carburants ont un effet non négligeable et un rôle important dans la modification des paramètres du sol, qui est marqué par la diminution de certains paramètres tels que le pH légèrement, et le calcaire total, et l'augmentation d'autres l'humidité, les anions, le carbone organique et la matière organique.

A cet effet nous concluons que les hydrocarbures ont un effet sur les propriétés physique et chimique du sol.

Les mots clé : sol, carburant, paramètres physique et chimiques, pollution, Station - service

Abstract

The aim of our work is to make a physical and chemical study of hydrocarbon (as in gas stations). The samples were taken from than service station "Ouadhia" and "Yakourene".

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

The results obtained have shown that these fuels have a significant effect 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, electrical conductivity Ouadhia and total limestone and other increase including moisture, anions and organic carbon.

For this we concluded that the oil has an effect on the physical and chemical properties of the soil.

Keywords: ground, fuel, physico-chemical properties, pollution, filling- station.