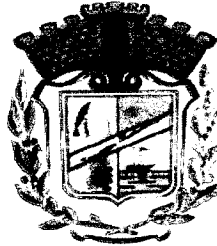
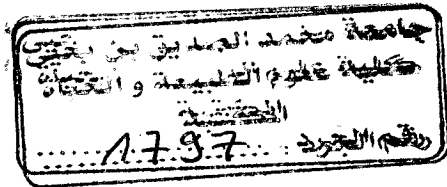


UNIVERSITE DE JIJEL

Faculté des Sciences Exactes et des Science
de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale et
Végétale



جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة و
الحياة
قسم : البيولوجيا الحيوانية
والنباتية



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : de Master en Biologie
Option : Phytopharmacie et gestion des systèmes agronomiques

Thème

**Évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur
la qualité chimique du sol
(cas de la région de Redjla Wilaya de Jijel)**

Jury :

Président : Mr Kermiche A.
Encadreur : Melle Chebab S.
Examineur : Mr Youbi M.



préparé par :

Chaabena Sarra
Kerdoud Sabrina

Session : juillet 2011

Numéro d'ordre :

REMERCIEMENT

*Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu de nous avoir donné la force
Et la volonté pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee et non
sincères reconnaissances à Melle Chebab Samira qui nous a proposé ce
sujet de recherche, et qui nous a encadré et soutenue par ses conseil,
sa compréhension et ses encouragements.*

*Nous remercieront également à Mr Kermiche A président de
Jury Et Mr Youbi M qui ont voulu accepter d'évaluer notre travail.*

*Nos vifs remercieront s'adressent aussi à tous les enseignants du
département de Biologie et tout les ingénieures du laboratoire surtout
Madjeda et Hamida.*

*En dernier lieu, on doit aussi une mention particulière à nos chers
Parents, frères et sœurs, Amis(es), camarades de promotions et tous ceux
qui nous ont soutenu durant la réalisation de ce travail.*

Sommaire

Sommaire

Partie1 : Synthèse bibliographique

Introduction générale.....	1
Chapitre1 : le sol	
I.1.Définition du sol.....	3
I.2. Les différentes phases constitutives d'un sol.....	3
I.2.1. La phase solide du sol.....	3
I.2.2. La phase liquide du sol.....	6
I.2.3. La phase gazeuse du sol.....	6
I.3. Les types des sols.....	6
I.3.1. Sols sableux.....	7
I.3.2. Sols limoneux.....	7
I.3.3. Sols argileux.....	8
I.4. Les propriétés des sols	8
I.4.1. Les propriétés physiques.....	8
I.4.1.1. La couleur.....	8
I.4.1.2. La structure.....	8
I.4.1.3. La porosité.....	9
I.4.1.4. La texture.....	9
I.4.1.5.La consistance	9
I.4.1.6.Cimentation.....	9
I.4.2. Les propriétés chimiques.....	9
I.4.2.1. La formation de la double couche électrique	9
I.4.2.2. La capacité d'échange cationique (CEC).....	10
I.4.2.3. Le complexe absorbant et le pH.....	10

Chapitre2 : les pratiques agricoles et leurs effets sur la qualité chimique du sol.

II .1.Pesticides.....	10
II .1.1.Définition	10
II .1.2. Classification	10
A. Le premier système de classification	11
A.1. Les herbicides	11
A.2. Les fongicides	12
A.3.Les insecticides	12
B. Le deuxième système de classification	13
B.1.les organochlorés	13
B.2. Les organophosphorés	14
B.3.Les carbamates	14
II .1.3. Dispersion des pesticides dans le sol	14
II .1.3-1- Le processus de rétention	15
II .1.3.2.Le processus de dégradation	16
II .1.3.3. Le processus de transfert: transfert vers d'autre système	16
A. Le transfert vers l'atmosphère: la volatilisation	17
B. Le transfert sous l'action des mouvements de l'eau.....	17
II .1.4. Effet des pesticides sur la santé et l'environnement	18
II .4.1.Effets indésirables sur l'homme	18
II.1.4.2.Impact environnemental	19
II.2. Fertilisation.....	20
II.2.1. Définition et objet.....	20
II.2. Amendement	21
II.2.3. Engrais	21

II.2.3.1-Engrais organiques	21
II.2.3.2.Les engrais minéraux.....	22
II.2.4.La pollution des sols par les engrais	23

Partie pratique

III .Matériel et méthodes.....	25
III.1.Présentation de la région d'étude	25
III.1.1. Présentation de la wilaya de Jijel	25
III.1.2. La situation géographique de la région de Redjla.....	25
III.1.3.Climatologie et précipitation.....	26
III.1. 4.Ces activités humaines dans la région.....	29
III.1.5. Utilisation des produits phytosanitaires dans la région.....	29
III.2. Échantillonnage et techniques de prélèvement	30
III.3.Traitement des échantillons	31
III.3.1. Dosage des nitrates.....	31
III.3.2.Dosage du phosphore dans le sol	32
III.3.3.Dosage de la matière organique dans le sol.....	33
III.3.4.Détermination du pH de sol.....	34
III.3.5. La capacité d'échange cationique (CEC).....	35
III.3.6. Extraction des pesticides.....	36
IV .Résultats et interprétation.....	38
IV .1.La matière organique dans le sol	38
IV 2. La capacité d'échange cationique	39
IV .3. Le pH du sol.....	40
IV .4. Les nitrates dans le sol.....	42
IV .5.Les phosphates dans le sol.....	43

IV .6. Les pesticides	45
V .La discussion	47
V .1 . Le pH du sol.....	47
V .2. La matière organique.....	47
V .3. CEC	48
V .4.Le phosphore	48
V .5.Le nitrate	49
V .6.Les pesticides	50
Conclusion	51

Référence bibliographique.

Annexe.

La liste des tableaux

Tableau1: Distribution des phases du sol.....	3
Tableau2 : Exemple des effets des pesticides sur la microflore du sol.....	20
Tableau 3 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher.....	27
Tableau4 : Moyennes mensuelles des températures [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher	27
Tableau5: Moyennes mensuelles de l'humidité [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher	28
Tableau6 : Les produits de synthèses les plus utilisés dans la région.....	30
Tableau7: Les valeurs des concentrations moyennes de la matière organiques des 04 stations étudiées	38
Tableau8 : Les valeurs moyennes de la capacité d'échange cationique des 04 stations étudiées.....	39
Tableau9 : les valeurs moyennes du pH du sol dans les 04 stations étudiées.....	41
Tableau10 : Les concentrations moyennes des nitrates dans les 04 stations étudiées	42
Tableau11 : Les concentrations moyennes des phosphates dans les 04 stations étudiées	44
Tableau12 : Normes d'interprétation de la matière organique.....	47
Tableau13 : Normes de discussion pour la CEC.....	48

La liste des figures

Figure1 : Les constituants organiques des sols.....	4
Figure2 : Principaux composants du sol.....	7
Figure3 : La répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégorie de produit en 2002(d'après UIPP, 2004).....	13
Figure4 : Devenir des pesticides dans l'environnement.....	16
Figure5 : Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	25
Figure6 : Position géographique de la mare de Redjla.....	26
Figure7 : Répartition mensuelle des précipitations [2004-2009] (O.N.M).....	27
Figure8 : Répartition mensuelle des températures [2004-2009] (O.N.M).....	28
Figure9 : Répartition mensuelle de l'humidité [2004-2009] (O.N.M).....	29
Figure10 : Appareil de soxhlet.....	37
Figure11 : Les teneurs moyennes de la matière organique dans les quatre stations étudiées.....	39
Figure12 : Les valeurs moyennes de CEC dans les quatre stations étudiées.....	40
Figure13 : Les valeurs moyennes du pH dans les quatre stations étudiées.....	41
Figure14 : Les teneurs moyennes des nitrates dans les quatre stations étudiées.....	43
Figure15 : Les teneurs moyennes du phosphore dans les quatre stations étudiées	45
Figure16 : Profil chromatographique de l'échantillon prélevé du champ de la deuxième station...	46
Figure17 : Profil chromatographique de l'échantillon prélevé du champ de la quatrième station ...	47

Liste des abréviations

MO	Matière organique.
CEC	Capacité d'échange cationique.
ONM	Office national de météorologie.
C	Carbone.
T°	Température en degrés celcius.
P	Précipitation.
H	Humidité.
µg/g	Micro gramme par gramme
K₂SO₄	Sulfate de potassium.
NaOH	Hydroxyde de sodium
C₂H₆O₃	Acide salicylique.
Na₂CO₃	Carbonate de sodium anhydre.
H₂SO₄	Acide sulfurique.
[(NH₄)₆Mo₇O₂₄,4H₂O]	Molybdate d'ammonium.
[K (SbO), C₄H₄O₆) 0.5H₂O]	Oxytartrates d'antimoine III et de potassium.
DO	Densité optimale
C₂H₃O₆	Acide ascorbique
CO	Carbone organique
Mm	Millimètre
N-NO₃	Nitrate
Mol/L	Mole par litre
g	Gramme
nm	Nanomètre
d	Densité
pH	Potentiel hydrique
DDT	Dichloro-Diphényl Trichloroéthane
HCB	Hexa-Chloro-Benzène
HCH:	Hexa-Cyclo-Hexane
AChE	Acétylcholinestérase
NH₂-COOH	Acide carbamique
KJ/mol	kilo joule par mol
DT50	Temps de demi-vie
MOS	Matière organiques du sol

Introduction

Introduction

Le sol occupe une place importante dans notre environnement en tant qu'élément indispensable à la vie sur terre. En utilisant le sol de multiples manières, l'homme intervient dans les cycles naturels de régulation.

Le sol exploité pour des cultures agricoles, forestières, jardinage, pâturages ou jachères, est soumis à diverses interactions et modifications biologiques, chimiques et climatiques.

Les plantes comme les animaux nécessitent des soins tant pour croître que pour se bien porter. Cela implique l'utilisation de produits adéquats : engrais, pesticides de synthèse comme seul moyen de lutte contre les insectes nuisibles, les mauvaises herbes et les maladies des plantes, ainsi que les médicaments vétérinaires. L'usage inconsidéré de tels produits peut entraîner effectivement l'existence dans les sols et les aliments de résidus potentiellement dangereux, bien qu'en tout état de cause, à de faibles concentrations [1,2].

Les propriétés intrinsèques des produits phytosanitaires, celles du sol (structure, type et quantité d'argiles, teneurs et nature de la matière organique, pH), les paramètres et techniques d'application des produits phytosanitaires (mode, fréquence et taux d'application, surface traitée, cible...), les pratiques culturales (labours, systèmes d'irrigation, de drainage...) ainsi que les conditions climatiques et hydrologiques (intensité, fréquence et durée des pluies, évaporation potentielle) interviennent sur leur devenir dans l'environnement et doivent être considérés dans l'évaluation de leur probabilité d'occurrence et de leur risque potentiel de contamination [3].

Les travaux scientifiques réalisés au cours des 20 dernières années ont permis de faire progresser les connaissances dans deux domaines importants :

- d'un part celui du devenir de ces molécules dans l'environnement, et notamment de leur dégradation qui conditionne leur plus ou moins grande pérennité et les risques induits,
- d'autre part dans le domaine de l'écotoxicologie concernant les effets de ces produits, tant sur les cibles visées que sur les autres composantes du milieu [4].

Dans ce travail, le but essentiel est d'évaluer l'impact des pratiques culturelles sur la qualité chimique du sol de la station de "Redjla" qui se trouve enclavée dans une région caractérisée par

une activité agricole importante nécessitant une utilisation excessive de fertilisants et d'engrais chimiques, la concentration des élevages et l'intensification de la production végétale.

Synthèse bibliographique

Chapitre01

Le sol

I .Le sol

I.1.Définition

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. Cette couche, dénommée encore couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques - la roche-mère sur laquelle s'est développé le sol - et environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation [5]. Le sol est une ressource considérée comme non renouvelable, car sa vitesse de formation est habituellement comprise entre 100 et 400 an.cm-1, et donc, à la différence de l'eau, le renouvellement du sol n'est pas visible à échelle de temps humaine [6].

I.2. Les différentes phases constitutives d'un sol

Les sols sont de milieux poreux. Comportant trois phases : la phase solide, la phase gazeuse et la phase liquide [7]. La phase solide est constituée de particules minérales, la phase gazeuse et liquide sont constituées de l'air et de l'eau qui occupent les vides entre les particules solides [8]. La répartition des trois phases en masse et en volume sont représentées dans le tableau 1

Tableau1: Distribution des phases du sol [9].

	Phase solide		Phase liquide ou Solution du sol	Phase gazeuse ou air du sol
	Matière minérale	Matière organique		
Répartition en poids :	81%	2%	17%	0%
Répartition en volume :	49%	3%	26%	22%

I.2.1. La phase solide du sol

Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables [7]. La fraction minérale du sol est formée par l'ensemble des produits d'altération physique, chimique et biochimique des minéraux dits "primaires" de la roche-mère. La matière organique du sol (MO)

❖ Constituants vivants

Ce sont les tissus végétaux, principalement les tissus vivants des plantes mais certains auteurs incluent également dans cette catégorie les tissus des végétaux morts restant debout à la surface du sol (arbres morts encore dressés).

Les animaux du sol comprenant la microfaune, la mésofaune et la macrofaune.

La biomasse microbienne qui correspond, quand à elle, à la microflore vivante du sol, c'est-à-dire les bactéries, les champignons, les actinomycètes et les algues [10].

❖ Constituants non vivants

Ils se répartissent en deux catégories d'importance très inégale selon leur stabilité dans les sols. L'une, dont la masse est la plus grande, comprend des constituants susceptibles de subir des transformations et d'être dégradés plus ou moins rapidement ; ce sont les matières organiques particulaires. Dans l'autre, dont la masse est très souvent négligeable dans les sols, on trouve des constituants inertes (charbon de bois, graphite) qui se transforment pas, et donc, n'évoluent pas.

Une deuxième distinction est faite pour la première catégorie. Elle repose sur l'existence d'une part, de structures cellulaires reconnaissables et d'autre part, molécules individualisées. On distingue: [10].

❖ La matière organique particulaire

Elle est composée de fragments de tissus organiques non décomposés ou partiellement décomposés, identifiables par leur structure cellulaire, principalement présents dans la fraction du sol supérieure à 50 μm . Ces fragments peuvent être ou non associés aux minéraux du sol.

❖ La matière organique moléculaire

Elle est constituée de molécules de différentes tailles issues des transformations biochimiques des constituants tissulaires de la MO [5].

B.1. Rôle de la matière organique dans le sol

La matière organique joue un rôle fondamental dans le fonctionnement physique, chimique et biologique des sols et dans le maintien de leur qualité. En effet, la MO constitue une niche écologique et un substrat énergétique pour les microorganismes telluriques et est donc indirectement impliquée dans la biodégradation de différents polluants organiques (les hydrocarbures aliphatiques polycycliques, les pesticides ...). De par sa capacité d'échange

cationique et son pouvoir absorbant importants, la MO constitue également une réserve minérale et hydrique considérable du sol. En outre, elle joue le rôle d'un ciment qui lie les agrégats du sol et contribue ainsi à sa stabilité structurale. Il en découle une amélioration de l'aération, de la perméabilité et de la résistance à l'érosion. Par ailleurs, la MO contribue à l'amélioration de la qualité de l'eau des nappes via la rétention de nombreux polluants inorganiques et organiques [5].

I.2.2. La phase liquide du sol

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais est une solution dont la composition est complexe et très variables. On la désigne souvent par l'expression « solution du sol ». Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non ionisées dont la nature et la concentration dépendent de plusieurs phénomènes [7].

I.2.3. La phase gazeuse du sol

La phase gazeuse du sol est encore appelée l'atmosphère du sol. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique. L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique [7].

I.3. Les types des sols

La texture du sol fait référence à la taille et à la proportion des particules minérales qui le composent. Plus spécifiquement, elle réfère à la proportion de sable, de limon et d'argile contenus dans le sol. Ces particules sont classées de la façon suivante, en fonction de leur diamètre :

- Sables : de 2 mm à 50 μm
- limons : de 50 μm à 2 μm
- argiles : < 2 μm .

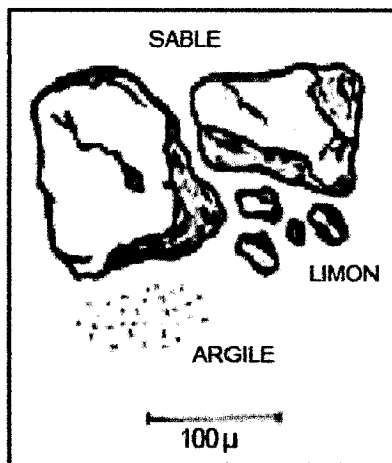


Figure 2: Principaux composants du sol [11].

Selon le pourcentage de chaque fraction minérale, il est possible de regrouper les sols en trois groupes : sols sableux, sols limoneux, sols argileux. Chacun de ces groupes possède des caractéristiques qui lui sont propres [7].

I.3.1. Sols sableux

Les sols sableux sont principalement constitués de sables grossiers, ces sols se travaillent bien et se réchauffent rapidement au printemps.

Ils sont généralement pauvres en éléments nutritifs et ont tendance à être acides. Ils ont une faible capacité d'échange anionique et cationique.

Les particules d'un sol sableux sont relativement espacées, ce qui permet à l'eau de s'écouler rapidement. Les substances dissoutes dans l'eau qui s'infiltreront pénètrent vite dans les profondeurs du sol et éventuellement dans les eaux souterraines.

Certaines activités agricoles comme le mélange des pesticides, le rinçage des cuves et l'entreposage du fumier, des engrais et des combustibles, peuvent être particulièrement dangereuses sur un sol sableux [12].

I.3.2. Sols limoneux

Les sols limoneux sont surtout formés de sables fins et de limons. On dit de ces sols qu'ils sont « battants », c'est-à-dire qu'ils ont tendance à former une croûte en surface sous l'effet des pluies et des arrosages, ce qui les rend imperméables à l'eau et à l'air. Ils se colmatent aussi très

facilement, ce qui a pour effet d'asphyxier les racines des végétaux et les organismes vivants du sol [12].

I.3.3. Sols argileux

Les sols argileux contiennent plus de 25% d'argile. Sont généralement des sols riches qui retiennent bien l'eau et les éléments nutritifs, ils sont toutefois mal aérés, mal drainés et ils ont tendance à être alcalins. De plus, ils sont difficiles à travailler, ils se réchauffent longtemps [12].

I.4. Les propriétés des sols

I.4.1. Les propriétés physiques

Les propriétés physiques sont nombreuses et beaucoup sont utilisées pour la caractérisation des minéraux argileux mais elles ne revêtent pas toutes la même importance [13].

I.4.1.1. La couleur

L'un des critères morphologiques des sols facilement accessible est la couleur.

Les couleurs des sols traduisent soit la présence de constituants particuliers, soit résultent de différents mécanismes physico-chimiques ou biologiques [13].

I.4.1.2. La structure

La structure est l'arrangement spatial des particules minérales et organiques entre elles, conduisant à la formation d'agrégats microscopiques.

La structure d'un sol est la disposition et l'agencement des éléments du sol en agrégats ou dispersés. La structure d'un sol traduit la répartition de ses constituants solides, conditionnant en quelque sorte son architecture. Elle dépend directement de la texture. On distingue deux types principaux :

- **La structure en agrégats**

Lorsque la solution du sol est riche en cation (dont particulièrement Ca^{+2}), ces particules sont pour la plupart floculées. Elles forment alors avec les particules plus grosses (limons, sables) qu'elles cimentent des agrégats séparés par des lacunes. Ce type structural est le plus favorable puisqu'il assure une bonne aération ainsi qu'une circulation satisfaisante de l'eau dans le sol.

▪ Les structures massives et particulières

A l'inverse de la précédente, l'insuffisance en ions flocculants ou encore l'abondance en ion OH^- entraîne un état dispersé des colloïdes, puisqu'ils restent en majorité chargés négativement, de ce fait les particules grossières restent disséminées au sein d'une trame fine sensiblement homogène sans limiter le système lacunaire stable, ce qui conditionne une structure massive (dite encore cohérente ou compacte). Lorsque l'insuffisance de cimentation n'est plus liée à cet état particulier des colloïdes mais à leur quasi-inexistence la structure devient particulière les particules restant indépendantes et sans cohésion [13].

I.4.1.3. La porosité

La porosité représente aussi un paramètre physique très important car elle conditionne l'aération ainsi que la capacité de rétention d'eau d'un sol qui est en partie liée à la porosité [13].

I.4.1.4. La texture

La texture d'un sol est la proportion des éléments du sol classés par catégorie de grosseur après destruction des agrégats. La texture reflète la part respective de constituants triés selon leurs tailles. La texture des sols est un facteur écologique et physique lié à la nature des matériaux qui constituent un sol [13].

I.4.1.5. La consistance

La consistance désigne à la fois la force qui retient ensemble les divers matériaux du sol, ou la résistance des sols à la déformation et la rupture [13].

I.4.1.6. Cimentation

La cimentation se réfère à une consistance dure et fragile causée par un liant autre que les minéraux argileux tels que les carbonates, la silice, les oxydes..., la cimentation peut être homogène ou discontinue à l'intérieur d'un horizon [13].

I.4.2. Les propriétés chimiques

I.4.2.1. La formation de la double couche électrique

Dans une solution d'électrolyte homogène à l'équilibre thermique avec son environnement et en l'absence de tout champ électrique, les ions sont animés de mouvements aléatoires qui ont pour

conséquence de les distribuer uniformément dans tout le volume disponible, si on introduit dans la solution des particules de minéraux argileux portant des charges électriques négative on est physiquement en présence de deux couches de charge électrique : la couche qui occupe la région interrassiale et dans la quelle il y a plus de cations que d'anions. Ces deux couches constituent ce que l'on appelle la double couche électrique [10].

I.4.2.2. La capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique des sols est la quantité maximale de cations qu'un sol peut absorber, et d'après CALVET (2003) la capacité d'échange cationique représente l'ensemble des cations qui compensent les charges électriques négatives de la phase solide autre que celles qui sont compensés par des cations formant des sphères internes [10].

I.4.2.3. Le complexe absorbant et le pH

Selon DUCHAUFOR (1997), le pH permet de définir d'une manière approximative l'état du complexe absorbant notamment le taux de saturation. Les ions échangeables du complexe absorbant sont en équilibre avec la solution du sol : toute modification de la composition de la solution du sol provoque un changement de cet équilibre par « échange ». Il existe dans le complexe absorbant deux grandes catégories d'ions retenus :

Les ions générateurs d'acidité H^+ et Al^+ le premiers directement ; les seconds de façon indirecte dans la mesure où ils libèrent des ions H^+ par décomposition de l'eau.

Les ions dit « basiques » qui élèvent le pH du sol ; ces ions sont au nombre de quatre : Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ et Na^+ .

Lorsque l'ensemble du complexe est saturé par ces ions le milieu est neutre ou même légèrement alcalin [14].

chapitre02
les pratiques agricoles
et leurs effets sur la qualité chimique du sol



II . Les pratiques agricoles et leurs effets sur la qualité chimique du sol

Les pratiques agricoles ont pour objectif initial de permettre une production quantitativement et qualitativement optimale. L'entretien du sol est une pratique importante en agriculture. Quelle que soit la culture envisagée, un sol bien entretenu est le gage d'une culture réussie et d'une production optimale. En effet, une fois la culture en place, le sol fait l'objet de multiples pratiques dont :

- l'irrigation augmentant la quantité d'eau à disposition de la culture ou le drainage favorisant artificiellement l'évacuation de l'eau gravitaire présente dans la macroporosité du sol à la suite de précipitations,
- l'ameublissement et l'aération du sol pour favoriser le développement des végétaux et de la microfaune.

Les plantes, de leurs part, nécessitent des soins pour croître et se produire et cela implique l'utilisation de produits adéquats tels que les engrais et les produits phytosanitaires, plus communément appelés pesticides [1].

II .1. Pesticides

II .1.1. Définition

Les pesticides, produits phytosanitaires, phytopharmaceutiques, agropharmaceutiques, produits de lutte contre les ennemis des cultures, de lutte antiparasitaire, pour la protection des plantes, sont tous les noms servant à définir des substances chimiques parfois minérales et en majorité sous forme de composés organiques de synthèse épandues sur les plantes cultivées pour les protéger [15].

Le terme pesticide comprend les agents biologiques, les régulateurs de croissance, les correcteurs de carence, les défoliants, les agents d'éclaircissage ainsi que les substances appliquées sur les cultures avant ou après récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport [16].

II .1.2. Classification

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une telle variété de structure chimique, de groupe fonctionnel et d'activité que leur classification est complexe. D'une manière générale, ils peuvent être classés en fonction de la nature de l'espèce à combattre

mais aussi en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les composent [17].

A. Le premier système de classification

Repose sur le type de parasites à contrôler, Il existe principalement trois grandes familles chimiques qui sont : les herbicides, les fongicides et les insecticides [17].

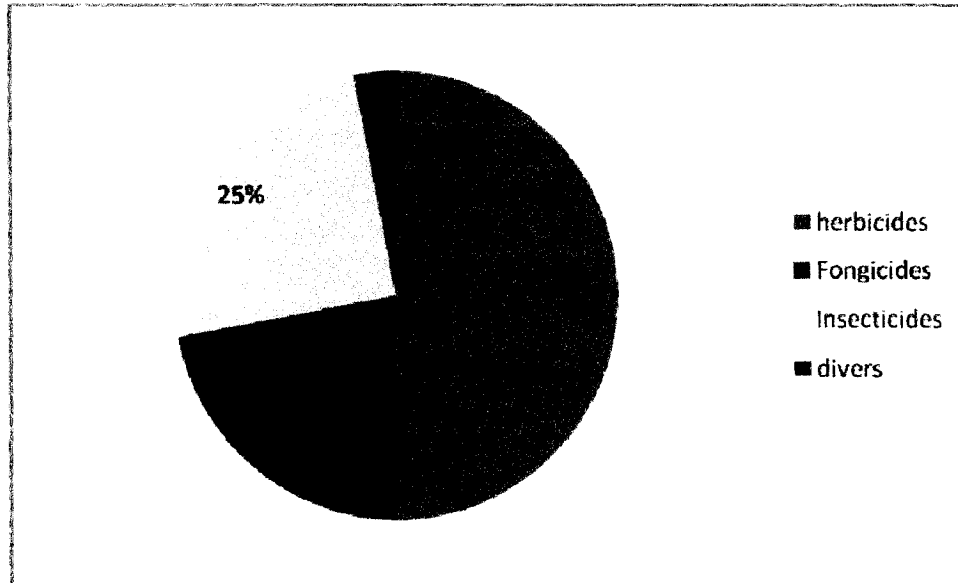


Figure3 : la répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégorie de produit en 2002 (d'après UIPP, 2004) [15].

A.1. Les herbicides

Représentent les pesticides les plus utilisés dans le monde toutes cultures confondues [17]. Ce sont des substances destinées à éliminer les mauvaises herbes adventices des cultures [16]. Les herbicides possèdent différents modes d'action sur les plantes :

- les perturbateurs de la régulation d'une hormone « l'auxine » (principale hormone agissant sur l'augmentation de la taille des cellules),
- les perturbateurs de la photosynthèse,
- les inhibiteurs de la division cellulaire,
- les inhibiteurs de la synthèse des lipides, de cellulose, ou des acides aminés [17].

A.2. Les fongicides

Servant à combattre la prolifération des champignons pathogènes. Ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dommages aux végétaux cultivés [16]. Les fongicides peuvent agir différemment sur les plantes :

- les inhibiteurs respiratoires,
- les inhibiteurs de la division cellulaire,
- les perturbateurs de la biosynthèse des acides aminés ou des protéines,
- les perturbateurs des métabolismes des glucides [17].

A.3. Les insecticides

Les insecticides sont toute substance qui tue les insectes, empêche l'éclosion des œufs, altère le développement normale des larves ou la maturation sexuelle [16].ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction. Différents types existent comme :

- les neurotoxiques.
- les régulateurs de croissance.
- ceux agissant sur la respiration cellulaire.

Outre les trois grandes familles des pesticides mentionnées ci-dessus, différentes familles peuvent être citées comme par exemple : les acaricides, les nématicides, les rodenticides, les molluscides...etc. [17].

B. Le deuxième système de classification

Tient compte de la nature chimique de la substance active majoritaire qui compose les produits phytosanitaires, [17]. On peut citer comme exemples de familles :

B.1. Les organochlorés

Les pesticides organochlorés sont une grande famille de pesticides utilisés en agriculture et dont la persistance dans le milieu aquatique et les effets toxiques sur la faune marine sont reconnus depuis longtemps par la communauté scientifique. Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), l'hexachlorocyclohexane (HCH), l'hexachlorobenzène (HCB), le dieldrin, l'aldrin, l'endrin, le chlordane, l'heptachlore, le mirex et le toxaphène comptent parmi les plus tristement célèbres de ces

substances et font désormais l'objet d'une interdiction d'usage dans de nombreux pays due à leur grand potentiel de contamination et de risque pour la santé humaine. Parmi ceux-ci, le DDT est sans contredit le pesticide ayant le plus retenu l'attention des chercheurs en raison de sa très grande persistance dans le milieu aquatique et de sa grande toxicité pour les organismes marins [18].

B.2. Les organophosphorés

Sont des esters obtenus en faisant réagir divers alcools avec l'acide orthophosphorique ou l'acide thiophosphorique (Dimefox, Schradan, Parathion, Malathion....)

Les organophosphorés ont historiquement, remplacé les organochlorés car ils présentent une faible rémanence. Cependant, ils se caractérisent par une toxicité aigue très élevée, ils agissent par inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE) de façon irréversible, au niveau des terminaisons nerveuses ce qui peut étendre leur action aux mammifères et à l'homme [16].

B.3. Les carbamates

Ce sont des substances dérivées de l'acide carbamique de formule $\text{NH}_2\text{-COOH}$. Ce groupe comprend un grand nombre de molécules parmi lesquelles les plus connues et les plus utilisées sont : le propoxur, le carbaryl, le bendiocarb et tout dernièrement le carbosulfan. Ceux-ci sont également des anticholinestérasiques, mais dont l'action est réversible contrairement à celle des organophosphorés. Leur demi-vie s'étend de quelques jours à plusieurs mois, voire plusieurs années dans les eaux souterraines et leur toxicité est variable d'une molécule à l'autre [16].

II .1.3. Dispersion des pesticides dans le sol

Le terme dispersion est employé ici pour qualifier le passage des substances dans les différents compartiments de l'environnement (eau, sol, air, organismes vivants). Quelque soit le mode d'application, le sol est le lieu de transit obligatoire des produits phytosanitaires. La dispersion est alors logiquement déterminée par le devenir dans le système sol. Ce devenir met en jeu trois grands types de processus [19].

- la dégradation
- la rétention dans le sol jusqu'à la formation de résidus liés
- le transport vers d'autres compartiments environnementaux par des processus physicochimiques (volatilisation) ou via un vecteur, l'eau par lixiviation ou ruissellement ou les particules de sol [15].

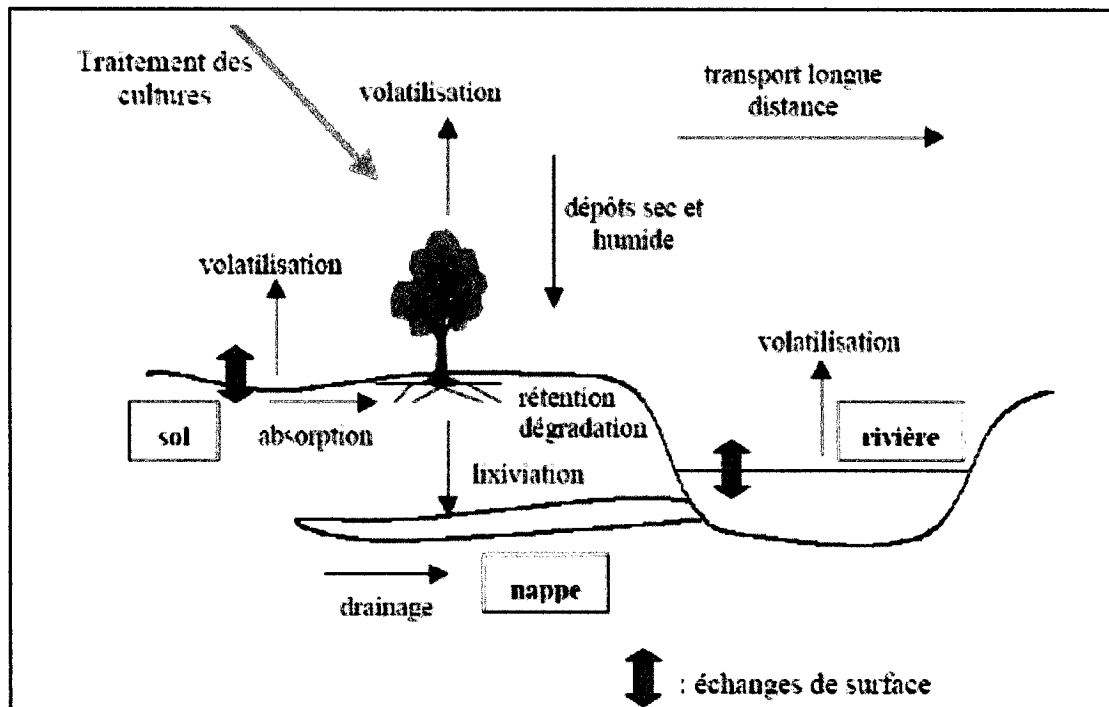


Figure4 : devenir des pesticides dans l'environnement [15].

II .1.3.1. Le processus de rétention

La rétention se réfère à la capacité du sol à retenir le pesticide et à limiter son déplacement à l'intérieur ou à l'extérieur de la matrice du sol. La rétention peut être également définie comme le passage des molécules sur la phase solide du sol à partir, soit de la phase gazeuse, soit de la phase liquide.) [19]. L'adsorption représente le phénomène majeur d'immobilisation des composés dans le sol. Les sols à forte teneur en matière organique adsorbent les produits phytosanitaires et limitent ainsi leur migration avec l'eau qui percole et circule en surface, d'où une protection des milieux aquatiques [16].

L'adsorption est réversible, ce qui est une des causes principales de la persistance d'activité des produits. C'est aussi une raison de son rôle dans le transport des pesticides vers les eaux de surface [19].

Plusieurs liaisons de natures différentes peuvent s'établir entre les molécules de pesticides et les particules de sol. Selon l'énergie de ces liaisons, on distingue deux types d'adsorption :

- l'adsorption physique dont l'énergie est faible (<50 KJ/mol). Les liaisons mises en jeu sont de type liaison d'hydrogène ou de Vander wals, et le phénomène observé dans ce cas est réversible.

- ✦ l'adsorption chimique qui a une énergie d'adsorption élevée ($>80\text{Kj/mol-1}$). dans ce cas les liaisons chimique les plus citées sont les liaisons ioniques et celles de coordination. Cette adsorption est irréversible [20].

II .1.3.2. Le processus de dégradation

La dégradation des produits phytosanitaires est due au caractère instable des produits dans le milieu naturel. Elle est d'origine biologique, par métabolisme à partir des populations de microorganismes du sol, ou d'origine abiotique [21].

Qu'ils soient dans l'air, à la surface du sol, dans l'eau ou sur la plante, les liaisons chimiques entre les atomes qui les constituent peuvent être détruites par **photodégradation** par les rayons ultraviolets. Le résultat de cette réaction est le plus souvent une oxydation de la molécule.

L'hydrolyse aqueuse se déroule notamment dans la phase aqueuse du sol et peut être le processus de dégradation chimique le plus important. Ces réactions sont parfois liées au pH de la phase aqueuse. Ces dégradations sont en concurrence avec les dégradations par les microorganismes.

Le dernier mode de dégradation est appelé **biodégradation**. Les molécules des produits phytosanitaires peuvent servir de source de carbone pour les microorganismes du sol. Tous les paramètres qui favorisent la vie microbienne accélèrent les processus de biodégradation : pH, température, aération, humidité. La matière organique présente dans le sol offre des zones de rétention des produits phytosanitaires et contribue à la dégradation biotique de ces molécules.

La dégradation d'un produit phytosanitaire dans l'environnement est évaluée grâce à la mesure de sa persistance. Cette persistance est le plus souvent évaluée par le temps de dégradation de 50 % de la substance active (DT50) qui est exprimé en jour et qui est déterminée par un test au laboratoire ou au champ. Les tests au champ permettent une évaluation du risque environnemental plus précis puisque effectuée dans des conditions réelles [15].

II .1.3.3. Le processus de transfert: transfert vers d'autre système

Les transferts vers des autres systèmes s'effectuent vers l'atmosphère, dans le sol vers la profondeur et au niveau de la surface du sol vers les eaux de surface [19].

Les pertes de la plupart des pesticides lors des phénomènes de ruissellement se font en solution, le transport particulaire n'étant important que pour les pesticides les plus retenus (hydrophobes ou peu solubles dans l'eau) [23].

L'importance de l'entraînement par ruissellement est très variable selon les situations : volume et intensité des précipitations, pente de terrain, présence ou absence de couvert végétal, façons culturales, stabilité culturelle du sol, propriétés des pesticides utilisés ainsi que les quantités appliquées [16].

II .1.4. Effet des pesticides sur la santé et l'environnement

Connaître le devenir des produits phytosanitaires après leur épandage en zone agricole est une nécessité car la pollution engendrée par ces matières actives peut avoir des conséquences graves sur la santé et l'environnement [24].

Plusieurs études de Santé Canada ont démontré les risques d'effets aigus et chroniques pour les agriculteurs exposés aux pesticides. Il a été observé des problèmes d'ordre respiratoire, cutané, neurologique, reproductif, de développement et bien d'autres [26].

II .1.4.1. Effets indésirables sur l'homme

L'homme et les animaux en général, absorbent les pesticides et leurs dégradés via la nourriture ou l'eau d'alimentation, via l'air respiré ou au travers de leur peau ou de leur cuticule. [24,27].

A. Effets neurologiques

Certains pesticides, dont la neurotoxicité est le mécanisme même de leur mode d'action par inhibition de l'activité acétylcholinestérasique, peuvent entraîner chez l'homme des convulsions épileptiformes, des polyneuropathies, des troubles neurologiques centraux, etc. Ces produits sont principalement des organophosphorés et des carbamates [27].

B. Effets sur la reproduction

Plusieurs études se sont intéressées aux effets des pesticides sur la reproduction, en particulier sur la fertilité masculine. Les pesticides peuvent agir au niveau de la spermatogénèse via des altérations des hormones ou des effets génotoxiques. Par exemple une étude a montré une baisse

significative du nombre et de la qualité des spermatozoïdes chez des ouvriers exposés au Chlordécone [25].

C. Effet cancérogène

Chez les agriculteurs, malgré une espérance de vie plutôt supérieure à la moyenne du fait d'une sous-mortalité par maladies cardiovasculaires et par cancers en général, on remarque que la mortalité et l'incidence de type de cancers sont augmentées [27].

D. Effet immunitaire

Il apparaît clairement dans les expérimentations animales que certains pesticides peuvent engendrer une altération structurelle ou fonctionnelle de système immunitaire. Ce pendant, les concentrations testés sur l'animal sont très supérieures à celle auxquelles l'homme est exposé ce qui pose le problème de l'extrapolation à l'homme [28].

E. Effets sur le système endocrinien

Certaines substances de synthèse, dont les pesticides, peuvent perturber le système hormonal ou endocrinien et provoquer un déséquilibre physiologique. Parmi les effets possibles chez l'humain, on peut noter l'obésité, la décalcification des os et le diabète [29].

II .1.4.2. Impact environnemental

L'ensemble de la communauté scientifique s'accorde sur le danger et la nocivité des produits phytosanitaires et leurs métabolites sur l'environnement. La contamination s'effectue à tous les niveaux : de l'air à l'eau en passant par les aliments [27].

A. Effet des pesticides sur la microflore de sol

L'importance du rôle des micro-organismes dans le sol explique que de nombreuses études aient été menées pour connaître les effets des pesticides sur leurs populations et sur leurs activités. Les effets des pesticides sont très divers et affectent plusieurs fonctions de la microflore des sols ; des exemples sont donnés dans le tableau2.

Tableau2 : exemple des effets des pesticides sur la microflore du sol [30].

Pesticides	effet	Références citées par les auteurs
Dalapon	Inhibition de la dénitrification	Grant et Payne, 1982
Simazine	Augmentation des bactéries aérobies fixatrices d'azote et diminution des bactéries anaérobies	Kaiser et al, 1970
Pyazone, atrazine, linuron	Diminution de l'activité et des populations d'algues et de bactéries	Hauke-Pacewiczowa, 1971
Diquat	Inhibition de la fixation d'azote par les bactéries non symbiotiques	Atkinson, 1973

B. Effets des pesticides sur les plantes non visées

Les insecticides n'ont pas vraiment d'effets marqués sur les végétaux, toutefois, des perturbations de la croissance des plantes par les composés organochlorés ont été observées ainsi que des effets toxiques sur les algues. En revanche, les herbicides peuvent avoir des effets très dommageables et cela en deux circonstances. La première correspond aux dérives et aux transferts sur les végétaux voisins d'une culture traitée et relève des pratiques de traitement mises en œuvre. La deuxième concerne la persistance des herbicides [30].

II.2. Fertilisation

II.2.1. Définition et objet

La fertilité d'un sol est l'aptitude à produire régulièrement de bonnes récoltes. Elle fait appel à la notion de rendement. Mais aussi à celles de qualité de résistance aux maladies. On distingue de la fertilisation, qui est l'enrichissement du sol en éléments fertilisants assimilables [31].

La fertilisation a pour objectif de gérer et d'optimiser les conditions de ce prélèvement par les plantes cultivées. Elle doit ainsi répondre à un triple objectif agronomique :

- fournir aux cultures la quantité optimale d'éléments minéraux pour obtenir la production souhaitée, tant en quantité qu'en qualité ;
- s'assurer que ces éléments sont disponibles au rythme des prélèvements des cultures ;
- permettre un fonctionnement optimal du système racinaire [32].

II.2.2. Amendement

Matières minérales ou organiques dont l'emploi est principalement destiné à entretenir ou à améliorer les propriétés physiques et/ou chimiques et/ou l'activité biologique des sols [33].

II.2.3. Engrais

Matière fertilisante dont la fonction principale est d'apporter aux plantes un ou plusieurs éléments directement utilisés à leur nutrition ; la teneur en éléments nutritifs est au moins à 3% en masse pour l'un des trois éléments nutritifs majeurs (azote, phosphate, potassium) [33].

On distingue des engrais minéraux qui sont obtenus par synthèse ou transformations industrielles et des engrais organiques qui proviennent de la transformation de déchets végétaux et surtout animaux [34].

II.2.3.1. Engrais organiques

Avant de penser à appliquer les engrais, il faut les voir les sources d'éléments nutritifs disponibles : bouses de vache, fumier de porc, fiente de poulet, déchets végétaux, et toutes autres matières organiques. En dépit de leur faible et variable teneur en éléments nutritifs, les matières organiques sont bénéfiques, parce qu'elles ont un effet favorable sur les caractéristiques du sol en général. La matière organique améliore la structure et diminue l'érosion du sol, elle a un effet régulateur sur sa température, et permet au sol de stocker d'avantage d'eau, contribuant ainsi à améliorer significativement la fertilité du sol. Grâce à ces propriétés, les engrais organiques sont souvent à la base de l'obtention de meilleurs effets résultant de l'utilisation des engrais minéraux. Cependant, la matière organique seule ne suffit pas ; souvent elle n'est pas disponible en grandes quantités pour assurer le niveau de production agricole escompté par l'agriculture.

Elle doit être complétée par l'application d'engrais minéraux. Même dans les pays où une forte proportion des déchets organiques est employée comme engrais et amendements organiques, les consommations en engrais minéraux augmentent régulièrement [34].

II.2.3.2. Les engrais minéraux

A. Définition

Tout produit contenant au moins 5% ou plus de l'un ou plus de trois principaux éléments nutritifs des plantes (N, P₂O₅, K₂O), fabriqué ou d'origine naturelle, peut être appelé engrais. Les engrais de synthèse ou issus de transformations industrielles de roches éruptives, sédimentaires ou salines sont appelés engrais minéraux [34].

B. Classification

Les engrais peuvent apporter un seul élément fertilisant, dans ce cas, on parle d'engrais simples. Les engrais simples les plus utilisés sont : les engrais azotés, les engrais phosphatés et les engrais potassiques. Les engrais composés, au contraire, contiennent au moins deux éléments fertilisants. Un engrais composé peut être binaire s'il ne contient que deux éléments et ternaire s'il en contient trois. Ils ont pris une place très importante dans la fertilisation.

Un engrais composé peut être obtenu par mélange physique intime de deux ou plusieurs engrais sans véritable combinaison chimique ou par voie de réaction chimique ; les éléments y sont combinés chimiquement. Un engrais composé complet contient, par définition tous les éléments essentiels mais désigne habituellement un engrais contenant les trois éléments principaux N, P, et K. [34].

B.1. Les engrais azotés

L'azote est très important pour la croissance et le développement de la plante, de ce fait, il est nécessaire qu'il se trouve présent dans le sol en tout moment, ainsi l'épandage ou la fertilisation à l'azote est réalisée de façon fragmentaire pendant les périodes où la vitesse de croissance est plus importante la plante qui aura besoin d'une plus grande quantité d'azote [35].

✦ Ammonification, nitrification et dénitrification

Au cours de la décomposition, l'azote organique est transformé en ammoniac par une série de microorganismes, ce processus est connu sous le terme d'ammonification. Une partie de l'ammoniac peut être volatile et retourne dans l'atmosphère, mais la plus grande partie est recyclée en nitrate par des bactéries du sol. La première étape de la formation de nitrate, est l'oxydation de l'ammoniac en nitrite NO²⁻ par des bactéries appartenant aux genres *Nitrosomonas* ou *Nitrococcus*. Le nitrite est ensuite oxydé en nitrate par des membres du genre *nitrobacter*. Ces deux groupes bactériens sont dits bactéries nitrifiantes, le résultat de leur activité est la nitrification. Les bactéries

nitrifiantes sont chimioautotrophes ; ce qui signifie que l'énergie libérée par l'oxydation des matières inorganiques telles que l'ammoniac ou le nitrate est utilisé pour convertir le dioxyde de carbone en carbone organique [35].

B.2. Les engrais phosphatés

Le phosphore fait aussi partie de la nutrition de la plante au cours de tous son développement comme dans le cas de l'azote la plante absorbe plus facilement le phosphore lorsqu'il est soluble. Cependant lorsqu'il est appliqué au sol plus de 90% se transforme dans des formes insolubles ce qui a rendu nécessaire pour pouvoir garantir un apport continu de cette élément sans atteindre des niveaux toxique, ni dans le sol ni dans l'environnement [35].

↓ Les éléments dangereux dans le phosphate naturel

Tous les phosphates naturels contiennent des éléments dangereux comprenant des métaux lourds, par exemple le cadmium, le chrome, le mercure, l'arsenic et le plomb, et des éléments radioactifs (uranium, vanadium,... etc.), qui sont considérés comme toxiques pour la santé humaine et animale [34].

B.3. Les engrais potassique

La plus part du potassium présent dans le sol se trouve sous formes insolubles, qui ne sont pas profitables par les plantes sauf lorsqu'il s'agit des quantités infimes libérées progressivement par dégradation le pourcentage habituel de potassium disponible dans une solution varie entre 0,1 et 2%.

Les niveaux de potassium dans le sol sont on générale faibles et de plus les pertes par lessivage sont assez fréquentes le potassium est utilisé aussi bien par les plantes que par les micro-organismes du sol pour les processus de nutrition.

Le pourcentage de potassium dans la matière organique est élevé pouvant dépasser dans certains cas, les niveaux d'azote néanmoins une partie de ce potassium est perdu lors des processus d'humification [35].

II.2.4. La pollution des sols par les engrais

Les fertilisants minéraux ou organiques sont dispersés à la surface des sols afin d'accroître les rendements des végétaux cultivés.

✚ **Conséquences écologiques de la pollution des sols par les fertilisants**

L'usage de la fertilisation minérale et des épandages de résidus organiques d'origine industrielle- lisiers d'élevage intensif, boues de stations d'épuration -effectués certes jusqu'à présent sur des étendues fort heureusement réduites perturbe le fonctionnement des agro-écosystèmes, en particulier le cycle de la matière au niveau édaphique.

Dans le cas où la fumure est strictement minérale, c'est-à-dire uniquement à base d'engrais chimiques, on constate dans le long terme une dégradation de la structure physique des sols, une déshumidification avec pour conséquences une régression du complexe absorbant argilo-humique, ainsi qu'une accumulation d'éléments toxiques- métaux et métalloïdes- qui se produit aussi dans le cas des épandages de résidus organiques [36].

✚ **Perturbation des cycles biogéochimiques par l'emploi des fertilisants**

❖ **Perturbation du cycle de phosphore**

L'agriculture moderne a profondément perturbé le cycle du phosphore en milieu continental, et de façon plus générale les flux de phosphore circulant entre la lithosphère, les sols et l'hydrosphère.

La principale cause de perturbation de cycle de phosphore résulte de l'utilisation des superphosphates (ortho phosphates solubles) comme fertilisants [36].

❖ **Perturbation du cycle de l'azote**

Le cycle de l'azote a été profondément altéré par l'usage des engrais. Malgré les imprécisions qui subsistent aujourd'hui encore sur l'importance des flux par lesquels cet élément circule dans la biosphère, on peut affirmer que la synthèse industrielle des fertilisants azotés et leur dispersion à la surface des terres émergées ont produit une grave perturbation du cycle de l'azote [36].

✚ **Conséquences pour la santé publique de la production alimentaire par les fertilisants**

L'usage effréné des engrais chimiques présents, en certains cas, un risque évident pour la santé publique. Si la contamination des sols par les métaux toxiques contenus comme impuretés dans certains fertilisants minéraux ne soulève pas encore des problèmes d'hygiène alimentaire car la teneur des sols, même les plus pollués n'atteint pas encore, sauf quelques cas très localisés, des concentrations suffisantes pour contaminer les aliments, il n'est plus de même, depuis parfois plusieurs décennies, en ce qui concerne les nitrates [36].

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes

III.1. Présentation de la région d'étude

Notre zone d'étude est localisée dans la région de Rhedjla (commune de Taher) qui se trouve à 18 Km à l'est de Jijel, dans la Wilaya de Jijel.

III.1.1. Présentation de la wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord-Est de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Mila et au Sud-Ouest par la wilaya de Sétif. La wilaya de Skikda délimite la partie orientale, tandis que celle de Bejaia borde la partie Ouest.

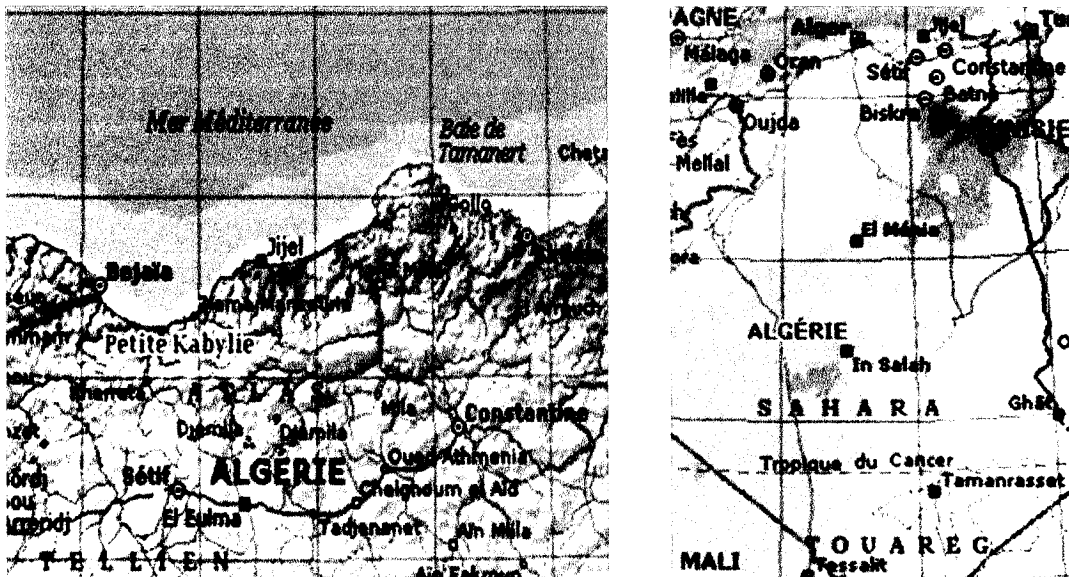


Figure5: Situation géographique de la wilaya de Jijel

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et doux en hivers, chaud et humide en été. Elle détient le record de la pluviométrie en Algérie avec une moyenne de 1200 mm/an de précipitation.

III.1.2. La situation géographique de Redjla

La région de Redjla est située au Nord-Est de la wilaya de Jijel dans la commune de Taher à 4 km de Taher et à 2 km de Bazoul. Cette région est limitée au Nord par des habitations et des cultures en serres à l'Ouest par une colline et au Sud-Ouest par l'agglomération de Taher. La partie

orientale est bordée par la route qui relie la ville de Bazoul à celle de Taher, tandis que la partie Sud-Est est caractérisée par la présence d'habitations, de fermes et de culture en serres (Fig.6)



Figure6: Position géographique de Redjla (1/ 25.000).

III.1.3. Climatologie

Le climat joue un rôle de premier ordre, à la fois au fil des ères géologiques et dans la répartition des êtres vivants dans les diverses régions du globe, tout comme il influence ponctuellement la productivité d'une saison agricole donnée [37].

A. Précipitation moyenne mensuelle

L'examen du tableau N° 3, ci-dessous, montre que les précipitations les plus élevées sont enregistrées durant l'hiver et que les minimums sont observés en été.

Tableau3 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher [38]

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
P(mm)	138,66	108,2	122,4	85,95	48,65	14,93	1,05	12,4	94,55	55,98	166,22	173,77

Les histogrammes de précipitations, représentés par la figure N°7, révèlent l'irrégularité des pluies le long de l'année. Les mois les plus pluvieux sont : décembre (173,77 mm), Novembre (166,2 mm) et janvier (138,66 mm) alors que les moins pluvieux sont : juillet (1,05 mm), Août (12,4 mm) et juin (14,93mm).

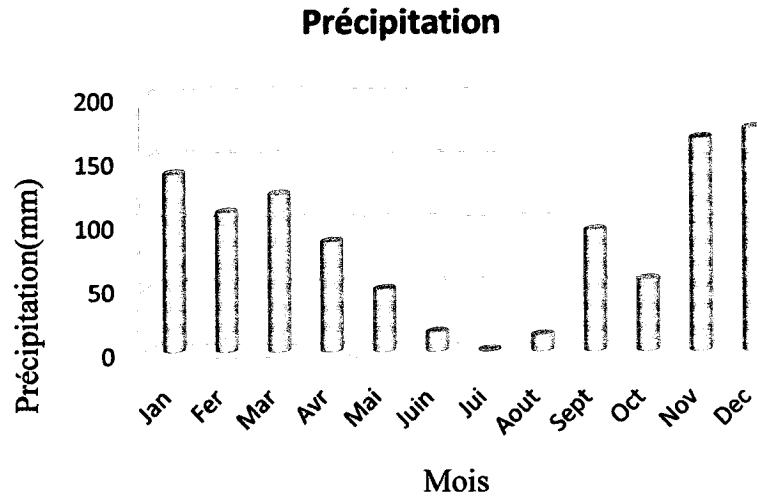


Figure7: Répartition mensuelle des précipitations [2004-2009] (O.N.M) [38]

B. Températures moyenne mensuelle

La température est un facteur écologique de première importance [39]. Elle constitue avec les précipitations, l'élément du climat le plus couramment relevé. Elle influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants. Le taux de croissance des microorganismes est en effet fonction de la température [40].

Les données de la station météorologique de Taher mentionnées dans le tableau N°4, font ressortir que la température moyenne mensuelle, la plus basse, est celle du mois de janvier avec 11.32 °C et que les mois les plus chauds sont juillet et août.

Tableau4 : moyennes mensuelles des températures [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher [38]

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T (C°)	11,32	17,85	12,7	16,2	19,55	22,8	25,9	26,2	23,72	22,93	15,67	12,85

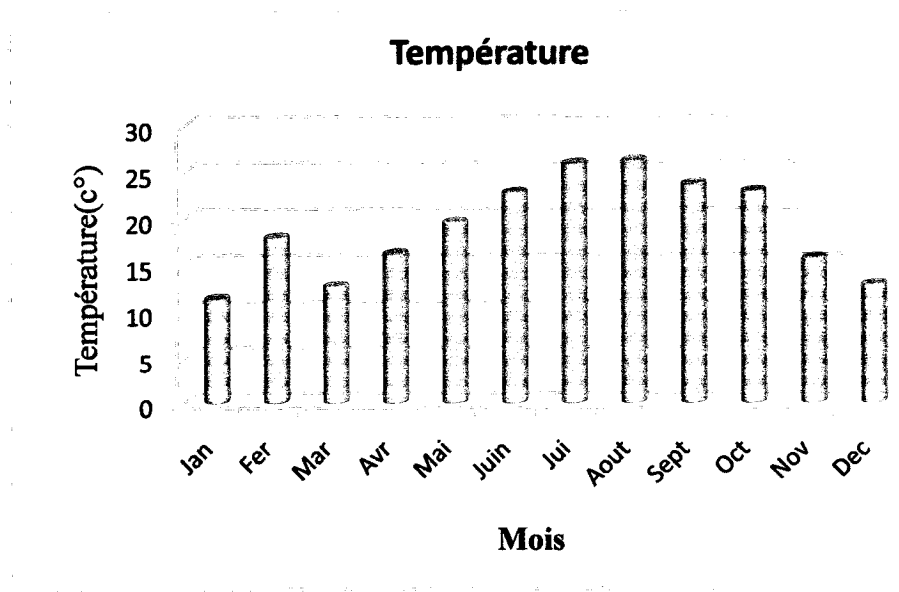


Figure8 : Répartition mensuelle des températures [2004-2009] (O.N.M)

C. Humidité moyenne mensuelle

Le degré d'humidité de l'air dépend de la quantité d'eau qui s'y trouve [37]. Les données de la station météorologique de Taher mentionnées dans le tableau N°5, font ressortir que l'humidité moyenne mensuelle, est presque la même dans tous les mois de l'année.

Tableau5: moyennes mensuelles de l'humidité [2004-2009] (O.N.M) station météorologique de Taher [38]

MOIS	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
H(%)	77,8	67,53	76,12	75,52	76,42	72,35	71	70,03	74,8	74,97	75,12	76,57

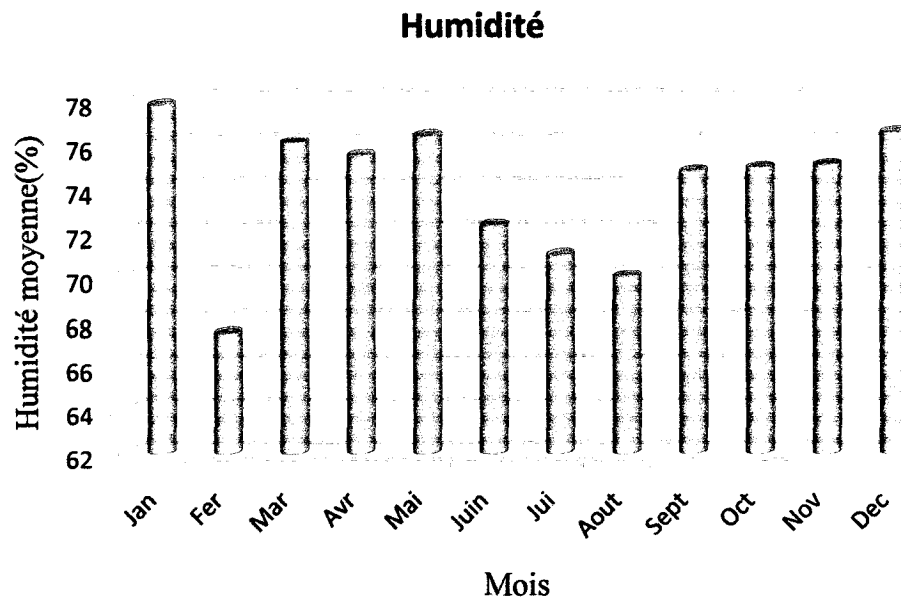


Figure9 : Répartition mensuelle de l'humidité [2004-2009] (O.N.M)

III.1.4. Les activités humaines dans la région

El Radjela est principalement une région agricole, elle est caractérisée en particulier par la culture des maraîchères et des arboricoles. La plupart des habitants sont des agriculteurs possédant des fermes et des serres. Ils utilisent pour leur cultures des produits chimiques tel que les engrais et les produits phytosanitaires afin d'augmenter et d'améliorer le rendement agricole.

III.1.5. Les produits chimiques les plus utilisés dans la région

❖ Les engrais les plus utilisés dans la région

Un rapport de la consommation d'engrais à Jijel pour la période étendue de 1997 à 2005 indique les quantités d'engrais vendues à Jijel (lorsqu'on parle de quantité vendue, cela veut dire les quantités utilisées dans les pratiques agricoles au niveau de la wilaya). On constate que les NPK sont les plus utilisés (près de 45,47%). Les engrais phosphatés particulièrement le TSP constituent plus de 14,02% des engrais chimiques appliqués alors que l'urée ammoniacale représente 13,74% des engrais utilisés à Jijel. Le reste est représenté par les autres produits fertilisants.

❖ Les produits phytosanitaires utilisés dans la région

Selon la structure chimique, l'enquête conduite auprès de l'ensemble des distributeurs de produits phytosanitaires ainsi que les agriculteurs a montré que le traitement des cultures fait appel à un large panel de substances actives avec une rémanence très variable et un niveau de toxicité

également variable. La liste des produits de synthèse les plus utilisés dans la région sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau6 : Représente les produits de synthèses les plus utilisés dans la région

Familles chimiques	Matières actives	Noms commerciaux
Organochlorés	Endosulfan	Thiosulfan, Thiodam
Organophosphorés	Chlorpyriphos-Ethyl Pyrimiphos-Methyl Parathion-Methyl Ethoprophos	Dursban, clorofect Phosal Methyl-paratox,pencap Rhocap
Carbamates	Thirame Propoxur	Thisan Baygon,propoxur
Pyrémthrinoides de synthèse	Deltaméthrine Cyperméthrine Lambda-cyhalothrine	Décis,alphythrine,deltarin Cypercacal,cyper-As Lambda-cythrène,karaté

III.2. Échantillonnage et techniques de prélèvement

❖ Choix des stations de prélèvement

Quatre stations de prélèvement ont été choisies pour réaliser ce travail. De chaque station, nous avons prélevé des échantillons à partir des champs et des serres. Une seule campagne d'échantillonnage a été menée au cours de cette étude et cela au mois d'avril 2011 à 10 :30h.

❖ Prélèvement des échantillons

Le sol à analyser est prélevé à l'aide d'une tarière dans des sachées de congélation de 1Kg, préalablement étiquetés. Les échantillons composites de sol ont été prélevés au niveau de l'horizon 0-25 cm. Nous avons acheminé le plus rapidement possible les échantillons au laboratoire, puis nous avons séché pendant quelques jours ou plus à l'air libre et à l'abri de soleil afin d'évaporer

l'humidité. Après le séchage les échantillons ont été broyés et tamisés à 2 mm, puis conservés jusqu'à utilisation.

III.3. Traitement des échantillons

III.3.1. Dosage des nitrates

- **Principe**

La détermination des nitrates se fait après une extraction aux sulfates de potassium 0.5mol/l. pour cela il est préférable d'utiliser la terre fraîchement prélevée. Autrement on risque d'avoir une augmentation des nitrates due à la minéralisation après prélèvement [41].

- **Les réactifs**

-Solution de sulfate de potassium 0,5mol/L (K_2SO_4)

-Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 4 mol/L

-Acide salicylique ($C_7H_6O_3$) 5%

-Solution mère de nitrates (N-NO₃) 1000 μ g/ml

-Solution fille étalon des nitrates (N-NO₃) 50 μ g/ml

- **Préparation de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fioles jaugées de 50 mL, nous avons versé 0, 2, 4, 6, 8,10 mL de la solution fille. Nous avons ajusté au volume avec la solution de sulfate de potassium puis agité. Ces solutions étalons contenant 0, 2, 4, 6, 8,10 μ g/ml de N-NO₃.

- **Mode opératoire**

Dans une bouteille à agitation de 100 ml, nous avons placé 10 g de sol frais et 20 ml de la solution de sulfate de potassium, puis nous avons agité pendant 30 minutes. Après filtration, nous avons conservé le filtrat dans un réfrigérateur s'il n'est pas analysé immédiatement.

0.5 ml de chaque standard de la gamme étalon et de chaque échantillon ont été pipetés dans des tubes à essai, auxquels 1 ml de la solution d'acide salicylique est ajouté. Le mélange a immédiatement été agité et laissé reposer 30 minutes, après nous avons ajouté 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium, agité et laissé la couleur se développer pendant 1heure.

En fin, nous avons mesuré la densité optique au spectrophotomètre réglé à 410 nm.

III.3.2. Dosage du phosphore dans le sol

• Principe

L'échantillon est porté à très haute température dans un creuset de platine en présence de carbonate de sodium. Le résidu transvasé dans l'acide sulfurique réagira avec le molybdate d'ammonium pour former le complexe phospho-molybdique qui s'accompagnera d'une coloration bleue après réduction par l'acide ascorbique. Le dosage est effectué au spectrophotomètre. En principe, tout le phosphore minéral, et organique (assimilable) et dissous est dosé par cette méthode [41].

↓ Réactifs

- Eau déminéralisée ayant une conductivité inférieure à $0,5\mu\text{s.cm}$
- Carbonate de sodium anhydre (Na_2CO_3).
- Solution de carbonates de sodium (Na_2CO_3) 1 mol/L
- Solutions d'acide sulfurique (H_2SO_4) 4.5 mol /L
- Solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) 2mol /L
- Solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) 1mol /L
- Solution de molybdate d'ammonium [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$] 1%
- Solution d'acide ascorbique ($\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_6$) 10 %.
- Solution d'antimoine [K (SbO), $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$] $0.5\text{H}_2\text{O}$] (oxytartrates d'antimoine III et de potassium) 2.668 g/L.
- Solution d'acide ascorbique et d'antimoine : préparée en mélangeant 50 ml de la solution d'acide ascorbique avec 50 ml de la solution d'antimoine dans une fiole jaugée de 100 mL.
- Solution mère étalon de phosphore (P) 500 $\mu\text{g/mL}$:
- Solution fille de phosphore (P) 250 $\mu\text{g/mL}$

↓ Solutions étalon de phosphore (P)

Nous avons pipeté à la micropipette respectivement 0, 2, 4, 6, 8, et 10 mL de la solution fille de phosphore, et nous avons versé dans une série des fioles jaugées de 50 mL. Le volume final a été ajusté avec l'eau déminéralisée. Après homogénéisation, nous avons obtenu des solutions de 0, 1, 2, 3, 4 et 5 $\mu\text{g/mL}$.

↓ Mode opératoire

1g de sol sec tamisé à 0.5 mm et 5 g de carbonate de sodium ont été mélangés et placés dans un creuset en platine, puis nous avons ajouté 1 g de carbonate de sodium au-dessus du mélange sol/carbonate de sodium.

Le creuset a été chauffé doucement à l'aide d'un bec Bunsen pendant 10 min afin d'évaporer toute éventuelle humidité. La fusion est ensuite accélérée en chauffant à flamme maximum pendant 15 à 20 min.

Lorsque la fusion est terminée, nous avons transvasé le contenu du creuset dans une fiole jaugée de 250 mL, avec 30 mL de solution d'acide sulfurique (4,5 mol/L) préalablement versés dans le creuset.

Le creuset et son couvercle ont été placés dans un bécher de 100 ml avec 25 mL de solution d'acide sulfurique (1 mol/L) et chauffés jusqu'à l'ébullition, ensuite nous avons transvasé la solution et les sédiments dans la fiole de 250 mL, ajusté au volume avec l'eau déminéralisée et laissé reposer jusqu'à ce que les sédiments soient déposés.

Une aliquote de 5 mL de surnageant a été prélevée, versée dans des fioles jaugées de 50 mL des échantillons et ajustée à pH 5 avec la solution de carbonate de sodium. Puis nous avons ajouté 5 mL de la solution d'acide sulfurique (2 mol/L) et 5 mL de la solution de molybdates d'ammonium et agité puis nous avons ajouté 4 mL de la solution d'acide ascorbique et d'antimoine. Le volume est ajusté avec l'eau déminéralisée. Nous avons homogénéisé et laissé la coloration se développer pendant 10 mn.

5 mL des solutions étalons à 1, 2, 3, 4 et 5 µg/mL ont été prélevés dans des fioles de 50 mL et traités comme les échantillons à la fin, nous avons mesuré l'absorbance au spectrophotomètre à 860 nm.

III.3.3. Dosage de la matière organique dans le sol**↓ Méthode de walkly-blak modifiée**

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir de l'un de ces constituants de carbone et l'azote. Le carbone représente 58% de la matière organique.

$$\text{MO \%} = \text{CO \%} \times 1.724$$

La détermination de CO est basée sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium en milieu d'acide sulfurique source de chaleur.

⚡ Réactifs

- Acide sulfurique concentré 95% (d=1.85).
- Solution de bichromates de potassium (0.1666 mole/L).
- Solution de sel de Mohr (0.156mol/L).
- Ferroïne indicateur de Fe (II).

⚡ Mode opératoire

2g de terre séchée et tamisée ont été placés dans une fiole conique puis nous avons ajouté 10 mL de la solution de bichromates de potassium. Après avoir agité d'un mouvement de va et vient, nous avons versé 20 mL d'acide sulfurique et agité pendant une minute. Nous avons laissé reposer 30 minutes puis nous avons ajouté 150 mL d'eau distillée.

⚡ Dosage

Il s'agit d'un retour.

Nous avons déterminé la quantité de bichromates de potassium n'ayant pas réagi à l'oxydation. Pour cela, après avoir ajouté 6 gouttes de ferroïne. Nous avons dosé avec le sel de Mohr en laissant couler celui-ci goutte à goutte au centre de la suspension à doser en agitant continuellement.

Un échantillon normal prend la couleur sombre au contact de la ferroïne, et vire finalement vers le rouge.

III.3.4. Détermination du pH de sol**⚡ Le principe de la méthode**

Le principe de cette méthode est la mise en équilibre ionique d'une certaine masse solide avec un volume donnée d'eau déminéralisée (pH eau). Le ratio de la masse du sol au volume d'eau étant fixé à 1/2.5. La mesure de différence de potentiel entre l'électrode de mesure et une électrode de référence s'effectue dans la suspension en équilibre [41].

⚡ Mode opératoire

Les échantillons de 10 g sont préparés pour l'analyse dans un bécher, nous avons y ajouté 25 mL d'eau distillée, nous avons agité ensuite pendant une minute, cela permet de mettre en suspension la totalité de l'échantillon et obtenir un équilibre entre la phase solide et la phase liquide. La suspension est ensuite laissée au repos pendant 1 heure à l'abri de l'air, puis nous avons mesuré le pH de la suspension.

III.3.5. La capacité d'échange cationique (CEC)

La CEC est la quantité de cations qu'un sol peut adsorber (100g de matière sèche).

• Principe

La mesure de la CEC est basée sur le déplacement des cations du sol par l'oxalate d'ammonium puis la titration par H_2SO_4 , elle est caractérisée par un point de virage au niveau de chaque volume de H_2SO_4 titre fait apparaître une couleur verte.

• Réactifs

- éthanol 95%.
- H_2SO_4 (0.025 mol /litre).
- Indicateur de TACHIRO (2 g du rouge méthyle + 1g de bleu de méthyle dans 1000ml d'éthanol 95%).
- phénol phtaléine (2 g de phénol phtaléine dans 1 litre d'éthanol 95%).
- acide borique (40 g/l).
- NaOH (330 g/l).
- carbonates de calcium $CaCO_3$.
- Oxalates d'ammonium (5 g/l).

⚡ Préparation de la solution du sol

A 5g nous avons ajouté 7,5 mg de $CaCO_3$ et 50 ml de la solution de d'oxalate d'ammonium. Le mélange est agité pendant 3h et laissé reposer 10 à 12 h dans un réfrigérant.

- **Mode opératoire**

A 10 ml de la solution du sol, nous avons ajouté 10 ml de la solution de NaOH puis 190 ml d'eau distillée et quelques gouttes du phénol phtaléine dans un ballon d'un litre muni d'une chauffe ballon.

Dans le bécher de collection, nous avons mis 40 ml d'acide borique puis quelques gouttes d'indicateur de Tachiro. Dans la colonne de titration nous avons mis la solution d' H_2SO_4 puis nous avons appliqué la formule de calcul suivante :

$$T = (V_2 - V_1) \times C \times 50 \times 2 \times 100 / m \cdot v$$

V_2 : volume du témoin.

V_1 : volume de l'échantillon.

C : concentration de $H_2SO_4 = 0,025 \text{ mol/l}$.

m : prise d'essai = 5g de sol.

v : prise d'essai = 10ml de la solution du sol.

III.3.6. Extraction des pesticides

- ❖ **Extraction à reflux**

L'extraction des pesticides de sol est effectuée à l'aide de l'appareil de Soxhlet qui permet de procéder à des extractions successives en faisant passer le solvant de très nombreuses fois à travers l'échantillon de sol pour obtenir l'extraction la plus complète possible. Le solvant est porté à ébullition dans un ballon placé dans un dispositif chauffant et ses vapeurs sont condensées dans un tube réfrigéré. Le solvant condensé tombe goutte à goutte sur l'échantillon solide placé dans une cartouche poreuse en acétate de cellulose. Un système de siphon permet de vidanger le réceptacle contenant l'échantillon quand le volume de solvant atteint un niveau donné, le solvant, aspiré dans le ballon de distillation, entraîne les composés (analytes) organiques extraits. Ceux-ci restent dans le ballon où leur concentration dans le solvant augmente progressivement. L'appareil de Soxhlet est schématisé dans la figure ci-dessous [30].

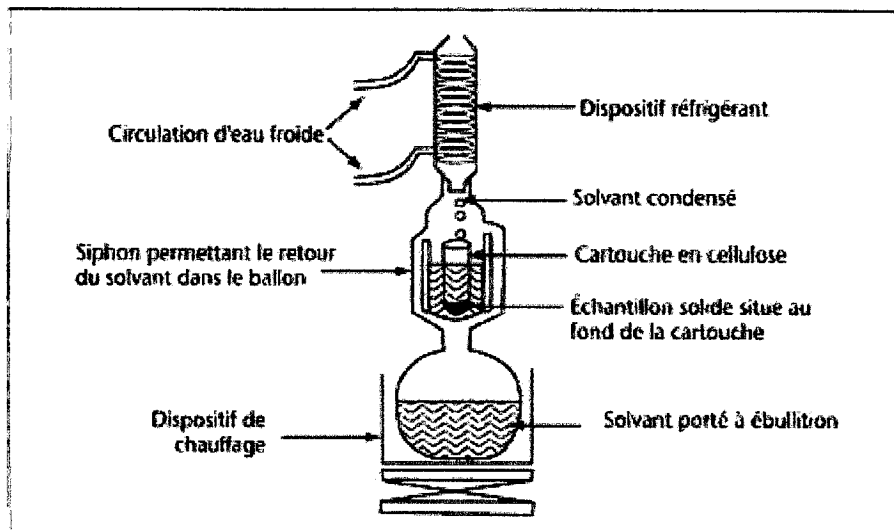


Figure9 : Appareil de Soxhlet [30].

L'extraction de résidus de pesticides de 15 g d'échantillon de sol est réalisée avec 200 ml d'un mélange Dichlorométhane : Acétonitrile (50 : 50 V/V) dans un ballon de 125 ml.

L'extrait obtenu est ensuite concentré sur évaporateur rotatif à 1 ml. Les extraits sont conservés dans des piluliers au congélateur à -20°C jusqu'à l'analyse. Le dosage des pesticides a été réalisé par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatographe QP 2010 de SHIMADZU, équipé d'une colonne capillaire apolaire SE 30 (25mm, 0,25 mm, épaisseur du film 0,25 μm). Le gaz vecteur utilisé est l'hélium N55 dont le débit a été fixé à ml / min.

Un volume d'échantillon de 1 μl est injecté manuellement à l'aide d'une microseringue.

Résultats et interprétation

IV. Résultats et interprétation

IV.1. La matière organique dans le sol

Les résultats de dosage de la matière organique dans les sols des 4 stations analysés sont représentés dans le tableau 7 et les variations de ce paramètre sont illustrées dans la figure 11.

Tableau7 : Les valeurs des concentrations moyennes de la matière organique dans les quatre stations étudiées.

	Station	Station1	Station2	Station3	Station4
	Mesure (%)				
Serre	Mesure1	1,21	1,4	2,85	2,08
	Mesure2	0,96	1,78	1,95	1,29
	Mesure3	2,09	2,22	2,1	1,31
	Moyenne	1,42	1,8	2,3	1,56
	Ecart type	0,48	0,33	0,39	0,36
Champ	Mesure1	1,05	1,82	1,85	1,65
	Mesure2	0,99	1,95	2,23	1,5
	Mesure3	1,59	2,26	2,4	0,75
	Moyenne	1,21	2,01	2,16	1,3
	Ecart type	0,26	0,18	0,22	0,39

En analysant les résultats représentés dans le tableau N°07, on peut déduire que le pourcentage de la matière organique dans l'ensemble de nos échantillons est de faible à moyen avec des valeurs comprises entre 1,21% et 2,3 %.

Les serres et les champs de la station 03 enregistrent les valeurs maximales qui sont respectivement 2,3% et 2,16%, alors que les valeurs minimales sont marquées dans les serres et les champs de la station 01 avec des valeurs de 1,42% et 1,21% respectivement.

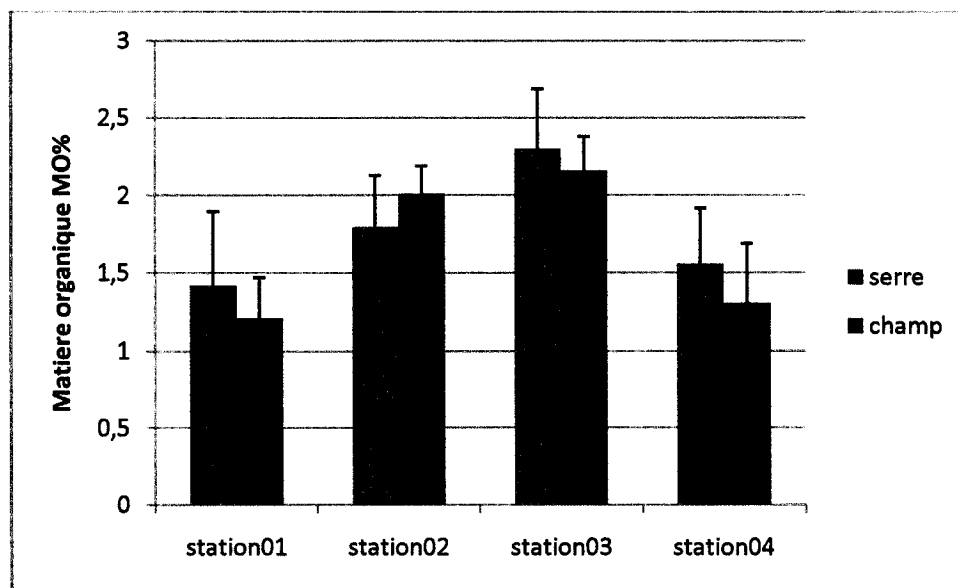


Figure 11 : Les teneurs moyennes de la matière organique dans les 04 stations étudiées.

IV .2. La capacité d'échange cationique

Le tableau N°8 représente les valeurs moyennes de la capacité d'échange cationique (CEC), alors que la figure N° 12 illustre les variations des valeurs de ce paramètre entre les différentes stations étudiées.

Tableau8 : Les valeurs moyennes de la capacité d'échange cationique des 04 stations étudiées.

Stations Mesure		Station1	Station2	Station3	Station4
Serre	Mesure1	7,5	9,85	8,76	8,5
	Mesure2	5,65	8,78	9,92	10,66
	Mesure3	4,85	9,87	11,32	10
	Moyenne	6	9,5	10	9,72
	Ecart type	1,1	0,5	1,04	0,9
Champ	Mesure1	5,45	7,6	9,64	9,64
	Mesure2	4,71	5,95	6,75	7,36
	Mesure3	4,09	5,41	9,5	10
	Moyenne	4,75	6,32	8,63	9
	Ecart type	0,55	0,93	1,33	1,6

L'observation du tableau N°08, permet de constater que les valeurs de la CEC sont variables d'une station à l'autre. Aussi, on remarque que, les valeurs de la CEC des serres sont plus élevées comparativement à celles enregistrées dans les champs.

La valeur maximale de la CEC dans le champ est notée dans la station 04 avec une valeur estimée à 9 meq/100 g, alors que la valeur minimale est marquée dans la station 01 avec une valeur de 4,75 meq/100 g. Concernant les serres le maximal est attribué à la station 03 (10 meq/100 g) et le minimal à la station 01 (6 meq/100 g).

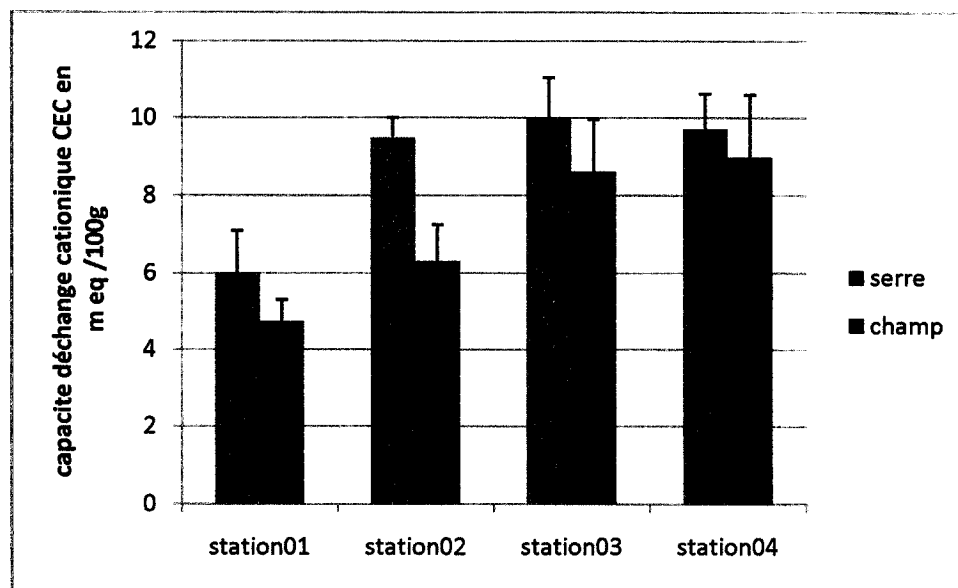


Figure12 : Les valeurs moyennes de CEC dans les 04 stations étudiées.

IV. 3. Le pH du sol

Les résultats des valeurs de pH mesurés dans les différentes stations étudiées sont représentés dans le tableau N°9 et la figure N° 13 respectivement.

Tableau9 : les valeurs moyennes du pH du sol dans les 04 stations étudiées.

	Station mesure	Station1	Station2	Station3	Station4
Serre	Mesure1	5,45	6,89	6,94	6,69
	Mesure2	5,79	6,35	6,45	6,78
	Mesure3	5,68	5,57	6,89	6,45
	Moyenne	5,64	6,27	6,76	6,64
	Ecart type	0,14	0,54	0,22	0,13
Champ	Mesure1	6,37	6,09	7,02	6,84
	Mesure2	5,93	6,87	6,94	6,98
	Mesure3	6,96	6,78	6,83	7,15
	Moyenne	6,42	6,58	6,93	6,99
	Ecart type	0,42	0,34	0,07	0,12

D'après le tableau N°09, on constate que les valeurs des pH montrent une légère différence entre les 04 stations étudiées.

En générale, on remarque que les valeurs du pH dans les champs sont légèrement supérieures que celles dans les serres.

La valeur maximale est notée au niveau du champ de la station 04 avec une valeur de (6,99) alors la valeur minimale est marquée dans les serres de la station 01 avec une valeur de (5,64) donc les valeurs de pH sont comprise entre 5,64 et 7.

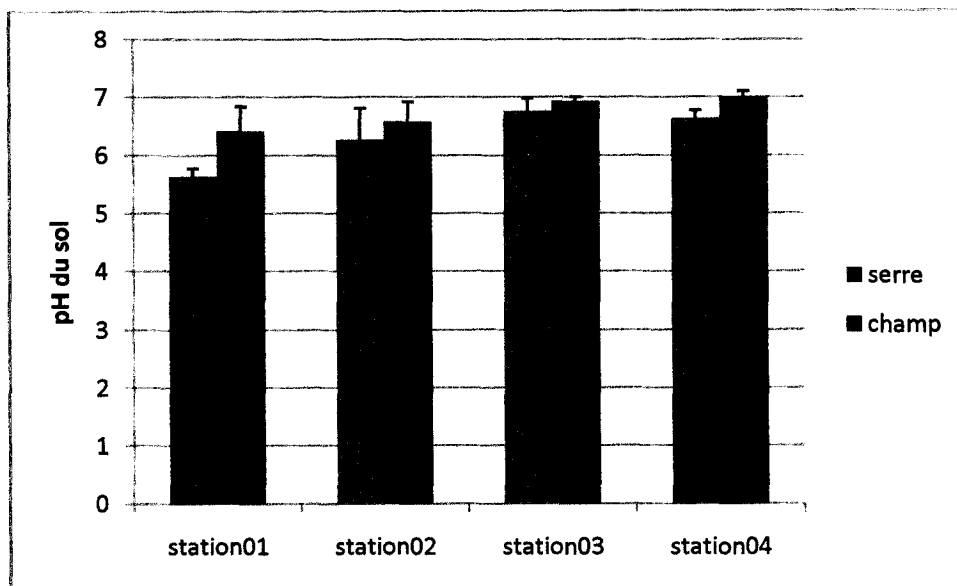


Figure13 : Les valeurs moyennes des pH dans les quatre stations étudiées.

IV.4. Les nitrates dans le sol

Les teneurs des sols en nitrates dans les 04 stations sont représentées dans le tableau N° 10. La figure N°14 illustre les variations de ce paramètre.

Tableau10 : Les concentrations moyennes des nitrates dans les 04 stations étudiées.

Station		Station1	Station2	Station3	Station4
Serre	Mesure1	0,051	0,078	0,008	0,078
	Mesure2	0,048	0,06	0,01	0,059
	Mesure3	0,032	0,059	0,015	0,054
	Moyenne	0,043	0,065	0,011	0,063
	Ecart type	0,008	0,008	0,002	0,01
Champ	Mesure1	0,01	0,009	0,01	0,012
	Mesure2	0,006	0,014	0,021	0,007
	Mesure3	0,008	0,018	0,018	0,017
	Moyenne	0,008	0,013	0,016	0,012
	Ecart type	0,001	0,003	0,004	0,004

D'après le tableau N°10, on remarque qu'il y a une différence de la concentration des nitrates entre le champ et le serre, ainsi que entre les stations.

La teneur maximale en nitrates dans les serres est marquée au niveau de la station 02 avec une concentration de $0,065\mu\text{g/g}$, alors que la concentration minimale est enregistrée au niveau de la station 03 avec $0,011\mu\text{g/g}$. Dans le champ le maximal est estimé à $0,016\mu\text{g/g}$ dans la station 03 et le minimal $0,008\mu\text{g/g}$ au niveau la station 01.

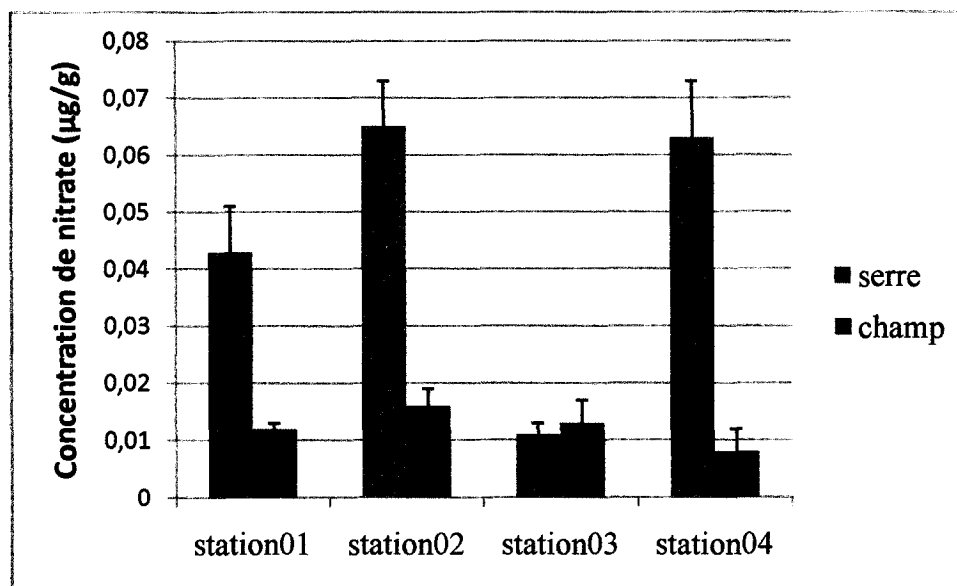


Figure 14: Les teneurs moyennes des nitrates dans les 04 stations étudiées.

le sol.

IV .5. Les phosphates dans le sol

Le tableau N°11 ainsi que la figure N°15 représentent les teneurs moyennes des sols prélevés à partir des 04 stations en phosphore.

Tableau11: Les concentrations moyennes des phosphates dans les 04 station étudiées.

	Station	Station1	Station2	Station3	Station4
	Mesure (µg/g)				
Serre	Mesure1	5,58	2,95	7,39	6,48
	Mesure2	7,89	2,87	5,75	4,28
	Mesure3	8,19	4,53	7,32	5,8
	Moyenne	7,22	3,45	6,82	5,52
	Ecart type	1,16	0,76	0,75	0,91
Champ	Mesure1	1,07	2,05	7,76	6,55
	Mesure2	1,74	2,25	8,85	5,9
	Mesure3	2,35	1,25	8,59	5,55
	Moyenne	1,72	1,85	8,4	6
	Ecart type	0,52	0,43	0,46	0,41

On examinant le tableau N°11, on peut déduire que la concentration des phosphates est très variable au niveau de différentes stations avec des taux allant de 1,72 à 8,4 µg/g dans le champ et de 3,45 à 7,22 µg/g dans la serre.

La valeur maximale est marquée dans la station 03 au niveau du champ avec 8,4 µg/g alors que la valeur minimale est marquée aussi au niveau du champ dans la station 01 avec 1,72 µg/g.

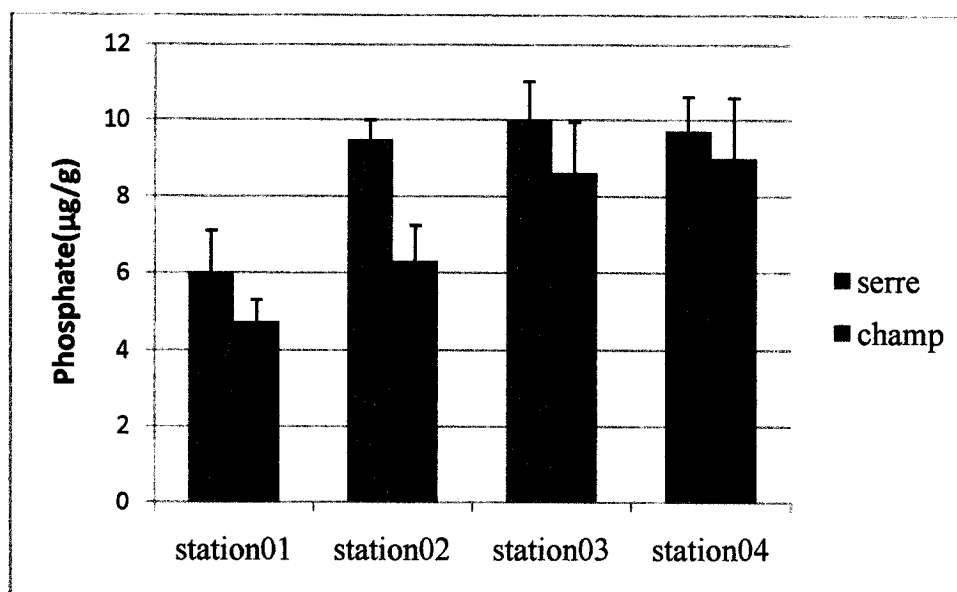


Figure 15: Les teneurs moyennes du phosphore dans les 04 stations étudiées.

IV.6. Les pesticides

La technique d'identification des composés qui peuvent contaminer le sol de nos échantillons repose principalement sur l'interprétation des spectres de masse. Cette identification est faite par comparaison avec la bibliothèque des spectres de masse NIST « The National Institute of Standards and technology » comportant des références pour 147 198 molécules différentes. Cette banque de données fournit pour chaque spectre une liste de substances avec leur poids moléculaire, leur pic de base, leur surface ainsi que leur temps de sortie.

On peut en premier lieu constater une forte présence des pics contaminants apparaissant parfois avec une forte intensité. Le pic contaminant majeur sort dans la totalité de nos échantillons est le 1,2-Benzendicarboxylic acid, bis (2-methylpropyl) estère. On a aussi des hydrocarbures tel que l'hexatriacontane un hydrocarbure de la famille des alcanes de formule brute $C_{36}H_{74}$, nonacosane, eicosane, pentatriacontane, et tritriacontane.

La figure (16) représente le chromatogramme de la station N°2 du champ, on peut constater la présence d'un pesticide qui est 2,4a, 8,8- Tetraméthyldecahydrocyclopropa[d] naphthalène dans le pic N°43, ce pesticide sort à environ 22 minutes, avec une surface de 0,69%.

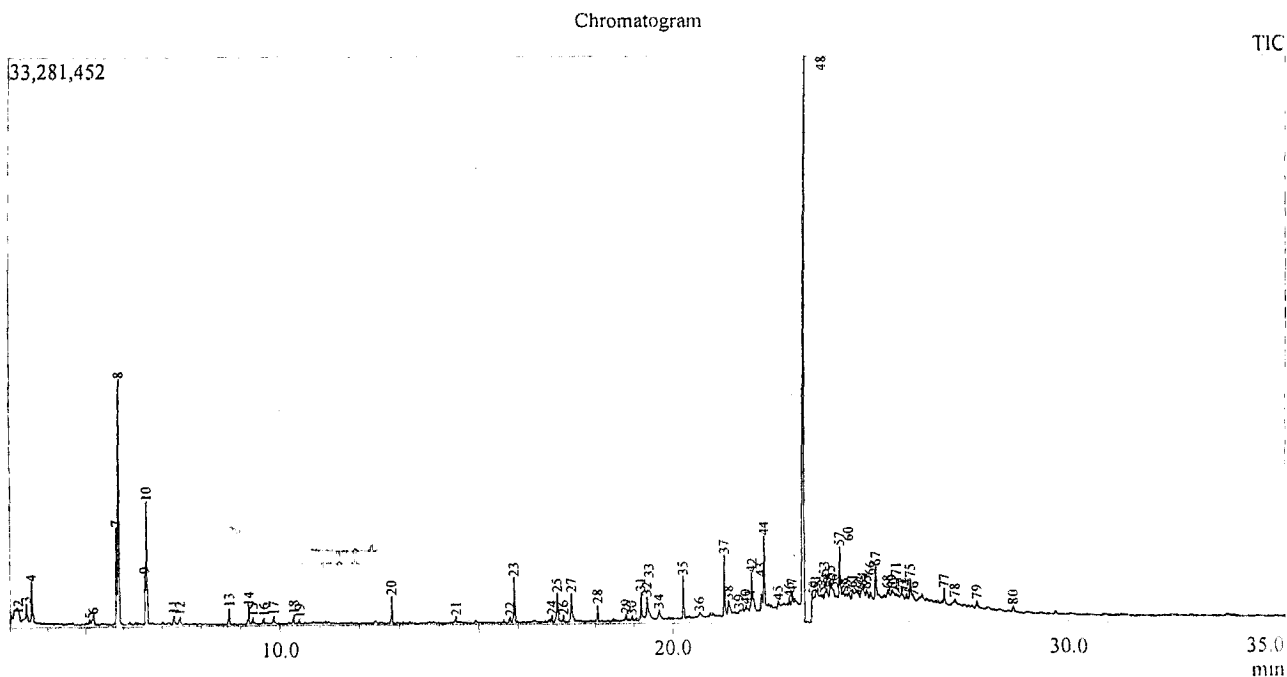


Figure16 : profil chromatographique du champ de la deuxième station.

La figure(17) représente le chromatogramme de la station N°4 du champ, on constate l'apparition d'un pesticide qui est le p-Xylène dans le pic N°3, qui sort à environ 3minutes avec une surface de 2,71%.

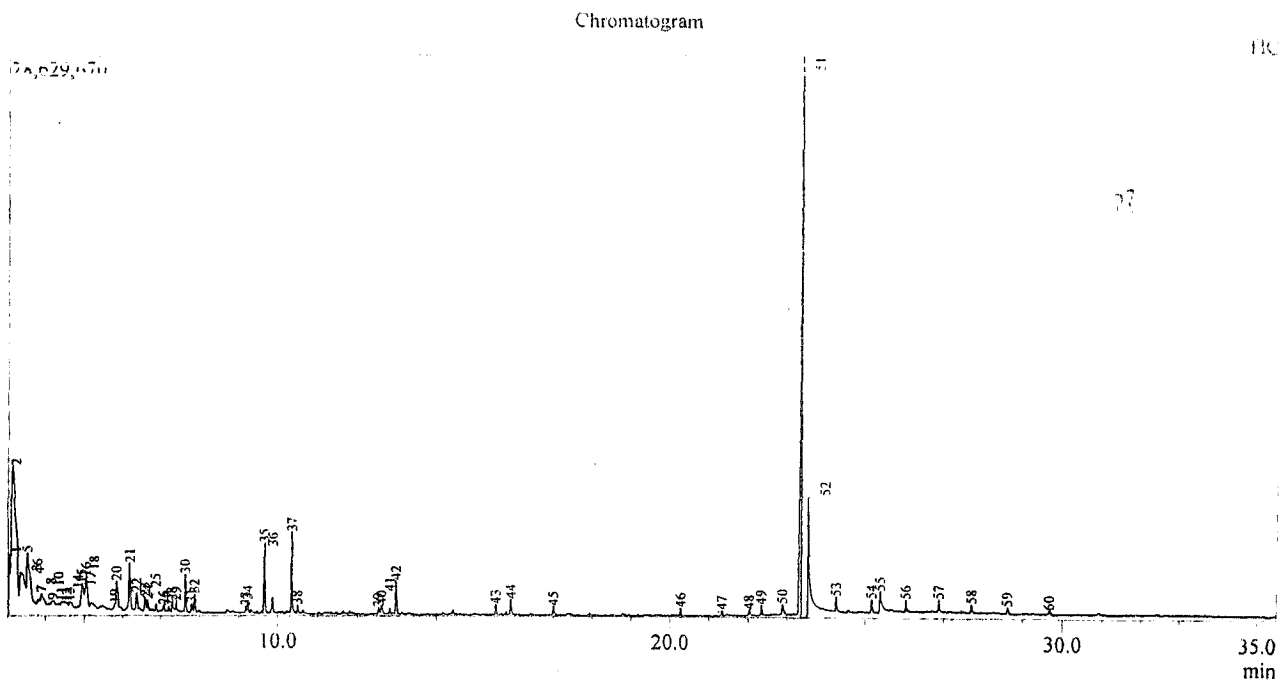


Figure17 : profil chromatographique du champ de la quatrième station.

Discussion

V . La discussion

V .1. Le pH du sol

La mesure du pH d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité (ou statut acido-basique). D'une manière générale le pH se mesure sur une échelle de 1 à 14. Les sols agricoles présentent un pH compris entre 4 et 9, sauf exceptions rarissimes [42].

Les valeurs du pH des sols de la région de **Redjla** s'échelonnent de 5.64 à 6.99, ils sont donc légèrement acides.

Selon plusieurs auteurs, le meilleur pH du sol se situe souvent entre 5,5 et 6,5 ; ce qui est équivalent à un sol légèrement acide. Ce pH est donc considéré comme le pH dans lequel le plus grand nombre de nutriments sont avantageusement accessibles aux plantes [43].

D'une façon générale, on remarque que les valeurs du pH diffèrent peu entre les serres et les champs, ainsi que entre les stations. Ces valeurs sont dans l'ensemble situées dans l'intervalle de pH optimal pour un sol agricole.

Le pH peut être influencé par le pourcentage de la matière organique, en effet, plus le pH est acide plus la matière organique est faible, les sols acides sont de ce fait des sols pauvres en matières organiques, et les sols basique sont des sols riche en matières organiques, cela est confirmé par l'étude de la corrélation ($R=0,7$).

V .2. La matière organique

La matière organique du sol (MOS) est l'un des principaux composants du sol [8].

Dutheil (2003), affirme que le taux de matière organique est normal lorsqu'il est de 2 à 4%. D'après le même auteur lorsque le sol dépasse un taux de 4 % il est considéré comme humifère [44].

Tableau12 : Normes d'interprétation de la matière organique [44].

Matière organique(%)	Terre
< à 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> à 4	Riche

La matière organique dans les échantillons de nos stations représente généralement des niveaux relativement faibles avec des valeurs qui s'échelonnent entre (1,21 à 2, 3) ; situation qui peut exposer ces sols à la dégradation par l'érosion hydrique et favorisent un lessivage efficace [45] ; ce qui constitue un facteur de risque pour la nappe des eaux souterraines qui se trouve dans cette région et qui utilisée comme source d'eau potable.

V .3. La CEC

La CEC, elle est une indication importante de la fertilité du sol. Plus la CEC est élevée, plus elle peut retenir des cations dans le sol – ces cations peuvent servir à améliorer la structure du sol (Ca^{2+} , par exemple) ou à alimenter les végétaux (NH_4^+ , par exemple) [46].

Tableau13 : Normes de discussion pour la CEC [47].

Classes	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
(CEC) meq/100gdu sol	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20

La corrélation entre la teneur des sols en matière organique et la capacité d'échange cationique (CEC) est hautement significative ($R=0,66$), ce qui explique la forte dépendance de la CEC de la matière organique.

En effet, la CEC dépend des quantités et sortes d'argiles et de la matière organique présente, plus il y en a, plus la CEC est haute [47].

Il est à signaler que les valeurs de CEC de nos échantillons n'ont pas été élevées, elles varient entre (4,75-10) et cela est directement attribuable aux faibles teneurs de la MO dans l'ensemble des échantillons analysés.

V .4. Le phosphore

Le phosphore est un des éléments constitutifs majeurs des tissus végétaux. Il est donc nécessaire à la plante surtout en début de végétation et dans les jeunes organes [41]. Ces éléments du sol sont plus assimilables dans des pH qui s'approchent de la neutralité. Dans les sols acides, le phosphore se complexe avec le Fer et devient insoluble. Dans les sols basiques, il se complexe avec le calcaire [46].

Les sols étudiés reçoivent au début de chaque campagne agricole une fertilisation phosphatée qui renouvelle les réserves en phosphore disponible, étant donné que les stocks accumulés au cours des campagnes précédentes devraient être épuisés par les récoltes et l'excès est rétrogradé en des formes insolubles en présence du calcaire.

Les valeurs trouvées au cours de notre étude effectuées au moins d'avril, c'est-à-dire 4 à 5 mois après l'époque de la fertilisation, sont généralement faibles. Le décalage important entre la période de la fertilisation et l'analyse du sol peut être en cause.

D'une façon générale, durant les premiers stades de croissance de la plante, celle-ci est en contact avec un volume limité de sol duquel elle peut absorber le phosphore. Ceci est dû à la quantité et à la dimension restreinte des racines durant les premiers stades de croissance. Ensuite lorsque les plantes croissent, la surface de contact sol-racine augmente ; ce qui conduit à l'augmentation de la quantité du phosphore qui est absorbée par les plantes ce qui diminue sa teneur dans le sol. Contrairement à l'azote, le phosphore est un élément qui diffuse peu [48].

En plus, les teneurs de nos sols en matière organique (MO) sont faibles aux modérées, cette dernière participe donc faiblement à la capacité d'échange de cations du fait de sa faible réserve [45]. ce qui diminue la concentration en ions de ces sols.

V .5. Les nitrates

Les nitrates (NO_3^-) sont des anions qui présentent un intérêt majeur pour la croissance végétale et les agriculteurs en ajoutent au sol sous forme d'engrais afin de maximiser les rendements [46].

Contrairement au phosphate, le nitrate est un élément à évolution rapide dans les sols et que ses teneurs peuvent varier au cours de courtes périodes [45].

Ainsi, puisque le complexe argilo-humique a une charge négative nette (et une faible charge positive), les cations peuvent être retenus dans le sol et sont moins facilement lessivés par les eaux de percolation. La faible charge positive dans le sol fait que les anions sont plus mobiles [46]

Ceci explique les faibles teneurs en nitrate trouvés dans l'ensemble de nos échantillons.

Selon (Cirade, 2002), les nitrates qui sont pas retenus par le sol peuvent être entraînés par l'eau qui ruisselle ou qui drains vers les nappes phréatique, et devenir ainsi polluants [49]. Ce qui

constitue une menace pour la qualité des eaux souterraines qui se trouvent dans notre région et qui sont utilisées comme source d'eau potable par une forte proportion des habitants locaux.

V .6. Les pesticides

L'analyse des spectres obtenus par CPG/SM a permis de déceler la présence de deux molécules appartenant à la famille des pesticides. La première molécule est trouvée dans l'échantillon prélevé à partir du champ de la station N° 4. Il s'agit de p-Xylène qui peut être utilisé notamment comme herbicide. Le terme xylène $C_6H_4(CH_3)_2$ se réfère à un groupe de trois dérivés du benzène, correspondant aux isomères ortho-, méta- et para- du diméthylbenzène. Le xylène technique est un mélange des trois isomères, de composition voisine de méta- (60 %), ortho- (10-25 %) et para- (10-25 %). Ce dernier a été utilisé comme herbicide sélectif dans les cultures de carottes et pour le contrôle des plantes aquatiques submergées [50].

Korsak, Z [51], considère que le xylène possède une mobilité modérée à élevée dans le sol et sa possibilité de transfert vers les eaux souterraines est pratiquement très peu probable. Le risque de se retrouver dans les eaux souterraines est ainsi pratiquement nul.

Dans l'échantillon prélevé du champ de la station N°2, nous avons enregistré la présence d'un dérivé du naphthalène qui est le 2,4a, 8,8- Tetraméthyldecahydrocyclopropal [d] naphthalène (pic N°43). Le naphthalène est un HAP (hydrocarbure aromatique polycyclique) comportant deux noyaux benzéniques. Sa formule chimique est $C_{10}H_8$.

En effet, parmi les principales utilisations du naphthalène et ses dérivés se trouve leur emploi comme insecticides et fongicides notamment répulsifs pour les mites (boules de naphthaline) [52].

Le naphthalène est éliminé assez rapidement, essentiellement par volatilisation. Une petite proportion (moins de 10 %) est associée à de la matière organique et se fixe dans les sédiments. Par conséquent, les concentrations de naphthalène dans l'eau, les sédiments et les sols ont tendance à être relativement faibles, sauf dans la proximité immédiate des sources ponctuelles de rejets [53,54].

Conclusion

La conclusion

L'objectif que nous nous sommes proposés d'atteindre à travers cette étude était d'évaluer l'impact des pratiques agricoles notamment l'emploi des intrants agricoles (pesticides, engrais chimiques...) sur la qualité chimique du sol de la région de Redjla. Les résultats auxquels nous avons abouti au cours de cette étude nous ont permis de situer les degrés de contamination de ces sols par les différents produits chimiques en particulier les pesticides, les nitrates et les phosphates.

Ces résultats nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les valeurs du pH des sols agricoles de la région de Redjla sont légèrement acides, ce pH est considéré comme le pH optimal pour l'absorption des nutriments par les plantes.
- Les sols de la région de Redjla sont des sols pauvres en matière organique étant donné les faibles valeurs enregistrées dans l'ensemble de nos échantillons.
- La corrélation entre la matière organique et la capacité d'échange cationique est hautement significative, ce qui explique la forte dépendance entre ces deux paramètres.
- Les teneurs en phosphates trouvées au cours de notre étude sont généralement faibles, cela peut être attribué au décalage important entre les moments de fertilisation et les prélèvements de nos échantillons.
- Les taux des nitrates trouvées au cours de notre étude sont très faibles, cela trouve une explication dans le fait que le nitrate est un élément très mobile, qui ne s'accumule pas dans le sol et qui peu être transféré vers les nappes phréatiques ce qui constitue une menace pour la qualité des eaux souterraines.
- L'analyse des résultats de la recherche des résidus de pesticides des échantillons prélevés, a permis de mettre en évidence une contamination des échantillons des stations N° 02 et 04 dans le champ par deux types des pesticides différents qui sont respectivement, le 2,4a, 8,8- Tetramethyldecahydrocyclopropal [d] naphthalene et le p-Xylène.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

- [1] **Guiment S., 2005.** Devenir des pesticides dans les sols en fonction de l'état d'humidité et du mode de circulation de l'eau dans le sol, thèse de doctorat, institut national polytechnique de lorraine, France, pp : 1.
- [2] **PAN,** Alternatives aux pesticides de synthèse en agriculture position de PAN international- groupe de travail4.
- [3] **Devez., aurélie. 2004.** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques, thèse de doctorat, université de Paristech-Engref, pp: 1.
- [4] **Jean-Claude G., 2004.** Le devenir des pesticides dans l'environnement, académie d'agriculture, France, pp : 1.
- [5] **El arfaoui-Benaomar A., 2010.** Etude des processus d'adsorption et de désorption de produits phytosanitaires dans des sols calcaires, thèse de doctorat, université de Reimes Champagne-Ardenne, pp : 5-14.
- [6] **Thomas Bur., 2008.** Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées implications en termes de limites et de charges critiques, thèse de doctorat de l'université de Toulouse, pp : 5-7.
- [7] **Calvet R., 2003.** Le sol propriétés et fonction, tome2, édition France agricole, France, pp : 3-31.
- [8] **Robitaille V., Tremblay D., 1997.** Mécanique des sols, Modulo, Canada, pp : 3-23.
- [9] **Gioanni I., 2010.** Rappel sur l'aptitude du sol, 7^{ème} assises nationales de l'assainissement non collectif, Nice, France, disponible sur < [http://www.assises - assainissementnoncollectif.com/2010/res/igioanni rappel sur le sol](http://www.assises-assainissementnoncollectif.com/2010/res/igioanni%20rappel%20sur%20le%20sol)>.

- [10] **Calvet R., 2003.** le sol propriété et composition, tome1, constitution et structure phénomène aux interfaces, France agricole, France, pp : 6-28.
- [11] **Hilliard C., Reedyk S., 2000.** Texture du sol et qualité de l'eau, ARAP, Canada, pp : 45.
- [12] **Gobat J M., Aragonm M., Matthey W., 2003.** Le sol vivant, 2^{ème} édition, presses polytechniques et universitaire romande, France, pp : 2-71.
- [13] **Akeroum Z., Boukhers S., 2007.** étude comparative entre deux types des sols agricoles et sol forestier, pp : 8-20.
- [14] **Duchaufour PH., 1997.** abrégé de pédologie, sol, végétation, environnement, 5^{ème} édition Masson, Paris, pp : 96 -98.
- [15] **Thiollet-Scholtus M., 2004.** Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole, thèse de doctorat, institut national polytechnique de lorraine, France, pp: 13-15.
- [16] **Chebab S., 2008.** étude du stress oxydatif secondaire à la contamination potentielle des eaux d'alimentation de la ville de Jijel par les pesticides, thèse de magister, université de Jijel, pp : 3-20.
- [17] **LNE., 2008.** les pesticides, Barclays, Paris, pp : 3-4.
- [18] **Bélangier D., 2009.** Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier, Sherbrook. Québec, canada, pp: 29.
- [19] **Domange N., 2005.** Etude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut-Rhin), thèse de doctorat, université louis pasteur Strasbourg, France, pp 13.

- [20] **Paccolo A., Celano G., Simone C., 1992.** Interaction of atrazine with humic substance of different origins and their hydrolysed products, *Science of the total environment*, 117, pp: 403-412.
- [21] **Florent T., 2005.** Modélisation orientée décision des processus de transfert par ruissellement et subsurface des herbicides dans les bassins versants agricoles, thèse de doctorat, Agrocampus Rennes, pp: 12.
- [22] **Regnault-Roger C., Fabres G., Philogène B., 2005.** En jeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, lavoisier, Paris, pp : 156-160.
- [23] **Aubertot J N., Barbier M., Carpentier A., Gril J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M., 2005.** Pesticides, agriculture et environnement: Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, rapport d'expertise scientifique collective, IRNA et cemagref, France, pp : 1.
- [24] **Scheyer A., 2004.** Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuse, particulaire et liquide de l'atmosphère : application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie. thèse de doctorat, université louis pasteur de Strasbourg, France, pp : 15.
- [25] **Mlle-Merhi M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin, thèse de doctorat, université de Toulouse, pp : 27.
- [26] **Chantal G., 1997.** L'utilisation des pesticides en milieu agricole, mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire Québécois, université du Québec à Rimouski, pp : 7.
- [27] **Brun A., Picarel J., Plouze M., 2003.** Les sous-produits de dégradation des produits phytosanitaires, université Montpellier II, pp : 11-12.

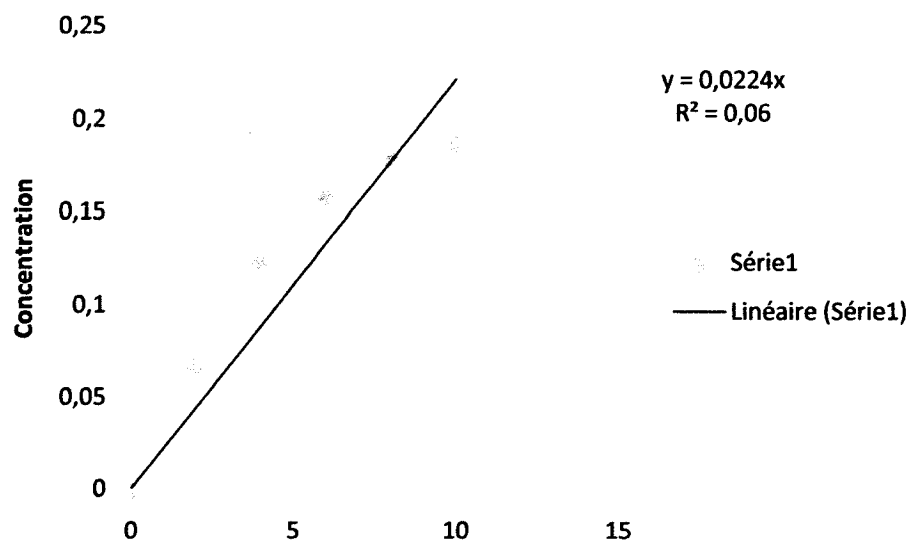
- [28] **Vigouroux-Villard A., 2006.** Niveaux d'imprégnation de la population général aux pesticides : sélection des substances à mesurer en priorité, rapport de stage de master professionnel, université de paris11, pp : 29.
- [29] **Samuel O., Saint-Laurent L., 2001.** Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraichère, institut de recherche et en santé et en sécurité du travail du Québec, pp : 9.
- [30] **Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M P., Coquet Y., 2005.** Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnemental, France agricole, France, pp : 369-372.
- [31] **GUET G., 2003.** Mémento d'agriculture guide pratique à usage professionnel, 2éd, Paris, pp : 225.
- [32] **Michel-Claude G., Christian W., Jean-Claude R., Jacques B., Jean-Louis M., 2005.** Sol et environnement, Dunod, Paris, pp: 671.
- [33] **Christian S., Jean-Charles M., Jacques D., 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée, France Agricole, Paris, pp : 30.
- [34] **Mékircha F., 2008.** Evaluation du risque de contamination environnemental par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans les produits fertilisants agricoles thèse de magister, université de Jijel, pp : 28-36.
- [35] **Isodoro C., Cristina D., Edurdo V., 2003.** Technicien en agriculture 2^{eme} édition, Madrid, pp: 331-460.
- [36] **Ramade F., 2005.** Intoxication à l'écotoxicologie fondement et application, Lavoisier, Paris, pp : 20.
- [37] **Roger D., 2006.** Le climat et les sols agricoles, berger, Canada, pp : 18-25.
- [38] **Office Nationale de Météorologie (ONM).**

- [39] **Amira W., 2007.** Degré de contamination des eaux par les nitrates, analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau, cas de la mare Rhdjla (Taher, Jijel), thèse de magister, université de Jijel, pp : 22.
- [40] **Moletta R., 2006.** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, Lavoisier, Paris, pp : 371.
- [41] **Mathieu C., Pielain F., 2003.** L'analyse chimique des sols, Lavoisier, France, pp : 29-251.
- [42] **Bonnard R., 2005.** Impact des incertitudes liées aux coefficients de transfert dans les évaluations de risque sanitaire, rapport d'étude N° 67645/204, Ministère de l'environnement et du développement durable, France, disponible sur<<http://www.ineris.fr/centredoc/impact-coef-transf>>.
- [43] **Anonyme., 1998.** Recommandations pour les cultures fruitières 1998-1999, Publication 360F, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario pp : 230.
- [44] **Dutheil C., 2003.** Dépollution des sols par extraction sous pression réduite : étude de quelques paramètres, thèse de doctorat, institut national des sciences appliquées de Lyon, pp : 75-102.
- [45] **Ben Hassine H., Aloui.T., Gallali T., Bouzid T., El amri S., Ben Hassen R., 2008.** Evaluation quantitative et rôle de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi- arides méditerranéennes de la Tunisie, agro solution, Tunisie, pp : 13-15.
- [46] **Fox D., Carrega P., Morschel J., Emsellem K., 2008.** La dégradation des sols dans le monde, université Ouverte des Humanités et l'université de Nice Sophia-Antipolis, France, pp: 145-170.
- [47] **Carrier A., 2003.** Que se passe-t-il dans le sol ? Agriculture, pêcheries et alimentation, Québec pp : 4.

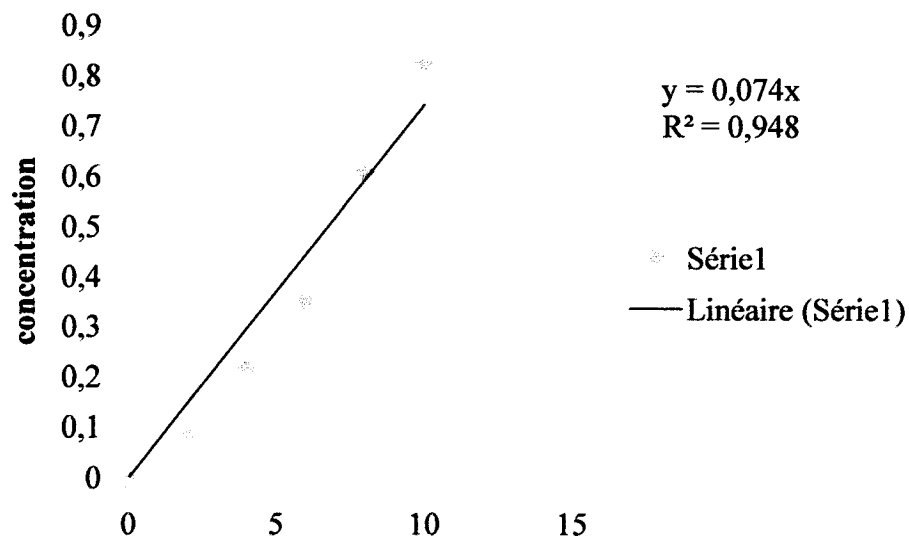
- [48] **Gagnon E., Beaulieu R., 2002.** Utilisation du phosphore dans les engrais de démarrage, Service de l'assainissement agricole et des activités de compostage (SAAAC), pp : 12-13.
- [49] **Cirade F., 2002.** mémento de l'agronome, Paris, pp : 601-621.
- [50] **Conseil canadien des ministres de l'environnement., 2004.** Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : Environnement et santé humaine – xylènes (2004), dans : Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg, pp : 19.
- [51] **Korsak Z., Wisniewska-Knypl J., Swiercz R., 1994.** Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats, Int J Occup Med Environ Health 7, pp: 155-166.
- [52] **Remillon O., 2003.** Étude des substances prioritaires à prendre en compte pour l'échéance 2015 de la Directive Cadre sur l'Eau sur le bassin Rhin Meuse : Modélisation des apports diffus en métaux lourds sur le bassin Rhin-Meuse – Évaluation de l'évolution des apports sur la période 2000 à 2015, Agence de l'eau Rhin Meuse.
- [53] **Donohue J M., 2003.** Health Effects Support Document for Naphthalene, Environmental Protection Agency EPA. USA.
- [54] **El-Masri H., Mumtaz M., Todd G D., McClure P., Singh M., 2003.** Draft Toxicological Profile for Naphthalene, 1-Methylnaphthalene, and 2-Methylnaphthalene, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), pp: 150-165.

Annexes

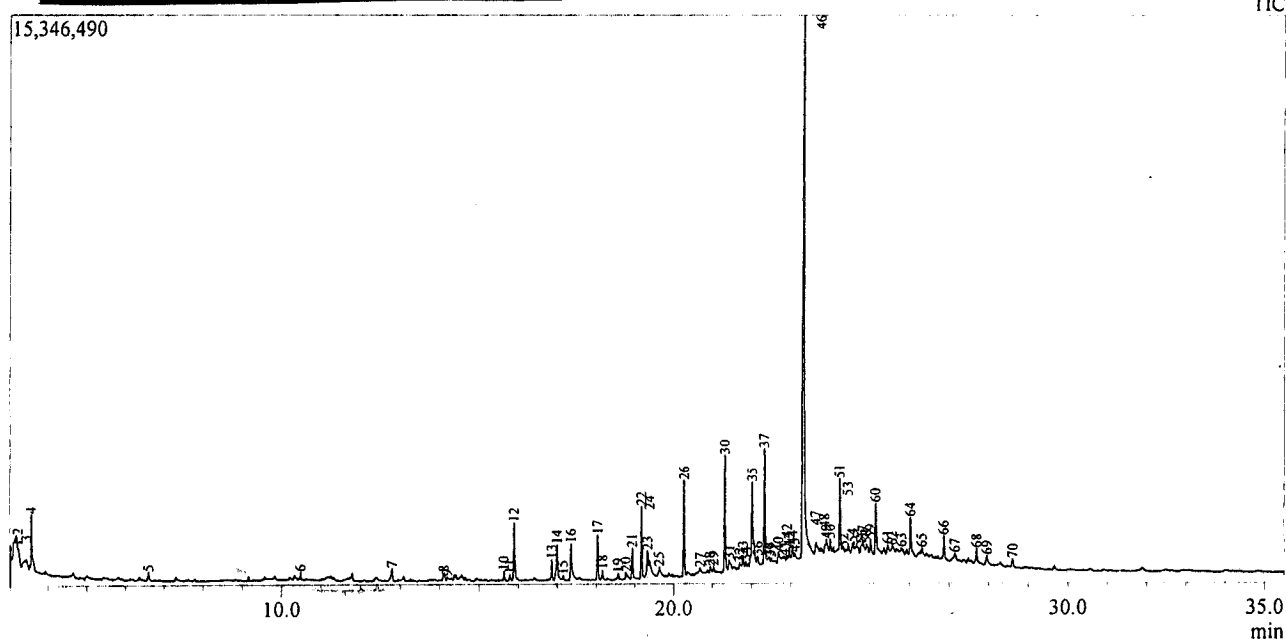
Annexes1



Courbe d'étalonnage des nitrates.



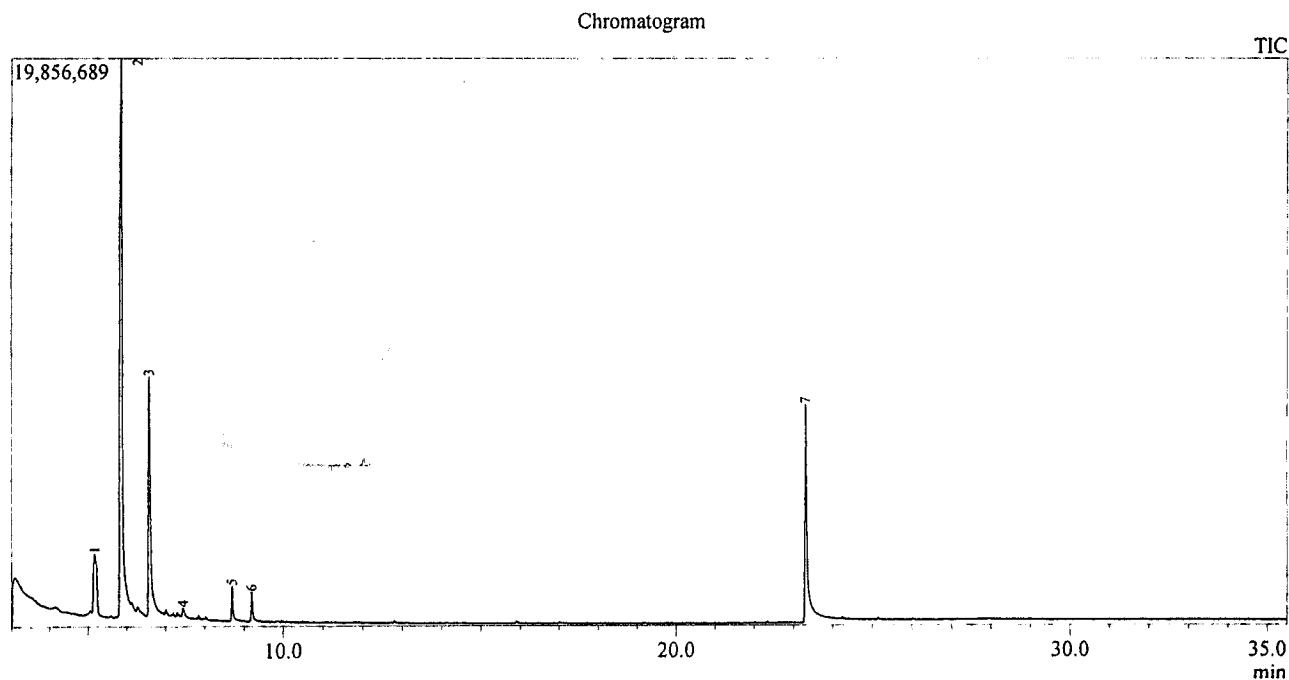
Courbe d'étalonnage des phosphates.



Peak Report TIC

Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	3.025	2468562	1.45	1045274		41.05
2	3.175	13124615	7.72	1264911	Benzene, 1,3-dimethyl-	91.05
3	3.435	4806504	2.83	480175		91.05
4	3.568	4335344	2.55	1604807	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
5	6.606	404175	0.24	201655	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.10
6	10.484	476147	0.28	202384	Tetradecane	57.05
7	12.800	906612	0.53	312699	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propan	71.05
8	14.114	601018	0.35	206768	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl tridecyl ester	97.10
9	14.192	349430	0.21	77592	3-Penten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	135.10
10	15.639	439356	0.26	240265	Heneicosane	57.05
11	15.792	339543	0.20	151653	Isopropyl Myristate	57.05
12	15.899	3146512	1.85	1514868	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149.05
13	16.860	988268	0.58	526455	Eicosane	57.05
14	16.998	2503859	1.47	934976	Dibutyl phthalate	149.05
15	17.135	427548	0.25	123837	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl hexyl ester	97.10
16	17.358	2468382	1.45	941552	n-Hexadecanoic acid	73.05
17	18.040	2339877	1.38	1178123	Eicosane	57.05
18	18.160	516546	0.30	250233	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl pentadecyl ester	97.10
19	18.571	313757	0.18	145384	2,4,4,6,6,8,8-Heptamethyl-1-nonene	57.05
20	18.776	352859	0.21	170824	Trichloroacetic acid, hexadecyl ester	83.10
21	18.932	1694373	1.00	771726	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	55.05
22	19.176	3643398	2.14	1916358	Eicosane	57.05
23	19.325	2126452	1.25	695406	9-Octadecenoic acid, (E)-	55.05
24	19.384	1693678	1.00	428171	9-Octadecenoic acid, (E)-	55.05
25	19.631	912945	0.54	224588	Octadecanoic acid	43.00
26	20.271	5218491	3.07	2541502	Docosane	57.05
27	20.688	320383	0.19	117442	Pentatriacontane	57.05
28	20.942	446688	0.26	156123	Heneicosane, 3-methyl-	57.05
29	21.034	312056	0.18	151408	Heneicosane, 11-decyl-	57.05
30	21.324	6209385	3.65	3111833	Tricosane	57.05
31	21.434	857937	0.50	244831	2-Propen-1-one, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl)-3-phenyl-, (E)-	270.10
32	21.700	421735	0.25	134776		57.05
33	21.791	707896	0.42	318527	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl pentadecyl ester	97.10
34	21.856	332163	0.20	154762		43.05
35	22.022	7691386	4.32	2265481	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	129.10
36	22.163	781318	0.46	255759	Heptacosane, 1-chloro-	57.05
37	22.336	6874912	4.04	3132465		57.05
38	22.458	1024992	0.60	206521		57.05
39	22.508	1014885	0.60	178738	Oxalic acid, cyclohexylmethyl tridecyl ester	97.10
40	22.690	1137268	0.67	317895	Tetracontane	57.05
41	22.850	1169917	0.69	183991	Sulfurous acid, octadecyl 2-propyl ester	43.05
42	22.912	465871	0.27	200313	3-Methyltricosane	71.10
43	22.966	937666	0.55	411874	Tritriacontane	57.05
44	23.048	1322466	0.78	459883	Tritriacontane	57.05
45	23.105	1275554	0.73	250397	Dodecylcyclohexane	82.10
46	23.326	49922994	29.35	14762201	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	149.05
47	23.650	696180	0.41	252169	Triacontane	57.05
48	23.867	532695	0.31	212299	Heneicosane, 11-(1-ethylpropyl)-	71.10
49	23.916	947351	0.56	361317	Nonacosane	57.05
50	24.009	796835	0.47	354174	Pentacosane, 13-undecyl-	57.05
51	24.252	5890666	3.46	2114730	Tetracosane	57.05
52	24.350	1006797	0.59	236610	Pentadecane, 8-hexyl-	57.05

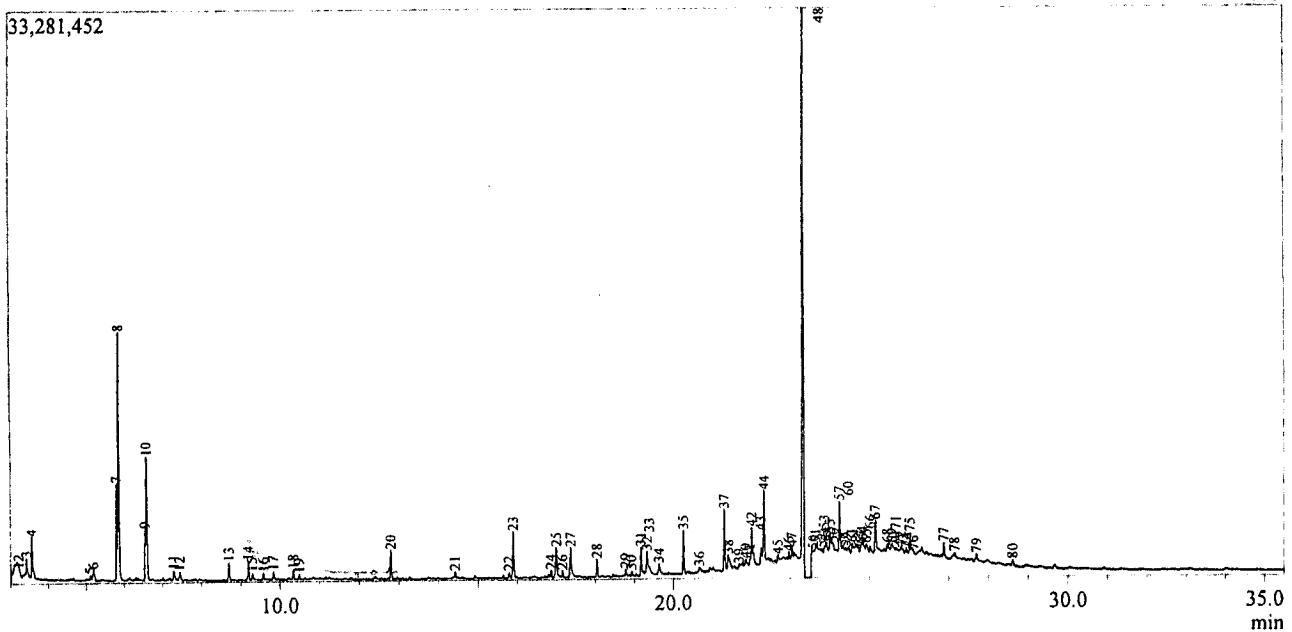
Figure 18 : Profil chromatographique de la première station du champ.



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	5.173	11363196	7.02	2048964	Eucalyptol	43.00
2	5.855	89919616	55.52	19486705	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	81.10
3	6.584	29887751	18.45	8248489	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.10
4	7.444	917021	0.57	286326	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-methanol, 6,6-dimethyl-	79.05
5	8.700	2500031	1.54	1146399	Bornyl acetate	95.10
6	9.202	2215139	1.37	951209	(-)-Myrtenyl acetate	91.05
7	23.319	25156828	15.53	7520455	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	149.05
		161959582	100.00	39688547		

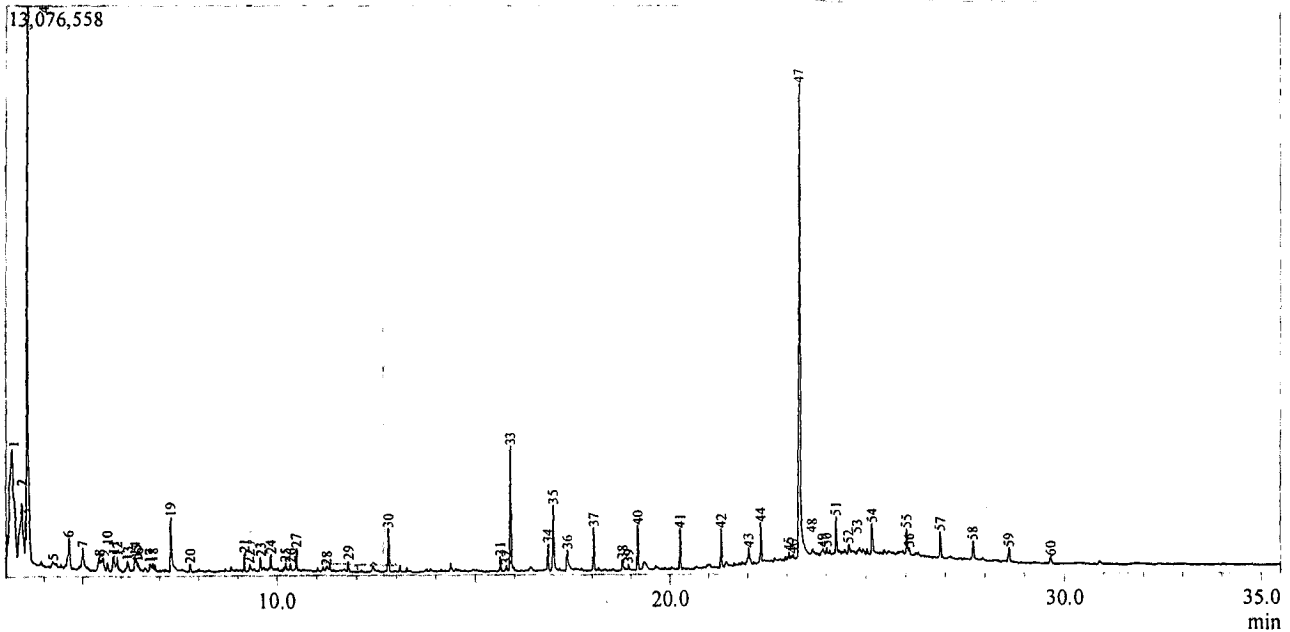
Figure 19: Profil chromatographique de la première station du serre.



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	3.025	1915913	0.58	763110		41.05
2	3.177	11005089	3.32	1098751	Benzene, 1,3-dimethyl-	91.05
3	3.419	5123262	1.54	1174098	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
4	3.565	5137839	1.55	2349262	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
5	5.110	417110	0.13	239707	Eucalyptol	43.00
6	5.199	1483992	0.45	546391	Eucalyptol	43.00
7	5.815	10739640	3.24	5466151	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	81.05
8	5.873	24771848	7.47	14300366	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	81.10
9	6.559	5049109	1.52	2839826	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.10
10	6.599	12176501	3.67	7048662	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.10
11	7.294	1374929	0.41	508075	Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-	45.05
12	7.449	1255103	0.38	430698	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-methanol, 6,6-dimethyl-	79.05
13	8.700	1793091	0.54	941149	Bornyl acetate	95.10
14	9.200	1412143	0.43	910453	(-)-Myrtenyl acetate	91.05
15	9.297	634084	0.19	345328	1,2,3-Propanetriol, diacetate	43.00
16	9.581	585668	0.18	335618	Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)-	71.05
17	9.834	673413	0.20	388440	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	71.05
18	10.341	903311	0.27	470447	1-Hexacosene	97.10
19	10.483	425024	0.13	269928	Tetradecane	57.05
20	12.802	2818146	0.85	1345022	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediol	71.05
21	14.421	503953	0.15	301518	Spiro(tetrahydrofuryl)2,1'(decalin), 5',5',8'a-trimethyl-	97.10
22	15.788	681672	0.21	309343	Isopropyl Myristate	43.05
23	15.900	3163644	1.56	2539453	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149.05
24	16.860	668389	0.20	376579	Eicosane	57.05
25	16.995	3987527	1.20	1644260	Dibutyl phthalate	149.05
26	17.151	1024068	0.31	372163	4-t-Butyl-2-(1-methyl-2-nitroethyl)cyclohexanone	97.10
27	17.365	3965822	1.20	1584878	n-Hexadecanoic acid	73.05
28	18.040	1707988	0.51	936908	Eicosane	57.05
29	18.776	739906	0.22	345393	1-Octadecanol	83.10
30	18.931	566593	0.17	253966	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	55.05
31	19.176	3020195	0.91	1518426	Eicosane	57.05
32	19.329	4043715	1.22	1213076	9-Octadecenoic acid, (E)-	55.05
33	19.392	978653	0.29	327948	9-Octadecenoic acid, (E)-	55.05
34	19.633	1122541	0.34	488141	Octadecanoic acid	43.05
35	20.271	4876241	1.47	2416306	Docosane	57.05
36	20.683	608107	0.18	203970	Triacontane, 1-bromo-	57.05
37	21.326	7100366	2.14	3460741	Tricosane	57.05
38	21.430	2659208	0.80	743295	2-Propen-1-ol, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl)-3-phenyl-, (E)-	270.10
39	21.700	1504571	0.45	194545	Tetracosane	57.05
40	21.866	1099058	0.33	409588		121.10
41	21.975	1071703	0.32	368528		57.05
42	22.025	6228521	1.88	2180694	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	129.05
43	22.262	2304220	0.69	847619	2,4a,8,8-Tetramethyldecahydrocyclopropa[d]naphthalene	69.05
44	22.340	7963884	2.40	4004654	Tetracosane	57.05
45	22.696	937825	0.28	346692	Tetracontane	57.05
46	22.969	749001	0.23	406455	Trtriacontane	57.05
47	23.053	1186198	0.36	569276	Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	57.05
48	23.358	65347334	19.69	32597911	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	149.05
49	23.550	4642751	1.40	1729696		149.05
50	23.600	3442340	1.04	1416745		81.05
51	23.658	8367235	2.52	1747920	Triacontane	57.05
52	23.817	9690441	2.92	1351225	5,15-Dimethylnonadecane	43.05

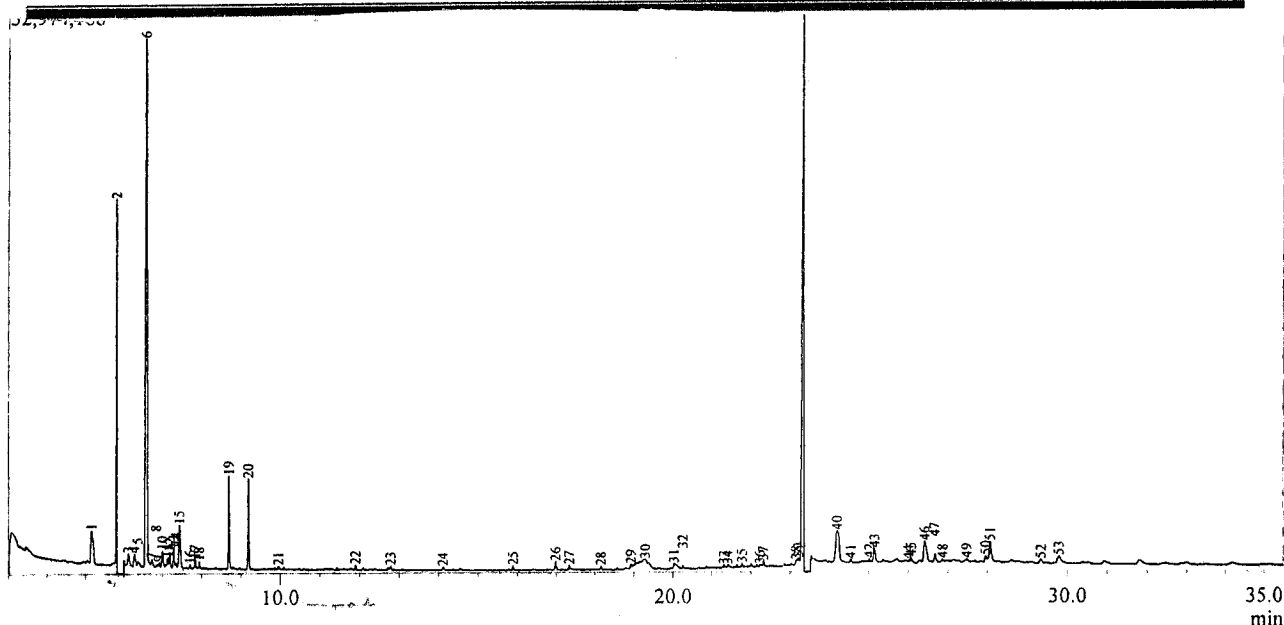
Figure 20 : Profil chromatographique de la deuxième du champ.



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	3.164	26824909	17.84	2824325	Benzene, 1,3-dimethyl-	91.05
2	3.418	9868783	6.56	1483178		91.05
3	3.511	2068167	1.38	1165918	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
4	3.562	27276517	18.14	12826539	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
5	4.234	531346	0.35	104465	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	105.05
6	4.651	2132533	1.42	656023	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	105.05
7	5.009	1457760	0.97	458155	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	105.05
8	5.451	912416	0.61	276705	Benzene, 1-methyl-4-propyl-	105.05
9	5.554	1194479	0.79	274323	Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	119.10
10	5.657	295172	0.20	155994	Benzene, 1-methyl-4-propyl-	105.05
11	5.822	1017829	0.68	318208	Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-	119.05
12	5.917	716375	0.48	284040	Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-	119.10
13	6.184	619117	0.41	223346	Benzene, 1,4-diethyl-	119.10
14	6.368	834113	0.55	317490	Tetradecane, 1-chloro-	57.05
15	6.409	452409	0.30	251038	Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	119.05
16	6.451	404921	0.27	177015	Pentanedioic acid, dimethyl ester	59.00
17	6.761	449056	0.30	159431	Benzene, 1-methyl-2-(2-propenyl)-	117.05
18	6.836	382146	0.25	182346	Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	119.10
19	7.290	2664445	1.77	1205689	Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-	45.00
20	7.794	319233	0.21	174602	Dodecane	57.05
21	9.172	652431	0.43	393150	Tridecane	57.05
22	9.306	314657	0.21	138700	1,2,3-Propanetriol, diacetate	43.00
23	9.585	574185	0.38	294603	Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)-	71.05
24	9.840	567952	0.38	312375	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	71.05
25	10.215	416546	0.28	179209	Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	57.05
26	10.339	420211	0.28	161778	2-Dodecen-1-yl(-)-succinic anhydride	97.10
27	10.488	915865	0.61	495897	Tetradecane	57.05
28	11.250	303339	0.20	95904	1-Dodecanol	55.05
29	11.797	448094	0.30	221684	Pentadecane	57.05
30	12.806	1761228	1.17	961737	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propan	71.00
31	15.644	556537	0.37	310567	Eicosane	57.05
32	15.798	258415	0.17	115355	Octadecane, 1-chloro-	57.05
33	15.906	5659336	3.76	2816851	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149.00
34	16.864	1080762	0.72	578121	Eicosane	57.05
35	17.001	3224238	2.14	1472191	Dibutyl phthalate	149.00
36	17.360	1342514	0.89	449357	n-Hexadecanoic acid	73.00
37	18.043	1729016	1.15	956520	Eicosane	57.05
38	18.784	598055	0.40	229457	1-Nonadecanol	83.10
39	18.936	334988	0.22	119149	8-Octadecenoic acid, methyl ester	55.05
40	19.180	1951290	1.30	1003403	Eicosane	57.05
41	20.272	1831300	1.22	914595	Tetracosane	57.05
42	21.324	1677162	1.12	881964	Tricosane	57.05
43	22.022	863006	0.57	344224	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	129.05
44	22.335	1690863	1.12	887710	Tetracosane	57.05
45	23.048	393149	0.26	174623	Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	57.05
46	23.151	411415	0.27	112243	Heptasiloxane, hexadecamethyl-	73.05
47	23.325	27811319	18.49	10891463	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	149.00
48	23.642	1789564	1.19	155210		106.05
49	23.916	705316	0.47	161871	Tritriacontane	57.05
50	24.073	409885	0.27	162284	Trihexadecyl borate	57.05
51	24.252	1655853	1.10	828898	Tetracosane	57.05
52	24.565	486227	0.32	195481	Dotetracontane	73.05

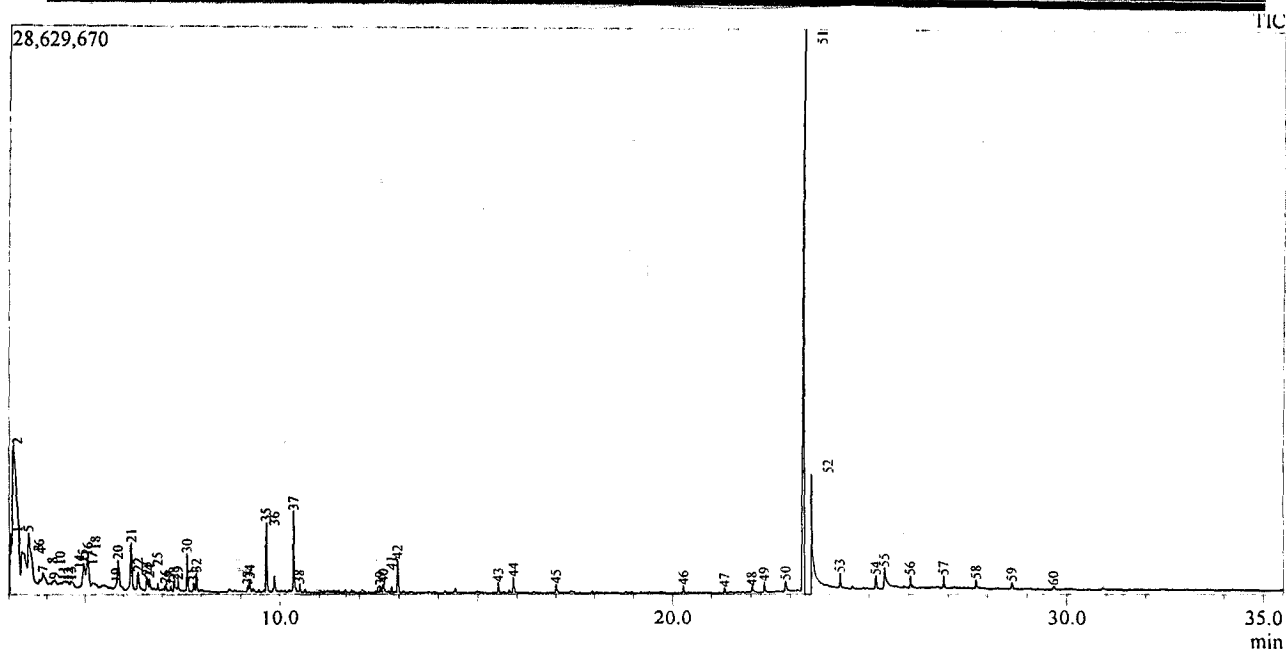
Figure 21 : Profil chromatographique de la de troisième station.



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	5.164	8201237	3.95	1925537	Eucalyptol	43.00
2	5.823	24757788	11.92	21668496	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	81.10
3	6.127	2085376	1.00	699526	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	71.05
4	6.288	2266314	1.09	735498	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-	81.10
5	6.374	1180675	0.57	303902	Bicyclo[2.2.1]heptane-2,5-diol, 1,7,7-trimethyl-, (2-endo,5-exo)-	108.10
6	6.595	86313903	41.57	30579672	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.10
7	6.725	1281412	0.62	437250	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol, 4,6,6-trimethyl-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,5	109.10
8	6.842	386073	0.19	127234	2(10)-Pinen-3-one, (+/-)-	53.05
9	6.919	559173	0.27	252657	trans-3(10)-Caren-2-ol	109.10
10	6.999	2509801	1.21	964699	Borneol	95.05
11	7.130	1526561	0.74	548773	Benzenemethanol, alpha.,alpha.,4-trimethyl-	43.00
12	7.187	1876083	0.90	890097	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	43.00
13	7.286	2385504	1.15	1060173	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-carboxaldehyde, 6,6-dimethyl-	79.05
14	7.349	566926	0.27	265029	3-Cyclohexene-1-methanol, alpha.,alpha.,4-trimethyl-	59.05
15	7.436	6334118	3.05	2527108	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-methanol, 6,6-dimethyl-	79.05
16	7.708	501030	0.24	235553	(2R,4R)-p-Mentha-6,8-diene, 2-hydroperoxide	108.10
17	7.839	828582	0.40	481034	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S-exo)-	81.10
18	7.944	754279	0.36	401288	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, (S)-	82.05
19	8.697	9599330	4.62	5454978	Bornyl acetate	95.10
20	9.199	8996572	4.33	5320642	(-)-Myrtenyl acetate	91.05
21	9.955	381812	0.18	178486	Nerolidyl acetate	69.10
22	11.903	528626	0.25	279715	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)	161.15
23	12.795	612940	0.30	230835	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propan	71.05
24	14.114	472254	0.23	177057	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl pentadecyl ester	97.10
25	15.893	483386	0.23	250515	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149.05
26	16.991	1053989	0.51	465557	Dibutyl phthalate	149.05
27	17.340	531920	0.26	234732	n-Hexadecanoic acid	73.05
28	18.157	394032	0.19	208683	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl pentadecyl ester	97.10
29	18.929	332359	0.16	155744	8-Octadecenoic acid, methyl ester	55.05
30	19.292	1036671	0.50	211784	Tritriacontane	57.05
31	20.033	1525059	0.73	239198		57.05
32	20.265	294394	0.14	154417	Eicosane	57.05
33	21.316	280590	0.14	141478	Tetracosane	57.05
34	21.417	464178	0.22	129816	2-Propen-1-one, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl)-3-phenyl-, (E)-	270.10
35	21.784	458618	0.22	217857	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl pentadecyl ester	97.10
36	22.233	427074	0.21	103308		81.05
37	22.328	595927	0.29	296417	Tetracosane	57.05
38	23.167	491208	0.24	198699	Heptasiloxane, hexadecamethyl-	73.05
39	23.222	783026	0.38	253664	Hexatriacontane	57.05
40	24.208	11618900	5.60	1847578	Hexatriacontane	57.05
41	24.553	502245	0.24	194936	Heptasiloxane, hexadecamethyl-	73.05
42	25.022	389650	0.19	200108	Sulfurous acid, cyclohexylmethyl tridecyl ester	97.10
43	25.150	2283119	1.10	788325	Hexatriacontane	57.05
44	26.017	336832	0.16	131527	Tetracosane	57.05
45	26.086	803476	0.39	304981	Docosa-2,6,10,14,18-pentaen-22-al, 2,6,10,15,18-pentamethyl-, all-tra	69.10
46	26.422	6301979	3.03	1220362	Hexatriacontane	57.05
47	26.681	1718720	0.83	515951	Hexatriacontane	57.05
48	26.870	290768	0.14	131612	Nonacosane	57.05
49	27.478	402315	0.19	143805	Pentatriacontane	57.05
50	27.957	1396201	0.67	365678	Tetracontane	97.10

Figure 22: Profil chromatographique de la quatrième station du serre.



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Name	Base m/z
1	3.025	6608848	2.17	3095224	Benzylamine, N-(3-chloro-2,2-dimethyl-1-phenylpropylidene)-	43.00
2	3.119	68192742	22.38	7513685	Benzene, 1,3-dimethyl-	91.05
3	3.348	8252835	2.71	2136815	p-Xylene	91.05
4	3.408	10348962	3.40	1998174		57.05
5	3.513	23869579	7.83	3054174	Ethanol, 2-butoxy-	57.05
6	3.792	3268754	1.07	672648	2-Isopropyl-5-oxohexanal	43.00
7	3.888	7378420	2.42	977806	1-Propene, 1,1,2-trichloro-	108.95
8	4.142	3951367	1.30	528461		43.00
9	4.193	2836387	0.93	578208		43.00
10	4.346	2386919	0.78	408927	2-Propanol, 1,1,1-trichloro-2-methyl-	59.00
11	4.425	3379674	1.11	478074		43.00
12	4.550	1602795	0.53	386332		43.00
13	4.622	2953038	0.97	439239	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	105.05
14	4.850	1095091	0.36	175277	2-Pentanone, 3-ethyl-3-methyl-	43.00
15	4.953	6250768	2.05	1292087	2-Hexanone, 5-methyl-	43.00
16	5.057	7160767	2.35	1604457	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	281.00
17	5.190	1256040	0.41	275787		57.05
18	5.258	532227	0.17	204957	Octane, 2,3,6-trimethyl-	71.10
19	5.808	608294	0.20	244727	Spiro[3.5]nona-5,7-dien-1-one, 5,9,9-trimethyl-	119.05
20	5.857	4590897	1.51	1429385	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	81.05
21	6.191	6992933	2.29	2335128	2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-	123.10
22	6.366	2124018	0.70	803172	Undecane	57.05
23	6.595	1914981	0.63	702203	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	95.05
24	6.664	1531029	0.50	592658	2,6-Dimethyl-6-nitro-2-hepten-4-one	83.00
25	6.876	868942	0.29	367421	Acetic acid, 2-ethylhexyl ester	43.00
26	7.071	668909	0.22	302352	3-Cyclohexene-1-ethanol, .beta.-4-dimethyl-, [s-(R*,S*)]-	93.10
27	7.207	514367	0.17	259053	3-Heptanol, 6-methyl-	59.05
28	7.293	1368612	0.45	512480	Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-	57.05
29	7.400	899500	0.30	486597	p-Trimethylsilyloxyphenyl-(trimethylsilyloxy)trimethylsilylacrylate	73.05
30	7.633	3388000	1.11	1884908	1-Dodecene	55.05
31	7.794	944149	0.31	460181	Dodecane	43.05
32	7.867	1903399	0.62	925740	Bicyclo[2.2.1]heptane, 2-chloro-2,3,3-trimethyl-	93.10
33	9.170	588655	0.19	333139	Tridecane	57.05
34	9.228	1298414	0.43	634420	Cyclohexene, 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-1-(1-methylethyl)-	129.05
35	9.649	6248755	2.05	3501613	4-(2-Methylcyclohex-1-enyl)-but-2-enal	95.10
36	9.856	1896248	0.62	802942	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, formate, endo-	95.10
37	10.343	7240995	2.38	4089843	1-Pentadecene	55.05
38	10.488	829276	0.27	408946	Tetradecane	57.00
39	12.525	661523	0.22	321277	Diacetoneglucose	43.00
40	12.598	1090130	0.36	435339	Benzene, 1-(2-butenyl)-2,3-dimethyl-	145.10
41	12.805	617699	0.20	271772	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propan	71.05
42	12.962	3105163	1.02	1681234	1-Nonadecene	83.10
43	15.316	945886	0.31	516332	1-Nonadecene	83.10
44	15.901	1508471	0.49	777479	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149.00
45	17.000	899712	0.30	424402	Dibutyl phthalate	149.00
46	20.270	754714	0.25	382616	Eicosane	57.05
47	21.322	507778	0.17	264183	Tetracosane	57.05
48	22.021	779485	0.26	278258	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	129.05
49	22.333	940136	0.31	497191	Tetracosane	57.05
50	22.877	1431834	0.47	491012	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	149.00
51	23.350	55441729	18.19	28521455	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	149.05
52	23.537	17326221	5.69	6048429		149.00

Figure 23: Profil chromatographique de la quatrième station du champ.

Annexe 2

2. Préparation des solutions des paramètres étudiées

2.1. Préparation des solutions utilisées dans le dosage du nitrate

✚ Solution de sulfate de potassium 0,5mol/L (K_2SO_4)

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 800 ml d'eau déminéralisée, dissoudre 87 g de sulfate de potassium. Ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ Solution d'hydroxyde de sodium(NaOH) 4 mol/L

Dans une fiole jaugée de 1000ml contenant environ 800ml d'eau déminéralisée, dissoudre 160g d'hydroxyde de sodium. Ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ Acide salicylique($C_7H_6O_3$) 5%

Dans une fiole de 200m, verser 95mL d'acide sulfurique (95%, $d=1,84$) ; dissoudre 5 g d'acide salicylique.

✚ Solution mère de nitrates (N- NO_3) 1000 μ g/ml

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 800ml d'eau déminéralisée dissoudre 7,223g de nitrate de potassium séché, ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ Solution fille des nitrates (N- NO_3) 50 μ g/ml

Dans une fiole jaugée de 500mL contenant environ 400mL d'eau déminéralisée, verser 25mL de la solution mère. Ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ Préparation de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées de 50mL, verser 0, 2, 4, 6, 8,10mL de la solution fille. Ajuster au volume avec la solution de sulfate de potassium. Bien agiter. Ces solutions étalons contenant 0, 2, 4, 6, 8,10 μ g/ml de N- NO_3^- .

- **Calculs**

Les gammes étalon permettront d'établir une courbe de lecture en absorbance. L'axe des y étant l'absorbance et l'axe des x étant la concentration en N-NO₃ en µg/ ml de N-NO₃ contenus dans les échantillons.

$$\text{N-NO}_3 \text{ } \mu\text{g/g} = \text{G.V/S} = 2\text{GN-NO}_3$$

G: N-NO₃ en µg/ml (la concentration).

V : volume de l'extraction (20ml).

S : le poids de la prise de terre 10g

2.2. Préparation des solutions utilisées dans le dosage du phosphore

✚ Solution de carbonates de sodium (Na₂CO₃)1 mol/L

Dissoudre 105,99g de carbonate de sodium anhydre p.a. Dans une fiole jaugée de 1000mL, contenant environ 700mL d'eau déminéralisée. Ajuster au volume .Homogénéiser.

✚ Solutions d'acide sulfurique (H₂SO₄) 4.5mol /L

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 500 mL d'eau déminéralisée, ajouter lentement 253mL d'acide sulfurique concentre p.a. (d=1,83, 95%). Ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

✚ Solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) 2mol /L

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 500 mL d'eau déminéralisée, ajouter lentement 113mL d'acide sulfurique concentre p.a. (d=1,83, 95%), ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

✚ Solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) 1mol /L

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 500 mL d'eau déminéralisée, ajouter lentement 56,5mL d'acide sulfurique concentre p.a. (d=1,83, 95%), ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

⚡ Solution de molybdate d'ammonium $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}]$ 1%

Dissoudre à chaud 10g de molybdate d'ammonium tétrahydraté p.a. Dans un ballon de 1000mL avec environ 800mL d'eau déminéralisée. Laisser refroidir. Transvaser dans une fiole jaugée de 1000mL, ajuster au volume. Homogénéiser.

⚡ Solution d'acide ascorbique $(\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_6)$ 10 %

Dissoudre 10 g d'acide ascorbique p.a. dans une fiole jaugée de 100mL avec environ 80mL d'eau déminéralisée. Ajuster au volume. Homogénéisée. La solution doit être conservée dans un réfrigérateur et doit être remplacée lorsqu'une coloration se développe.

⚡ Solution d'antimoine $[\text{K} (\text{SbO}), \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6] 0.5\text{H}_2\text{O}$ (oxytartrates d'antimoine III et de potassium) 2.668 g/L

Dissoudre 0,667g d'oxytartrate d'antimoine III et de potassium dans une fiole jaugée de 250mL avec environ 200mL d'eau déminéralisée. Ajuster au volume. Homogénéiser.

⚡ Solution d'acide ascorbique et d'antimoine

Préparée comme suit : mélanger 50 ml de la solution d'acide ascorbique avec 50 ml de la solution d'antimoine dans une fiole jaugée de 100 mL.

⚡ Solution mère étalon de phosphore (P) 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$

Dissoudre 2,1965 g de potassium dihydrogénophosphate p.a. (KH_2PO_4) (phosphate monopotassique) (préalablement séché à 105°C durant une nuit) dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 900ml d'eau déminéralisée. Ajouter 2 gouttes de chloroforme ; celui-ci sert à conserver la solution. Ajuster au volume. Homogénéiser.

⚡ Solution fille de phosphore (P) 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$

Pipeter 50mL de la solution mère (25mL dans le cas d'une solution mère à 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$) et verser dans une fiole jaugée de 1000 mL. Ajuster avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

⚡ Préparation de la courbe d'étalonnage

Pipeter à la micropipette respectivement 0, 2, 4, 6, 8, et 10 mL de la solution fille du phosphore, et verser dans une série des fioles jaugées de 50 mL. Ajuster avec l'eau déminéralisée. Homogénéiser. On obtient ainsi des solutions de 0, 1, 2, 3, 4 et 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

- **Calculs**

Après la lecture au spectrophotomètre, tracer la courbe d'étalonnage et déterminer la concentration de phosphore contenue dans les échantillons. Pour calculer la teneur du phosphore dans 100g des sédiments on applique la formule suivante :

$$P (\mu\text{g/g}) = C \cdot V / S = 250C$$

Avec:

C: microgrammes de phosphore déterminés sur la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g/mL}$)

V : volume d'extraction en mL (250mL).

S : poids de la prise d'essai de terre en g (1g)

V : volume d'extraction (20mL)

S : poids de la prise de terre 10g.

2.3. Préparations des solutions utilisées dans le dosage de la MO

✚ **Solution de bichromates de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (0.1666 mole/L)**

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant environ 700mL d'eau déminéralisée, dissoudre 392,160g de bichromate de potassium. Ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ **Solution d'acide sulfurique H_2SO_4 (0,25mol/L)**

Dans une fiole jaugée de 2000mL contenant environ 900mL d'eau déminéralisée, ajouter lentement 28mL d'acide sulfurique. Ajuster au volume. Homogénéiser.

✚ **Solution de sel de Mohr (0.156mol/L)**

Dans une fiole jaugée de 2000mL contenant environ 1000mL de solution d'acide sulfurique, dissoudre 392,160g de sel de Mohr. Ajuster au volume avec la solution d'acide sulfurique. Homogénéiser.

- **Calculs**

T = nombre de mL de solution de sel de Mohr verser pour le témoin

T' = volume de bicarbonate de potassium

t = concentration de la solution de sel de Mohr.

t' = concentration de bicarbonate de potassium.

T. $t = T' \cdot t'$, on déduit $t = 10/T$.

Thème

Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la qualité chimique du sol

Nom et Prénoms des étudiantes :

- M^{elle} Chaabena Sarra
- M^{elle} Kerdoud Sabrina

Date de soutenance

Le : 04/07/2011

Résumé

Dans ce travail nous avons mené une étude qui a pour objet d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la qualité chimiques des sols. Pour cela nous avons choisi de prélever nos échantillons à partir de 04 stations localisées dans la région de Rhedjla qui se caractérise par une forte production agricole.

Les échantillons prélevés ont fait l'objet des mesures suivantes : pH, nitrates, CEC, phosphate, MO, ainsi que la recherche des résidus des pesticides.

Les résultats obtenus lissent constater que les sols analysés sont dans l'ensemble légèrement acides. Les teneurs de ces sols en phosphore et en nitrate sont faibles et cela est en relation avec les faibles taux de la MO et de la CEC enregistrés dans l'ensemble de nos échantillons.

Une contamination par deux pesticides: xylène qui est utilisé comme herbicide et un dérivé du naphtalène employé comme insecticide et fongicide a été constatée lors de cette étude.

Mots clés: qualité chimique du sol, pratiques agricoles, pesticides, nitrate, phosphore.

Summary

In this work we conducted a study to evaluate the impact of agricultural practices on soil chemical quality. For this chose to take our samples from 04 stations located in the region of Redjla characterized by high agricultural production.

The samples were subject to the following: pH, nitrate CEC, phosphorus, organic matter, and the detection of residues of pesticides.

The results obtained found that the soil analyses are generally slightly acidic. The contents of these soil from phosphorus and nitrate are low and this is related to the low levels of organic matter and CEC registered in all of our samples.

Contamination by tow pesticides: Xylen used as an herbicide and a naphthalene derivative used as an insecticide and fungicide was found in this study.

Keywords: chemical quality of soil, agricultural practices, pesticides, nitrates, phosphorus.

الملخص

من خلال هذا العمل قمنا بإجراء دراسة تهدف إلى تحديد أثر النشاط الزراعي على النوعية الكيميائية للتربة. من أجل هذا قمنا بإختيار 04 نقاط تنتمي إلى منطقة الرجلة التي تختص بنشاط زراعي كثيف.

العينات المأخوذة خضعت للقياسات التالية الكون الهيدروجيني، النترات، القدرة على التبادلات الكيتيونية، الفوسفور، المادة العضوية إلى جانب البحث عن المبيدات.

النتائج المحصلة بينت أن التربة المدروسة هي في مجملها قليلة الحموضة.

التراكيز من حيث الفسفور والنترات كانت ضعيفة و هذا مرتبط بضعف كميات المادة العضوية و القدرة على التبادل الكاتيوني في مجمل العينات المدروسة.

وجود نوعين من المبيدات هما الإكزيلان الذي يستعمل كمبيد عشبي و مشتق النفثالان يستعمل كمبيد حشري وفطري تم الكشف عنه من خلال هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الخصائص الكيميائية للتربة، النشاط الزراعي، المبيدات، النترات، الفسفور.

Encadreur : Melle Chebab Samira.