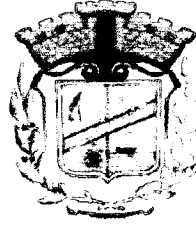


UNIVERSITE DE JIJEL  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences  
la nature et de la vie

Département de Biologie Animale et



جامعة جيجل  
كلية العلوم الحديقة وعلوم الطبيعة و الحياة  
قسم : البيولوجيا النباتية والحيوانية

**Mémoire de fin d'études**

*En vue de l'obtention du diplôme : Master*

**Option : Phytopharmacie et Gestion des Agro-Système**

**Thème**

***Diagnostic agro-environnemental  
des cultures maraichères en sol agricole***

**Jury:**

Présidente : *M<sup>me</sup>.Benabdelkader M.*

Encadreur : *M<sup>r</sup>.Bouldjedri M.*

Examineur : *M<sup>r</sup>.Roula S.*

**Présentée par :**

*Bourekoua Amel*

*Boufenar Fayza*



**Session : Juillet, 2011**

Numéro d'ordre : .....

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«وَالأَرْضَ مَدَدْنَا مَا وَالقَبِيضَ فِيهَا رِوَاسِي، وَأَنْبَتْنَا فِيهَا  
شَجَرًا مَّوْزُونًا ﴿١﴾ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرِزْقٍ  
﴿٢﴾ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِلُهُ إِلَّا بِالْأَمْرِ  
﴿٣﴾»

﴿مَعْلُومٌ﴾

[ الحجر: 91 - 21 ]

هناك دلالة واضحة في كلمتي "موزون" و"قدر معلوم" على أن النظام الزراعي  
يؤسسه القرآن هو نظام متوازن ومتكامل يقوم على التوسط والاعتدال في كل من  
الانتاج ابتداء من الحرث والسقي والتسميد والجني، فلا إفراط ولا تفريط، فالتوازن  
الركيزة الأساسية لضمان النجاح والاستمرارية لكل نشاط زراعي.  
(موسوعة الإعجاز العلمي)

«كل واحد منا يبتسم لحظة، حين يمر بخاطره طيف شخص  
ترك أثرا طيبا على صفحة أيامه...  
يذهب إلى كل من يترك مروره بالخاطر طيف البسامة»

فايزة، أمال

---

## Table des matières

Dédicaces

Remerciement

Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction .....1

### Chapitre I : Le sol, formation et propriétés

1. Le sol.....2

1.1. Définition.....2

1.2. Formation des sols.....2

1.3 Profil pédologique.....3

1.4 Organisation du milieu sol.....3

1.5 Eléments constitutifs de la matrice sol.....4

2. propriétés physiques du sol.....5

2.1. Texture du sol.....5

2.2. Structure de sol.....5

2.2.1. Le développement de la structure.....6

2.2.2. La porosité.....6

3. Propriétés chimiques du sol.....6

3.1. Le potentiel hydrogène.....6

3.2. Capacité d'échange cationique(CEC).....7

4. Propriétés hydrologiques.....7

4.2. Hygrométrie du sol.....7

## **Chapitre II : le phosphore dans le sol**

|  |    |
|--|----|
| 1. Disponibilité du phosphore.....                           | 8  |
| 1.1 Le phosphore élément essentiel à la vie.....             | 8  |
| 1.2. Aspect agronomique.....                                 | 8  |
| 1.3. Dose économique optimal.....                            | 10 |
| 1.4. Les formes de phosphore dans le sol.....                | 10 |
| 1.5. Mécanisme de sorption et d'adsorption du phosphore..... | 11 |
| 1.6. Le cycle du phosphore.....                              | 12 |
| 1.6.1 Le cycle biogéochimique.....                           | 12 |
| 1.6.2. Le cycle dans une exploitation agricole.....          | 12 |
| 1.6.3. La minéralisation du phosphore.....                   | 13 |
| 2. Accumulation du phosphore et qualité des eaux.....        | 13 |
| 2.1 Potentiel de dissolution du phosphore.....               | 14 |
| 2.2. Degré de saturation en phosphore.....                   | 14 |
| 2.3. Indice de saturation en phosphore.....                  | 14 |

## **Chapitre III : Matériel et Méthode**

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. Présentation du site.....         | 15 |
| 1.1. Situation géographique.....     | 15 |
| 1.2. Description du site.....        | 15 |
| 1.3. Géologie.....                   | 16 |
| 1.4. Hydrologie.....                 | 16 |
| 1.5. Intérêt écologique du site..... | 16 |
| 1.5.1 La flore.....                  | 16 |
| 1.5.2. La faune.....                 | 17 |
| 1.6. Etude climatologique.....       | 17 |
| 1.6.1. La pluviométrie.....          | 17 |
| 1.6.2. La température.....           | 17 |

|   |    |
|---|----|
| 1.7. Activité agricole.....                                     | 18 |
| 1.7.1. Principaux engrais utilisés dans la wilaya de Jijel..... | 18 |
| 2. Protocole expérimentaux.....                                 | 19 |
| 2.1. La prise des échantillons.....                             | 19 |
| 2.1.2. Echantillonnage.....                                     | 19 |
| 2.1.2. Prélèvement au niveau des stations.....                  | 19 |
| 2.2. La préparation de l'échantillon.....                       | 20 |
| 2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques.....               | 20 |
| 2.3.1. La granulométrie.....                                    | 20 |
| 2.3.2. Le pH.....   | 20 |
| 2.3.3. La matière organique.....                                | 20 |
| 2.3.4. La capacité d'échange cationique.....                    | 21 |
| 2.3.5. Le dosage du phosphore .....                             | 22 |
| 2.3.5.1. Principe.....  | 22 |
| 2.3.5Appareillagespectrophotomètre moléculaire.....             | 22 |
| 2.3..3 Mode de fonctionnement.....                              | 23 |
| 2.3.5.4. Détermination de la courbe d'étalonnage.....           | 24 |

## **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

|  |    |
|--|----|
| 1. Résultats .....                             | 25 |
| 1.1. Résultats de l'enquête de terrain.....    | 25 |
| 1.2. Résultats du travail de laboratoire.....  | 26 |
| 1.2.1. L'analyse granulométrie.....            | 26 |
| 1.2.2. Le pH.....                              | 26 |
| 1.2.3. La matière organique.....               | 27 |
| 1.2.4. La capacité d'échange cationique.....   | 28 |
| 1.2.5. Le dosage du phosphore assimilable..... | 30 |
| 2. Discussion.....                             | 32 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Conclusion.....              | 34 |
| Listes bibliographiques..... | 35 |
| Annexes                      |    |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau I : Caractérisation des engrais phosphatés selon la norme NF U42-001.....                                      | 9  |
| Tableau II : Variation saisonnière des précipitations de la wilaya de Jijel (2005-2009).....                           | 18 |
| Tableau III : Répartition mensuelle en moyenne des températures de la wilaya de Jijel<br>(2005-2009).....              | 18 |
| Tableau IV : Engrais utilisées au niveau de la wilaya de JIJEL, (DSA 2009-2010).....                                   | 19 |
| Tableau V :Principales cultures pratiquées dans la région d'étude avec les apports d'engrais<br>phosphatés .....       | 25 |
| Tableau VI : Evolution des valeurs du pH des sols des trois stations étudiées (Mars, mai, juin<br>2011) .....          | 26 |
| Tableau VII: Evolution des valeurs de la CEC dans les sols des trois stations étudiées<br>(Mars, mai, juin 2011) ..... | 28 |
| Tableau VIII : Evolution des valeurs de phosphore assimilable des stations utidiés .....                               | 30 |

## Liste des abréviations

|                 |  |
|-----------------|--|
| DPS             | Degré de saturation en phosphore                 |
| DSA             | Direction des services agricoles                 |
| EPC□            | Concentration de l'équilibre en phosphore        |
| Fe□□            | Fer extractible à l'oxalate d'ammonium           |
| I□              | L'intensité de lumière monochromatique incidente |
| I               | L'intensité de la lumière transmise              |
| NPK             | Engrais azotés, phosphatés, potassiques          |
| O.N.M           | l'office national de météorologie                |
| Pi              | Phosphore inorganique                            |
| TSP             | Tri-super phosphate                              |
| $\lambda_{max}$ | Longueur d'onde                                  |



# *Introduction*

## Introduction

La pollution diffuse par le phosphore (P) est un enjeu important, compte tenu des conséquences écologiques et économiques associées particulièrement à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. Il est largement démontré que l'activité agricole possède une grande part dans ce type de pollution ; beaucoup d'efforts sont consentis pour limiter le phénomène.

Dans l'optique de réduire la pollution diffuse par le phosphore, **Sharpley et al (1996)**, suggèrent 3 alternatives. D'abord, il s'agit de faire des apports selon les besoins agronomiques des cultures. Ensuite, ils proposent une évolution des risques de perte en (P) avec des modèles mathématiques. La troisième proposition consiste à définir des seuils environnementaux, au-delà desquels le risque de contamination des eaux de surface augmente, cette dernière recommandation s'appuie sur la richesse en (P) disponible ou sur la saturation en (P) du sol. En Amérique du nord, différents indicateurs agroenvironnementaux ont été proposés et ils tiennent compte de la saturation et la solubilité de (P). La pertinence de ces indicateurs réside dans le suivi de la mobilité, la solubilité et la désorption du phosphore dans les sols agricoles (**Khiari et al., 2000**). Ces indices tiennent compte à la fois des risques environnementaux de perte en P mais aussi des besoins agronomiques des cultures. En excès, le phosphore contribue à la pollution de l'environnement en favorisant l'eutrophisation des eaux de surface, phénomène caractérisé par une prolifération d'algues et autres végétaux ce qui constitue une menace sérieuse à ces milieux.

La mare temporaire d'El-Kennar (Ghdir Beni-Hamza), joue un grand rôle écologique et paysager dans la région, comme milieu humide favorable à une coexistence d'une richesse floristique et faunistique, et amortie les crues, cependant, les activités agricoles dans cette zone peuvent constituer une véritable menace particulièrement avec l'utilisation abusive des produits fertilisants, parmi les quels on trouve le phosphore assimilable qui peut être transporté vers les eaux de surface en provoquant une eutrophisation du milieu.

La présente étude se divise en deux volets, le premier est consacré à une enquête de terrain réalisée auprès des structures administratives agricoles de la région en question, pour estimer des quantités d'engrais phosphatés utilisées. Le deuxième volet sera réservé au travail de laboratoire en vue de déterminer la réserve en phosphore assimilable d'un sol cultivé dans la région; en vue d'une mise en évidence du surplus d'engrais utilisé et non exploité par la plante et qui peut être transporter par les eaux de ruissellement.

# *Chapitre I :*



# *Sol, formation et propriétés*

## 1. Le sol

### 1.1. Définition

Le sol peut être défini comme le produit remanié et organisé de l'altération de la couche superficielle de la croûte terrestre essentiellement sous l'action d'agent climatique et biologique. (Musy et Soutter, 1991) .Il se subdivise en couches horizontales successives aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques spécifique.il existe trois définitions, selon les domaines :

- **En Agronomie**, Le sol est le support des plantes, cultivées ou non. C'est la zone exploitée par les racines.Il englobe le domaine de la rhizosphère, zone d'échanges d'ions, de compétition pour l'eau, l'oxygène (Lemanceau et Heulin, 1998) où l'activité microbienne est stimulée par la libération de composés organiques.

- **En pédologie**, Duchaufour (2001) a défini le sol comme étant « la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants ».

- **En écologie**, on dit que le sol est un écotone ou plus simplement une zone de transition, à l'interface entre deux ou plusieurs milieux.il constitue l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux, on parle de pédosphère (Ramade, 1993).

### 1.2. Formation des sols

La formation des sols représente un processus complexe résumé en trois étapes :

#### - Désagrégation d'une roche

Un sol provient généralement de la décomposition d'une roche que l'on appelle pour cette raison roche mère. L'intensité de la désagrégation physique et de l'altération chimique dépend du climat, véritable moteur de la formation des sols. Le résultat de leur action est d'abord un mélange de minéraux plus ou moins désagrégés ; mais encore non altérés présente le squelette du sol (Blocs de pierre, graviers, Grains de sables et poudre de limon ; d'une sorte de pâte ; le complexe d'altération provenant de l'attaque chimique des minéraux et qui en résumant beaucoup contient de l'argile, en général coloré par des oxydes de fer et d'aluminium, des sels de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium...) (Soltner, 2005).

#### - Enrichissement en matières organiques

Le sol ne prend naissance que lorsqu'à ces constituants minéraux s'ajoutent des constituants organiques végétaux et animaux. A partir de ce moment, les débris organiques (surtout végétaux) aboutissent à la formation de substances foncées plus ou moins pâteuse, réunies sous le nom d'humus (Soltner, 2005).

### - Migration de substances font évoluer le sol :

Dans ce sol encore jeune et qui continue à s'approfondir, les mouvements de l'eau vers le bas et vers le haut vont faire subir aux éléments solubles ; et plus ou moins fluides ; des déplacements appelés migration, ces migrations concernent principalement les sels de calcium et de sodium, les oxydes de fer et d'aluminium, l'argile, l'humus. Les déplacements vers le bas constitueront le lessivage et domineront sous climats à forte pluviométrie, et les déplacements vers le haut ; ou ascendant ; se manifesteront surtout sous climats à saison sèche et chaude prononcée (Soltner, 2005).

En définitive, les sols résultent de l'action conjuguée et complexe des facteurs abiotiques et biotiques, qui conduit à l'élaboration d'un mélange intime de matières minérales et organiques (Robert, 1996).

### 1.3 Profil pédologique

La réalisation d'un profil de sol nous permet de repérer des couches distinctes, qui représentent les horizons, ces horizons sont d'autant plus distincts que le sol est évolué (Duchaufour, 1995) ; de manière générale un profil pédologique se compose des profils suivants :

- Horizon O : c'est l'horizon organique ou humus dans lequel les débris végétaux s'accumulent à la surface du sol.
- Horizon A : horizon contenant à la fois de la matière organique et la matière minérale.
- Horizon B : c'est un horizon enrichi en divers constituants (argile, fer, matière organique, carbonate de calcium)
- Horizon E : horizon d'altération de la roche mère.

### 1.4. Organisation du milieu sol

Les sols sont constitués de trois phases, solide, liquide et gazeuse dont les proportions sont variables en fonction, notamment, de l'état hydrique des sols et des contraintes mécaniques qu'ils subissent.

#### - La phase solide :

Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables. La nature des minéraux du sol est déterminée à la fois par la roche mère sur laquelle ils se sont formés et par les processus de pédogénèse. Les matières organiques proviennent principalement des résidus de la flore et la faune qui subissent diverses transformation physiques et chimiques. (Calvet, 2003)

#### - La phase liquide :

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais est une solution dont la composition est complexe est très variable, on la désigne souvent par l'expression solution du sol. Elle contient très



nombreux substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisés et non ionisés dont la nature et la concentration dépendent de plusieurs phénomènes (Sposito, 1989).

D'une façon générale, la solution du sol est difficile à décrire et à étudier en raison de sa très grande variabilité spatiale et temporelle de sorte qu'il n'existe pas de composition type. On peut cependant donner quelques indications générales en distinguant deux grandes catégories des solutés : les microéléments dont la concentration est inférieure à  $1\text{mmol/m}^3$  ; beaucoup d'éléments traces métalliques entrent dans cette catégorie et les macroéléments dont la concentration est supérieure à cette limite (Sposito, 1989).

- **La phase gazeuse :**

La phase gazeuse du sol est encore appelée l'atmosphère du sol, sa composition est souvent voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps en raison en particulier de l'activité biologique : 78% d'azote gazeux( $\text{N}_2$ ), 22% de mélange oxygène( $\text{O}_2$ ) et gaz carbonique( $\text{CO}_2$ ) (Robert, 1996).

### 1.5 Eléments constitutifs de la matrice sol

- **la fraction minérale**

Les sols présentent la particularité de renfermer des minéraux primaires (quartz, feldspaths, micas...) plus ou moins altérés, et des minéraux ou phases minérales ou organo-minérales secondaires. Ces minéraux secondaires provenant de l'altération, sont la résultante de phénomènes de transformation des minéraux primaires ou de néoformation de minéraux. Ces phases minérales secondaires, qui constituent le complexe d'altération comprennent la fraction argileuse héritée, transformée ou néoformée et d'autres constituants, cryptocristallins ou amorphes, comme les oxyhydroxydes de Fe, Al, Mn, Si ; associés aux argiles et complexés avec l'humus (Tessier *et al.*, 1980).

- **La fraction organique :**

La source de la matière organique du sol provient des êtres vivants qui occupent ce sol (faune et flore), qui se décompose par l'activité biologique, et cela donne naissance d'une part à des éléments solubles ou gazeux comme l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , l'acide nitreux  $\text{HNO}_2$  et le gaz carbonique  $\text{CO}_2$ , et d'autre part à des complexes humiques (l'humus). La matière organique joue des rôles essentiels tant physiques (structure du sol) que chimiques (nutrition minérale des plantes) et biologiques (activités biologiques du sol), elle constitue un paramètre incontournable à prendre en compte dans l'évolution de la qualité des sols (Balesdent, 1996) ; en outre dans le cadre d'une gestion durable des agrosystèmes, les matières organiques du sol peuvent être considérées comme un capital à être tenu et amélioré (Roussel *et al.*, 2001)

## 2. Propriétés physiques du sol

### 2.1 Texture du sol (ou Granulométrie)

La texture ou granulométrie correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ses minéraux. Donc la texture des sols réfère à la proportion des différentes particules des sols à l'état primaire, sans tenir compte de la matière organique présente.

La texture du sol présente une grande importance agronomique, car elle joue un rôle déterminant dans la fertilité, et la circulation de l'eau dans le sol.

Lagatu en 1904, a proposé un diagramme appelé triangle des textures (Boulaine, 1989), avec des zones délimitées de telle sorte qu'elles correspondent à des sols possédant des propriétés physiques voisines, à chacune d'entre elles est associée une appellation texturale.

La figure 1 montre un exemple de triangle texturale utilisé en France et proposé par (Jamagne, 1967) dont les unités texturales de bases sont le sable (50 µm à 2000µm), le limon (2µmà50 µm) et l'argile (< 2µm). Un échantillon est repéré sur le triangle par un point dont les coordonnées correspondent à sa composition texturale. La position du point permet d'attribuer une appellation texturale à l'échantillon analysé.

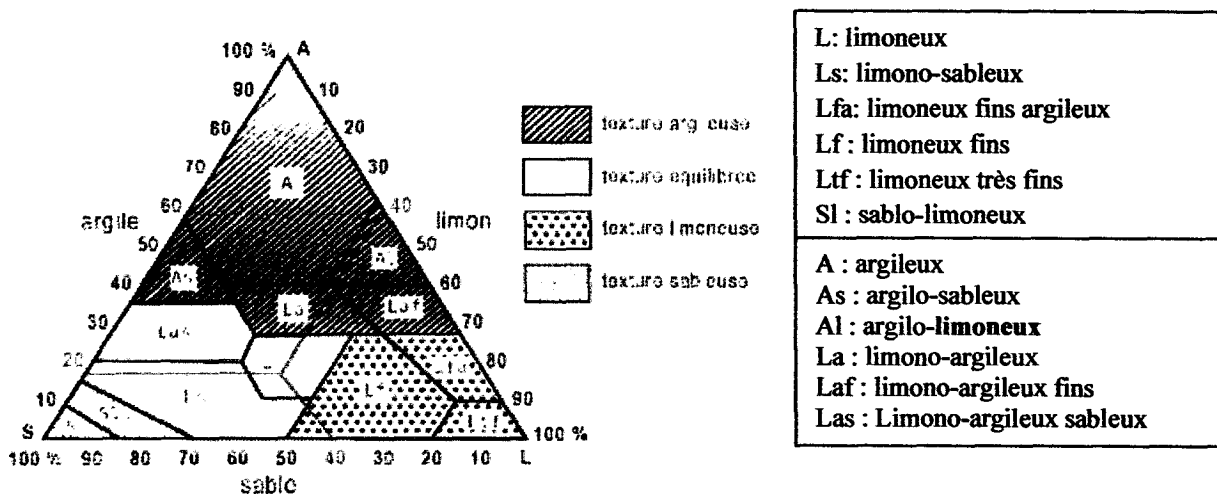


Figure1 : triangle des textures (d'après Jamagne, 1967).

### 2.2. Structure de sol

La structure d'un sol est le mode d'assemblage à un moment donné de ses constituants solides. Elle se réfère aux dimensions, aux formes et aux degrés de développement des particules primaires ainsi qu'aux vides dans les sols. Donc la structure détermine la répartition dans l'espace de la matière solide et des vides (ou pores) dont certains sont occupés par de l'eau, d'autres les plus grossiers par de l'air. Cette répartition conditionne l'ensemble des propriétés physiques et biochimiques du sol : aération et possibilité de respiration des racines et de l'ensemble de la

biomasse, rétention par les forces capillaires d'une réserve d'eau utilisable par les plantes en période sèche (Stengel, 1990).

La structure du sol s'observe et se décrit à deux niveaux :

- A l'échelle macroscopique, structure proprement dite, observable à l'œil nu celui de l'horizon de sol et de la couverture pédologique en général où l'organisation des matériaux peut être décrite en s'intéressant à la pédogenèse on décrit un profil pédogénétique.
- A l'échelle microscopique, microstructure ou micromorphologie, celui des particules de minéraux. En distinguant, approximativement, les agrégats (assemblages inférieurs à quelques mm) et Les mottes (assemblages supérieurs à quelques mm) (Calvet, 1989).

### 2.2.1. Le développement de la structure (retrait et gonflement)

Les variations de teneur en eau, entraînent des changements de volume en raison du retrait (lors d'une dessiccation) ou du gonflement (lors d'une humectation) des argiles du sol, qui sont à l'origine de la formation des fissures (Stengel, 1990). L'intensité de la fissuration qui en résulte, souvent caractérisée par la longueur de fissures par unité de surface (sur un plan horizontal) ou de volume, dépend en première approche de deux groupes de facteurs: l'amplitude de la variation de volume du sol et la répartition dans le sol des variations de volume (Boiffin et al, 1990).

### 2.2.2. La porosité

La porosité constitue un autre paramètre édaphique important qui combine les critères propres à la texture et à la structure du sol considéré. La porosité peut se définir comme la proportion du volume des lacunes par rapport au volume total. La circulation de l'eau et des gaz dans le sol dépend de la porosité dont le rôle est essentiel à toutes activités biologiques du sol comme milieu vivant (Monier et Stengel, 1982).

## 3. Propriétés chimiques du sol

### 3.1. Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH des eaux libres et interstitielles contenues dans la porosité détermine la nature et le développement des espèces végétales propres à tel écosystème terrestre ainsi que la microflore et la faune édaphique. Le pH du sol dépend du  $\text{CO}_2$ , de la concentration des sels minéraux et des molécules organiques dissoutes dans cette eau. En effet, le  $\text{CO}_2$  abaisse le pH d'une solution saturée en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , le PH est abaissée par les acides organiques libres produits par la biodégradation microbienne (Duchaufour, 2001).



### 3.2. Capacité d'échange cationique (CEC) :

Un facteur essentiel qui contrôle le pH des sols, qui est la fraction colloïdale constituée par des micelles résultants de l'association de particules argileuses et de composés humiques produits par la dégradation des matières organiques (complexe absorbant argilo-humique des sols), ce complexe libère des anions et des cations de divers métaux ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) en échange d'autres ions contenus dans l'eau interstitielles, l'ensemble des cations susceptibles d'être échangés à la surface de ces micelles électro-négatives constitue la CEC du sol, et la nature de ces ions échangeables conditionne le pH édaphique (Ramade, 2003).

## 4. Propriétés hydrologiques :

### 4.1. Hygrométrie du sol :

La capacité de rétention de l'eau dans le sol varie en fonction de la porosité, les végétaux absorbent facilement l'eau retenue dans le sol par une faible tension capillaire, après une saturation et drainage, l'eau qui reste fixée aux agrégats représente la capacité au champ du sol ; une fraction importante de cette eau est facilement utilisables par les plantes ; la plus grande proportion d'eau utilisable par les plantes se rencontre dans les sols à texture limoneuse ; par contre les sols à texture sableuse (particule de grande taille) se drainent facilement et n'ont qu'une faible capacité de rétention capillaire et les sols à texture argileuse possèdent une capacité au champ et un point de flétrissement élevée (figure3). L'eau est retenue par des forces de capillarité importante ( $>15 \text{ atm}$ ) qui la rendent indisponible pour les plantes (Bastet, 1999).

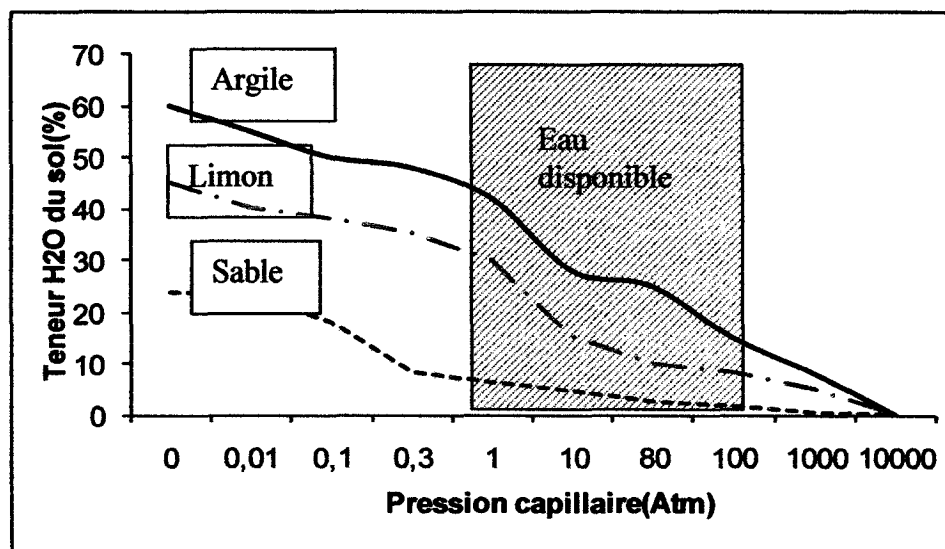


Figure2 : variation de la disponibilité en eau en fonction de la texture du sol  
(D'après Brady, in Ramade 2003 ; modifié)

# *Chapitre II :*

## *Le phosphore dans le sol*

## 1. Disponibilité du phosphore

### 1.1. Le phosphore élément essentiel à la vie

Le phosphore (P) est largement répandu dans la nature : c'est le onzième élément le plus abondant parmi les éléments de la croûte terrestre (0,12 %). Sur un plan quantitatif, le phosphore constitue le cinquième élément constitutif des êtres vivants, après le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Mais sur un plan qualitatif, il joue un rôle central dans l'organisation de la vie telle que nous la connaissons. Il compose l'épine dorsale des molécules d'ADN et d'ARN et rentre dans la composition du carburant universel du vivant, l'adénosine triphosphate ou ATP (**Boulaine, 1989**).

Chez les végétaux, Le phosphore est l'un des éléments minéraux essentiels à la nutrition au même titre que l'azote et le potassium. Il est nécessaire à la prolifération des racines et à la maturation des fruits et graines, particulièrement des céréales. Ce sont les cultures de pommes de terre, de légumes et de betteraves qui ont les plus grands besoins. Il joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques comme la croissance, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (**Marschner, 1995**).

Les sols contiennent 100 à 3000 mg/kg sol pratiquement uniquement sous forme de phosphate (PO<sub>4</sub>) qui peut être intégré dans une large gamme de constituants organiques et minéraux. La proportion de P total associé à des composés organiques varie selon les sols et leur type d'utilisation de 30 à 65% du P total. La disponibilité de P inorganique pour la végétation dépend des mécanismes qui contrôlent sa concentration en solution et qui sont de nature physico-chimique, biochimique et biologique (**Harrison, 1987**).

### 1.2. Aspect agronomique

L'industrie fournit aux agriculteurs une gamme variée d'engrais phosphatés qui dérivent à partir de phosphates naturels traités par broyage (phosphate naturel utilisé directement comme engrais), par calcination (phosphate alumino-silicique) ou par attaque acide (superphosphates, phosphates bicalciques). De plus, le traitement de la fonte phosphoreuse est à l'origine des scories Thomas (**Schvart *et al.*, 2005**).

Les engrais phosphatés sont caractérisés par une teneur en phosphore exprimée en % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (anhydride phosphorique) suivant des critères de solubilité définis dans la norme NF U42-001 dans le tableau ci-dessous (**tableau I**)

**Tableau I : Caractérisation des engrais phosphatés selon la norme NF U42-001(1981)**

| Dénomination   | Teneur en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> minimale en % | Solubilité du P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Finesse de mouture<br>pourcentage minimal, en<br>masse, de passage au tamis à<br>maille de |             |             |             |
|--|---|--|--|-------------|-------------|-------------|
|  |   |  | 0.063<br>mm  | 0.125<br>mm | 0.160<br>mm | 0.630<br>mm |
| Scories Thomas   | 12  | 75% au moins de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> doit être soluble dans l'acide citrique à 2%   |  |             | 75          | 96          |
| Super phosphates :                                       |   |  |  |             |             |             |
| Normal   | 16  | Soluble dans le citrate d'ammonium neutre, 90% au moins du P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> déclaré   |  |             |             |             |
| Concentré  | 25  | soluble dans le citrate d'ammonium neutre doit   |  |             |             |             |
| Triple   | 38  | être soluble dans l'eau  |  |             |             |             |
| Phosphate naturel<br>Partiellement<br>solubilisé         | 20  | 40% au moins de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> déclaré doit être soluble dans l'eau   |  |             | 90          | 98          |
| Phosphate bicalcique<br>Phosphate précipité<br>Dihydraté | 38  | Soluble dans le citrate d'ammonium alcalin   |  |             | 90          | 98          |
| Phosphate désagrégé                                      | 25  | Soluble dans le citrate d'ammonium alcalin   |  |             | 75          | 96          |
| Phosphate naturel<br>tendre                              | 25  | 55% au moins du P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> déclaré doit être soluble dans l'acide formique à 2%   | 90   | 99          |             |             |
| Engrais NP   | 5 avec 3%N et<br>la somme                             | Soluble dans le citrate d'ammonium neutre et/ ou dans l'eau. L'écart entre le P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total et le P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble dans le citrate d'ammonium neutre ne doit pas dépasser 2%. |  |             |             |             |

### 1.3. Dose économique optimal

La dose optimale de phosphate est obtenue à partir de réponse décrivant la relation entre le rendement de la culture et les dose de phosphate (kg/ha). Ceci permet de déterminer la quantité d'engrais requise afin d'atteindre un rendement économique optimum. D'après **Nelson *et al.* (1985)** la dose optimum est obtenue lorsque la dérivée première de l'équation de la courbe est égale au rapport de prix unitaire entre la récolte et l'engrais. Les concepts de fertilisation sont basés sur des principes environnementaux et agronomiques par prévenir l'accumulation de P dans le sol et pour éviter tous type de pollution; la fertilisation phosphatée doit être inférieur aux exportations de P par la partie récoltée lorsque les résultats de l'analyse de sol dépassent le seuil environnemental (**Khiari *et al.*, 2000**).

### 1.4. Les formes de phosphores dans le sol

Les formes du phosphore dans le sol sont multiples et variées. La présence de chacune de ces formes dépend des conditions d'acidité, de basicité, d'alcalinité ainsi que de l'activité biologique du sol considéré. Une première approche, permet d'identifier les formes suivantes : phosphore total, phosphore minéral, phosphore organique et phosphore assimilable (**Herbillon *et al.*, 1994 ; Fardeau et Conesa, 1994**) :

- **Phosphore total** : C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'elles soient minérales ou organiques
- **Phosphore minéral** : C'est le phosphore inclut dans des minéraux comme les apatites des roches éruptives et métamorphiques, d'une formule empirique globale :  $3 [Ca_3 (PO_4)_2] Ca X_2$  où X peut être remplacé par Cl-, F-, OH- ou CO<sub>3</sub>, dans tous les composés d'oxy-hydroxydes de fer et d'aluminium, ainsi que dans les phosphates tricalciques associés à un calcaire actif (très insolubles dans les milieux calcaires)
- **Phosphore organique** : Le phosphore organique correspond à celui que l'on retrouve dans la matière organique fraîche et l'humus. Dans les sols cultivés de longue date, sa proportion varie entre 25 et 30 % du phosphore total, tandis que dans les zones dotées d'une couverture végétale permanente naturelle (forêts et prairies), elle oscille entre 75 et 80%. Cette forme de phosphore est susceptible de devenir assimilable grâce à l'action des micro-organismes et à la minéralisation de l'humus.
- **Phosphore assimilable** : le phosphore assimilable ou biodisponible est défini comme celui constitué par la quantité du phosphore présent dans le système «sol-solution», capable d'atteindre la solution sous forme d'ions phosphates à un rythme compatible avec la vitesse d'absorption végétale, en période de pleine croissance. Les végétaux absorbent le phosphore sous différentes formes

anioniques :  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ . Certains de ces anions se trouvent dans la solution du sol, d'autres sont adsorbés sur les surfaces externes des minéraux argileux, et sur les surfaces des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium. Les anions adsorbés sont rapidement mobilisables vers la solution du sol. Or, cette quantité de phosphore assimilable est très variable selon la période de temps considérée comme nécessaire pour alimenter la plante (un jour, un mois, trois mois, etc...)

### 1.5. Mécanisme de sorption et d'adsorption du phosphore

Selon Michaud (2004) La disponibilité de l'élément phosphore est sujette à plusieurs processus physico-chimiques à savoir l'immobilisation (précipitation), la rétention (ou sorption) et la réorganisation contre la solubilisation, la désorption et la minéralisation.

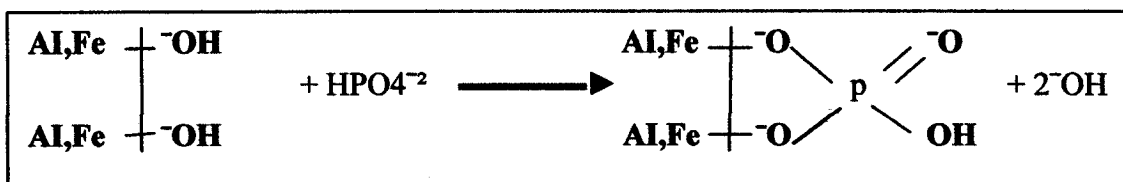
L'adsorption, définie comme le passage d'un soluté d'une phase liquide à une phase solide, qui entraîne son accumulation à l'interface solide-liquide (Ozanne, 1967). La désorption se définit alors comme le phénomène inverse.

Les études réalisées en Hollande (Breeuswma et Reijerink.992), aux Etats-Unis (Pote *et al.*, 1996) et au Québec (Giroux et Tran, 1996) ont établi que parmi les composantes du sol qui interviennent dans la rétention du P, les oxydes de Al et de Fe, les minéraux argileux et la matière organique et ont été identifiés comme les principaux sites d'adsorption du P. La grande majorité des études mettant en relation la rétention du P avec les propriétés physico-chimiques des sols acides ont cependant identifié les oxydes de Al et de Fe comme principal facteur d'adsorption et de fixation du P. Les oxydes étant généralement chargés positivement dans les conditions du pH des sols, ils sont susceptibles d'adsorber des anions.

#### a) Réactions impliquées dans l'adsorption des anions orthophosphates

Les oxydes d'Al et Fe adsorbent spécifiquement les phosphates par une réaction d'échange avec ses groupes hydroxyliques (Giroux et Tran, 1985).

Le phosphore peut se trouver sous différentes formes en fonction du pH ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ ,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ). De nombreuses études ont montré que la réaction du phosphate avec les oxydes de fer consiste en la formation d'un complexe de surface binucléaire par remplacement de groupements hydroxyles (van der Zee *et al.*, 1986) :

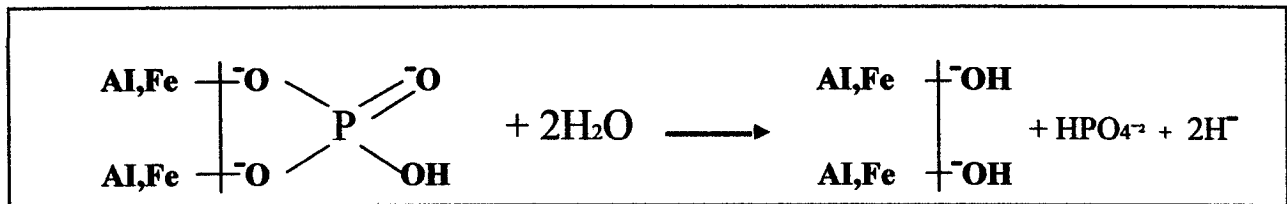


Cette réaction d'échange de ligand et de formation d'un complexe binucléaire est également à la base de la fixation des anions orthophosphates dans les sols (Ryden, 1977). Elle conduit à la libération d'hydroxyles qui sont susceptibles de modifier le pH au voisinage de la surface et qui sont en compétition avec les molécules d'anions orthophosphates pour les sites d'adsorption (Hingston, 1981).

### b) Réactions impliquées dans la désorption des anions orthophosphates

Bache et Ireland (1980) ont étudié la désorption des anions orthophosphates à l'aide de résines échangeuses d'ions. La vitesse de désorption des anions orthophosphates d'un sol semble contrôlée par des mécanismes de diffusion à travers des agrégats et d'échanges d'ions.

Les deux mécanismes conduisant à une désorption d'anions orthophosphates sont d'une part l'échange entre un ion hydroxyde et l'anion orthophosphate adsorbé sur la surface, et d'autre part, la dissolution de phosphate de calcium :



La structure poreuse des oxydes pourrait expliquer la lenteur ainsi que le non réversibilité du phénomène d'adsorption (Schwertmann *et al.*, 1985). Ainsworth *et al.* (1985) semble que l'agrégation et la porosité soient les deux facteurs déterminants de l'adsorption-désorption du phosphate sur les oxydes et donc dans les sols.

## 1.6. Le cycle du phosphore

### 1.6.1 Le cycle biogéochimique

Le phosphore présente dans l'environnement < 0.1% en masse de la composition élémentaire de la lithosphère, mais de grande importance écologique. Il joue un rôle clé dans le transfert d'énergie (ATP). Sa rareté dans l'écosystème sans influence humaine en fait un élément très convoité entraînant une forte compétition (Ramade, 1998). Le stock de phosphore minéral disponible pour les êtres vivants est entièrement contenu dans la lithosphère (figure 3, voir annexe D). Trouvé essentiellement dans les roches ignées comme les apatites et les dépôts sédimentaires, il est mis en solution par altération chimique puis introduit dans les eaux continentales par érosion et lessivage. Ces processus entraînent aussi du phosphore associé à des fines particules non disponible pour le vivant (Filippelli, 2002). Dans les écosystèmes terrestres, le phosphore minéral en solution est absorbé par les végétaux. S'en suit une succession de phases organiques (monde vivant) et

minérales (après décomposition du vivant). Le phosphore introduit dans les écosystèmes aquatiques est acheminé par les fleuves aux zones côtières et fertilise les eaux littorales qui, de ce fait, sont, généralement très productives en phytoplancton et algues marines. Par son ouverture sur les fonds océaniques (perte par sédimentation de la matière organique et des squelettes de poissons non consommés par les détritivores), le cycle naturel du phosphore n'est pas complètement bouclé. Par ailleurs, il ne présente pas de phase gazeuse significative (hormis quelques infimes quantités de phosphure d'hydrogène dégagé par fermentation anaérobie dans certains biotopes palustres) de sorte qu'il est exclusivement sédimentaire (Fardeau, 1993).

### **1.6.2. Le cycle du phosphore dans les sols d'une exploitation agricole**

Le cycle du P dans le système sol/engrais/plante est beaucoup moins bien équilibré et conduit à de nombreuses pertes et accumulations, (figure 4, voir annexe I). Dans l'état actuel de nos connaissances, on considère que la vaste majorité du P prélevé par les végétaux supérieurs l'est sous forme d'ion orthophosphate ( $P_i$ ) à partir de la solution du sol et par voie racinaire. Donc, pour qu'un P inorganique soit prélevé par une plante, il doit quitter la particule de sol à laquelle il est associé, être transféré dans la solution du sol, migrer ensuite par diffusion entre les particules de sol sur une distance de quelques millimètres pour être finalement absorbé par une racine non lignifiée ou un hyphes mycorhizien et ensuite être transporté vers la racine. Une fois dans la plante, cet ion va participer à l'élaboration du rendement (Morel, 2002).

### **1.6.3. Minéralisation du phosphore dans le sol**

Le taux de minéralisation du phosphore dans le sol est lié aux propriétés des sols ; en effet il augmente avec la teneur en matière organique, il diminue avec la teneur en phosphore inorganique ( $P_i$ ), une augmentation du pH est fortement corrélée à la diminution de la minéralisation du phosphore (Duguet, 2003)

## **2. Accumulation du phosphore et qualité des eaux**

L'excès du phosphore dans le sol contribue toutefois à la pollution de l'environnement en favorisant l'eutrophisation des eaux de surface, un phénomène caractérisé par la prolifération d'algues et autres végétaux. Les sources de phosphore dans les eaux de surface proviennent de processus naturels comme l'érosion, le ruissellement et l'infiltration, amplifiés ou supplémentés par des activités agricoles, industrielles et municipales (Pellerin, 2003).

Donc, Il faut maintenant mieux contrôler les flux de phosphore dans les systèmes agricoles en reconnaissant les principaux éléments de la dynamique du phosphore dans les systèmes sol-plante et



en obtenant des indices fiables de la capacité réceptrice des milieux. Une grande responsabilité des actions à entreprendre est dévolue aux agronomes (Pellerin, 2003).

### 2.1. Potentiel de dissolution du phosphore

Lorsque la teneur en P disponible s'accroît dans les sols, le niveau de saturation en P est augmenté et les équilibres sol-solution sont affectés. On note alors un accroissement de la solubilité en P des sols. (Giroux *et al.*, 1996).

La concentration maintenue en solution lorsque le sol est à l'équilibre (EPC<sub>0</sub> ; adsorption=désorption) peut se révéler un indice intéressant pour estimer le potentiel d'un sol à laisser migrer le P en profondeur (Beauchemin, 1996). Selon Sharpley *et al.* (1996), les sols possédant des valeurs élevées d'EPC<sub>0</sub> ont une tendance plus grande à désorber le P.

### 2.2. Degré de saturation en phosphore

La saturation des sites de fixation du P dans les sols agricoles est un critère qui est de plus en plus considéré pour déterminer la mobilité, la solubilité et la désorption du phosphore (Beauchemin, 1996).

En Hollande, on s'est appuyé sur la capacité de fixation des sols pour déterminer le degré de saturation en phosphate (DPS) qui a servi à mettre en place un seuil de risque environnemental de perte en P (Breeuwsma *et al.* 1992).

Dans l'approche hollandaise, la notion de saturation des sols en P s'appuie sur le fait que la couche de sol immédiatement au-dessus de la nappe phréatique doit être capable de retenir le P lessivé des horizons supérieurs afin que la concentration critique ne soit pas excédée dans l'eau (Breeuwsma *et Reijerink*, 1992).

### 2.3. Indice de saturation en phosphore

Plus récemment, les études ont aussi porté sur le développement et l'utilisation d'indice de saturation des sols en phosphore. Ces indicateurs introduisent en un seul indice le concept de quantité et de capacité de sols. Les indices de saturation des sols représentent la proportion, en pourcentage, des sites de fixation déjà occupés par le phosphore. L'aluminium et le fer sont les principaux sites de fixation même si les formes de P liés au calcium sont dominantes dans les sols calcaires et neutres (Giroux *et Tran*, 1985).

Par conséquent la valeur critique de saturation en P ne doit pas être dépassée, ce qui impliquerait une contamination des eaux souterraines. En réalité, le seuil agroenvironnemental de 10% est une valeur de référence globale qui est généralement ajustée en fonction des conditions pédologiques notamment la texture (Pellerin, 2003)

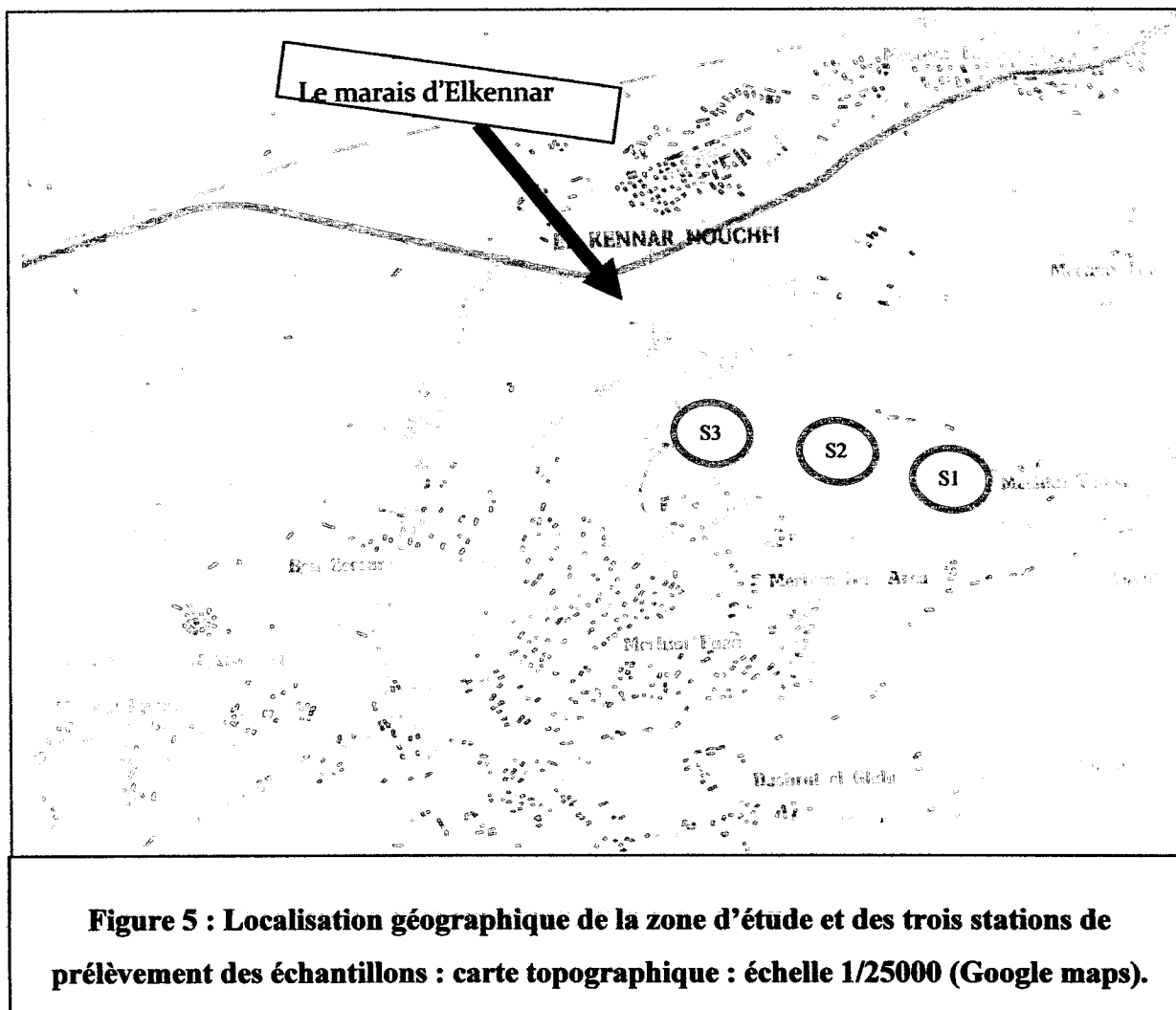
# *Chapitre III :*

## *Matériel et Méthode*

## 1. Présentation du site

### 1.1. Situation géographique

La zone d'étude se situe à une vingtaine de kilomètre à l'est de la ville de Jijel dans la daïra de Chakra au sud du village d'El-Kennar et auquel elle rattachée administrativement. El-Kennar est limité au nord par la mer méditerranéenne, à l'est par la commune de sidi Abdel Aziz, au sud et à l'ouest par la commune de Chakra.



### 1.2. Description du site (marais d'El-Kennar)

La zone étudiée est une zone humide se caractérise par un terrain marécageux entouré de terre cultivé qui porte le nom de Ghedir Béni Hamza. Dans le centre de ce Ghdir au niveau du point le plus bas, l'eau persiste pendant la plus grande partie de l'année. La surface planimétrie du marécage obtenue à partir de la carte topographique de la région (NJ-31-VI-24 Est) est de 50 ha , dont les coordonnées géographiques Lambert sont :

- Longitude : 5°55'00''-6°00'00'' Est.
- Latitude : 36°47'30''-36°50'00'' Nord.
- Altitude: 25-30 m.

### 1.3. géologique

Le marais d'El-Kennar couvre une surface d'environ 36 Ha, présent une configuration topographique assez contraignante, avec une topographie montagneuse constitue 80% de la superficie de la commune, dont les pentes très fortes se localisent dans la partie sud de la zone alors que au nord dominent les pentes faibles et les plus faible. Donc le site présent une disparité nette entre le nord à faible pentes favorables aux actions d'aménagement, la condition qui s'impose est le drainage des eaux qui pourraient stagner au niveau du fond de la plaine (marais).

### 1.4 Hydrologie

A l'Ouest de la zone étudié sont situé des cours d'eau proche du marécage, il s'agit de Oued Nil et son affluent Oued Saayoud. Des Chaabats aussi à écoulement temporaire viennent déverser leurs eaux dans se site. Ce réseau hydrographique, caractérisé par une fréquence élevée de confluences, est marqué par des crues annuelles puissantes qui entraînent, dans la plaine, le dépôt de limons riches en éléments nutritifs. Le site a une grande importance sur le plan hydrologique, car il assure, en période de faible pluviosité, l'alimentation de la nappe aquifère de Djimar. En période de forte pluviosité, il participe à tamponner les crues, notamment par la rétention des eaux excédentaires.

### 1.5 Intérêt écologique du site

#### 1.5.1. La flore :

Le marais d'El-Kennar constitue un habitat remarquable pour une flore et une faune adaptées, contribuant fortement à la biodiversité régionale, le cortège floristique est particulièrement constitué par *Alisma plantago-aquatica*, *Bolboschoenus glaucus*, *Callitriche obtusangula*, *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Nymphaea alba*, *Persicaria amphibia*, *Phragmites australis*, *Potamogeton pectinatu*, *Potentilla reptans*, *Rosa sempervirens*, *Rubus ulmifolius*, *Scirpus holoschoenus*, *Schoenoplectus litoralis*, *Sparganium erectum*, *Tamarix gallica*, *Typha domingensis*, *Vitex agnus-castus*. Une ceinture discontinue de *Scirpoides holoschoenus* et *Juncus acutus* détermine la limite des eaux permanentes. Du côté ouest, le marais est bordé par une zone temporaire, entièrement asséchée en été et transformée alors en espace agricole pour les cultures saisonnières. Cette structuration de la végétation témoigne de la grande diversité des conditions écologiques locales.

### 1.5.2. La faune :

Le marais d'El-Kennar constitue un habitat favorable pour l'accueil des oiseaux d'eau toute la période de l'année. Les hivernants sont représentés principalement par le grand cormoran, la grande aigrette, Canard souchet, le canard pilet, le canard siffleur, le canard chipeau, la sarcelle d'hiver, Fuligule milouin, le petit gravelot, le grand gravelot. Il abrite aussi des estivants non nicheur tel que la Grèbe à cou noir, l'Héron cendré, l'Héron pourpré, Grèbe castagneux, Héron garde bœuf, la Cigogne blanche, Sarcelle d'été.

## 1.6 Etude climatologique

Les données climatiques établies par l'office national de météorologie (O.N.M) situé à l'aéroport d'Achouat pour la station de Jijel, ces données nous révèlent que la région de Jijel est soumise à un climat de type méditerranéen (été chaud et sec, hiver doux et humide).

### 1.6.1. La pluviométrie

La pluviométrie moyenne de wilaya de Jijel est de l'ordre de 1000 mm/ an selon les données, le tableau suivant montre la répartition saisonnière des précipitations :

**Tableau II : Variation saisonnière des précipitations de la wilaya de Jijel (2005-2009)**

| Saison               | Janvier à Mars | Avril à Juin | Juillet à Septembre | Octobr à Décembre | Année   |
|----------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|---------|
| Pluviométrie<br>(mm) | 383.98         | 132.66       | 101.32              | 383.02            | 1000.98 |

On remarque que les événements climatiques particulièrement hydrologiques présentent une grande variabilité d'une période à une autre, où le maximum est observé en automne et en hiver il atteint presque 400 mm au mois de décembre et janvier.

### 1.6.2. La température

Les données concernant les températures sont les suivant : le tableau III résume la répartition mensuelle de la température durant la période 2005-2009 et le graphe représente les variations annuelles. La température moyenne mensuelle est environ 12°C en hiver et 26°C en été. La température moyenne annuelle est d'environ 18°C.

**Tableau III: Répartition mensuelle en moyenne des températures de la wilaya de Jijel 2005-2009**

| Mois                 | Jan  | Fév   | Mar   | Avr   | Mai   | Jui   | Juil  | Aout  | Sept  | Oct  | Nov   | Déc   |
|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Températures<br>(°C) | 11.3 | 11.82 | 12.51 | 16.46 | 20.02 | 23.11 | 26.13 | 26.13 | 23.63 | 20.7 | 15.99 | 12.86 |

## 1.7. Activité agricole

La principale activité de la population riveraine de la région d'étude est liée à l'agriculture, particulièrement les cultures maraîchers sous serre, il est à noter que 82% des exploitations ont une superficie inférieure à 05 ha, comme le montre la photo de la figure 6, où la plasticulture domine le paysage.



**Figure 6 : Agriculture sous serre dans région d'El Kennar**

### 1.7.1 Principaux engrais utilisés dans la wilaya de Jijel

Selon un rapport de la consommation des engrais à Jijel de l'année 2010 fournit par la direction des services agricoles de la wilaya, ce rapport indique les quantités d'engrais vendues aux agriculteurs pour utilisation immédiate, qui sont enregistrées dans le tableau IV.

On constate que les NPK sont les plus utilisés (soit près de 47,23%), les engrais phosphatés particulièrement le TSP constituent près de 18,58% des engrais chimiques appliqués alors que l'urée représente 13.74%.

**Tableau IV : Engrais utilisées au niveau de la wilaya de JIJEL, (DSA 2009-2010)**

| Type de produit                       | Unité | Quantité livrées aux producteurs |
|---------------------------------------|-------|----------------------------------|
| <b>SULFATE DE POTASSE 50%</b>         | Qt    | 196                              |
| <b>N.P.K.12-18-18/11-15-15</b>        | Qt    | 10753                            |
| <b>P.K 0-20-25</b>                    | Qt    | 854                              |
| <b>T S P. SUPER PHOSPHATES 45/46%</b> | Qt    | 250                              |
| <b>TOURBE</b>                         | Sac   | 12905                            |
| <b>UREE</b>                           | Qt    | 8985                             |
| <b>ENGRAIS LIQUIDE</b>                | L     | 1250                             |
| <b>FOLIAIRE</b>                       | L     | 1360                             |

## 2. Protocole expérimental

Comme ç'a été décrit en introduction, notre travail pratique se divise en deux volets, le premier concerne, une enquête de terrain sur les cultures pratiquées dans la zone d'étude, et les quantités d'engrais phosphatés utilisées, et le deuxième se rapporte à un échantillonnage d'un sol cultivé pour l'évaluation de son stocke en phosphore assimilable.

### 2.1. La prise d'échantillons

#### 2.1.1. Echantillonnage (choix des stations)

Le choix des stations d'échantillonnage a été fait, sur un terrain agricole, près du plan d'eau du marais d'El-Kennar, qui présente une certaine dénivellation, la première station se trouve à un point plus élevé, vient ensuite la deuxième station et enfin la troisième près des eaux du marécage voire figure5, ce choix va nous permettre d'expliquer le stocke en phosphore assimilable, en fonction du gradient topographique du terrain. L'échantillonnage a été effectué sur la période de mars à juin, en trois campagnes.

#### 2.1.2. Prélèvement au niveau des stations

Le prélèvement des échantillons de sol est effectué à l'aide de la tarière, sur une profondeur de 25cm (terre arable), ils sont collectés au laboratoire dans des sacs en plastique étiquetés.

## **2.2. La préparation de l'échantillon**

La préparation de l'échantillon est nécessaire pour le rendre représentatif à l'analyse, elle comprend :

- L'émiettement des mottes manuellement.
- Le séchage des échantillons de sol à l'air à température ambiante et à l'abri de la lumière directe du soleil dans une durée de temps de 7 jours.
- La réduction des agrégats dans un mortier en porcelaine, à l'aide d'un pilon avec un mouvement circulaire tout en exerçant une pression modérée.
- Le tamisage de la terre brute s'effectue directement sur le tamis de 2mm, le tamisât obtenu est placé dans des boites en cartons.

## **2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques**

### **2.3.1. La granulométrie**

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments  $\leq 2\text{mm}$ ), la méthode utilisée est la méthode internationale à la pipette de Robinson améliorée par (AFNOR, 1998), elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats selon le diamètre.

La méthode consiste à une destruction de la matière organique par attaque à l'eau oxygénée et une dispersion des colloïdes par l'adjonction d'un agent défloculant : l'hexamétophosphate. Les fractions fines, limons et argiles sont séparées par sédimentation on effectuant des prélèvements à des profondeurs et à des moments déterminés (application de la loi de Stokes, loi de sédimentation des particules dans un liquide. Les fractions grossières, sables grossiers et fins sont séparées par tamisage.

### **2.3.2. Le pH**

La détermination du pH du sol se fait à l'aide du pH-mètre, en mesurant la force électromotrice apparait entre deux électrodes (électrode de mesure et électrode de référence) plongées dans une suspension de sol et l'eau distillée dans un rapport de 1g/2,5ml après agitation pendant deux minutes et repos deux heures, la valeur du pH est lue sur l'écran digital du pH mètre.

### **2.3.3. La matière organique**

La matière organique est déterminée par calcination (dosage de la matière par le carbone), on réalisant la méthode de Walkley-Black (1934) proposé par (Mathiau et Francois, 2003), qui se base sur l'oxydation du carbone par le bichromate de potassium en milieu acide.



Le procédé consiste à introduire 1g de sol dans un erlenmeyer de 500ml et ajouter 10ml de la solution de bichromate  $K_2Cr_2O_7$  et 20 ml de l'acide sulfurique  $H_2SO_4$ . La suspension est agitée 1minute et laissée en repos 15 minutes. Par la suite on ajoute 200ml de l'eau distillée, 10ml de l'acide phosphorique  $H_3PO_4$  et 1ml de l'indicateur de diphenylamine. On réalise un témoin dans les mêmes conditions sans échantillon de sol.

A la fin on effectue la titration avec la solution de  $FeSO_4$  jusqu'à l'apparence de la couleur verte. Et on calcule le pourcentage de la matière organique par l'équation suivante :

$$MO\% = 4 \times 1,725 (a-b) / a$$

Où : a= volume en ml de la solution de  $FeSO_4$

b= volume en ml de la solution de  $FeSO_4$  ajouté au sol

#### 2.3.4. La capacité d'échange cationique

La mesure de capacité d'échange cationique est effectuée par la méthode décrite par la norme française (AFNOR, 1998), elle est basée sur le déplacement des cations du sol par l'oxalate d'ammonium puis la titration ; par l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  ; elle est caractérisée par un point de virage au niveau de chaque volume de  $H_2SO_4$  titre fait apparaître une couleur verte.

La figure 7 ci dessous montre l'installation qui nous a permis de réaliser la CEC :Un ballon placé dans un chauffe-ballon, contient un mélange de 10ml de la solution du sol, 10ml de la solution du NaOH, 190ml d'eau distillée et quelques gouttes de la solution du phénol phtaléine et un tube-réfrigérant remet le contenu du ballon vers un bécher qui contient le réactif de couleur violette qui se vire en couleur verte après titration par  $H_2SO_4$  retourne à la couleur violette.



Figure 7 : installation pour la réalisation du CEC

La formule suivante est appliquée pour le calcul de la capacité d'échange cationique :

$$T = \frac{(V_2 - V_1) \times C \times 50 \times 200}{m \times V}$$

Où :  $V_2$  : 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 du sol  
 $V$  : prise d'essai = 10ml de la solution du sol



### 2.3.5 Le dosage du phosphore assimilable

Il existe de nombreuses méthodes pour déterminer la quantité du phosphore assimilable, la fraction disponible et absorbée pour les cultures. Dans notre étude on a utilisé la méthode Joret-Hebert pour déterminer cette fraction et établir les recommandations de fertilisation.

#### 2.3.5.1. Principe

Le sol est agité à froid dans une solution aqueuse d'oxalate d'ammonium à  $pH=7$ , à la température de  $20^\circ C$  et sous agitation bien définie dans un rapport déterminée prise d'essai/solution. Le respect du  $pH$  conduit à une variation de la quantité dissoute du phosphore. Le dosage se fait par spectrophotométrie à 825 nm du complexe phosphomolybdique réduit par l'acide ascorbique en milieu sulfurique à chaud.

#### 2.3.5.2 Appareillage spectrophotomètre moléculaire

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. Plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalités énoncées par la loi de Beer-Lambert. La densité optique des solutions est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique à étudier. Lorsqu'une lumière d'intensité  $I_0$  passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le(s) soluté(s). L'intensité  $I$  de la lumière transmise est donc inférieure à  $I_0$ .

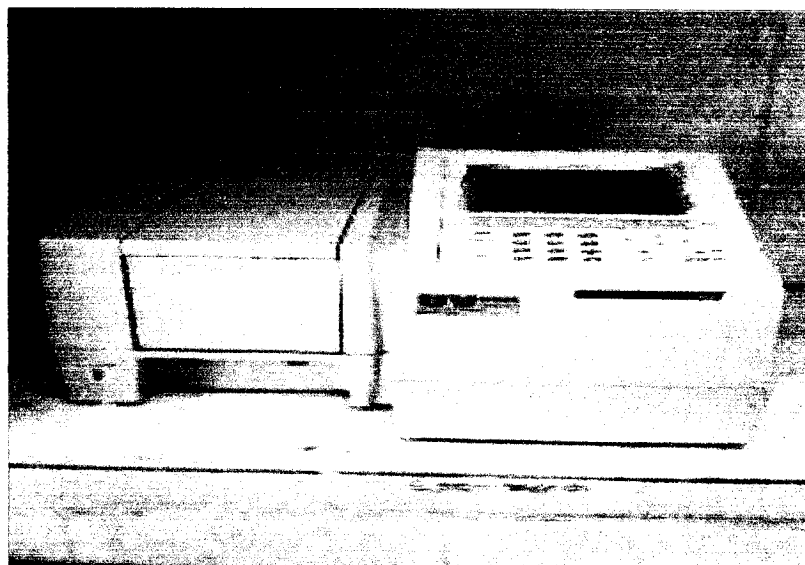
On définit l'absorbance de la solution comme :

$$A = \log \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

L'absorbance est une valeur positive, sans unité. Elle est d'autant plus grande que l'intensité transmise est faible.

### 2.3.5.3 Mode de fonctionnement

Un spectrophotomètre (**figure 7**) mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée. Un dispositif monochromateur permet de générer, à partir d'une source de lumière visible ou ultraviolette, une lumière monochromatique, dont la longueur d'onde est choisie par l'utilisateur. La lumière monochromatique incidente d'intensité  $I_0$  traverse alors une cuve contenant la solution étudiée, et l'appareil mesure l'intensité  $I$  de la lumière transmise. La valeur affichée par le spectrophotomètre est l'absorbance à la longueur d'onde étudiée. Le spectrophotomètre peut être utilisé pour mesurer de manière instantanée une absorbance à une longueur d'onde donnée, ou pour produire un spectre d'absorbance (spectrophotomètre à balayage). Dans ce dernier cas, le dispositif monochromateur décrit en un temps court l'ensemble des longueurs d'onde comprises entre deux valeurs choisies par l'opérateur.



**La figure 7: le spectrophotomètre d'absorption moléculaire  
(Laboratoire de biologie, université de Jijel)**

#### 2.3.5.4 Détermination de la courbe d'étalonnage

Connaissant le spectre d'absorption d'une espèce chimique, on peut mesurer, à l'une de ses longueurs d'onde  $\lambda_{max}$  (là où l'absorption est maximale) les variations de l'intensité  $I$  d'un faisceau lumineux traversant une même épaisseur  $l$  de solutions de concentrations diverses. Ceci permet d'établir expérimentalement la courbe  $A = f(c)$  reliant l'absorbance et la concentration de la substance étudiée (avec  $l = 1\text{cm}$ ), en effectuant les mesures de  $A$  pour diverses concentrations. Cette courbe est une courbe d'étalonnage.

La courbe expérimentale d'étalonnage permet ensuite de déterminer la concentration inconnue d'une solution de cette substance par simple mesure de son absorbance et report sur le graphe  $A = f(c)$ .

*Chapitre VI :*

*Résultats et discussion*

## 1. Résultats

### 1.1. Résultats de l'enquête de terrain

Au niveau de la région El-Kennar l'activité agricole est orienté essentiellement vers la pratique des cultures maraîchères en plein champ et sous serre (figure6), le tableau V, montre les différents types des cultures maraîchères cultivées au sein de la commune d'El-Kannar.

**Tableau V: Principales cultures pratiquées dans la région d'étude avec les apports d'engrais phosphatés**

| <b>culture</b>      | <b>Superficie total Ha</b> | <b>Besoins en engrais phosphaté ( kg/ha)</b> | <b>Apport théorique en engrais phosphaté (kg/ha)</b> | <b>Apport pratique en engrais phosphaté (kg/ha)</b> |
|---------------------|----------------------------|--|--|---|
| <b>Tomate</b>       | 7                          | 200- 250                                     | 1400   | 1372  |
| <b>Piments</b>      | 45                         | 150  | 6750   | 8820  |
| <b>Poivrons</b>     | 51                         | 150  | 7650   | 9996  |
| <b>Concombre</b>    | 4                          | 80   | 320  | 784   |
| <b>Haricot-vert</b> | 23                         | 40   | 920  | 4508  |
| <b>Courgettes</b>   | 14                         | 80   | 1120   | 2744  |
| <b>Aubergines</b>   | 11                         | 50 - 80                                      | 550  | 2156  |
| <b>Choux-fleurs</b> | 3                          | 70 -90                                       | 210  | 588   |
| <b>Choux-vert</b>   | 3.62                       |  | 253.4  | 686   |
| <b>Total</b>        | 162                        | /  | 19173  | 31752   |

Ce tableau nous montre, la superficie de chaque culture, ses besoins en engrais phosphaté, la quantité qu'il faut apporter théoriquement, et les quantités apportées pratiquement calculée sur la base d'une moyenne de wilaya, obtenu suite à notre enquête réalisée auprès des services agricoles de la wilaya, les chiffres enregistrés nous révèlent la présence d'un abus d'utilisation des engrais phosphatés, car les apports pratiques (31752kg/ha) dépassent largement les apports théoriquement recommandés (19173 kg/ha). Ce constat nous amène à dire que la pollution par le phosphore est sans doute présente dans le site étudié avec toutes ses conséquences écologiques décrites dans la partie bibliographique. Afin de mettre la pertinence de tel phénomène, on a procédé aux analyses physico-chimiques suivantes:

## 1.2. Résultats du travail de laboratoire

### 1.2.1. L'analyse granulométrique

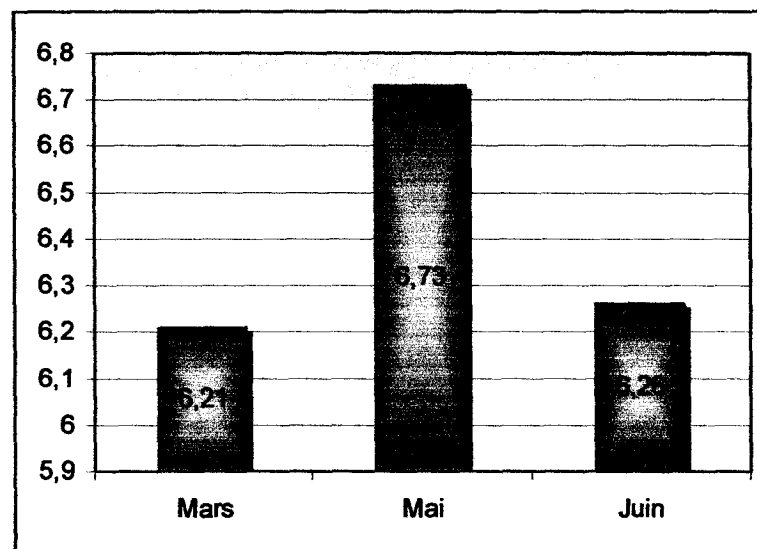
L'analyse granulométrique des échantillons des trois stations montre que la texture du sol étudié est limono-sableuse (57% Sable, 24% limon, 19% argile) avec une légère hétérogénéité (Voir ANNEXE III).

### 1.2.2. Le pH :

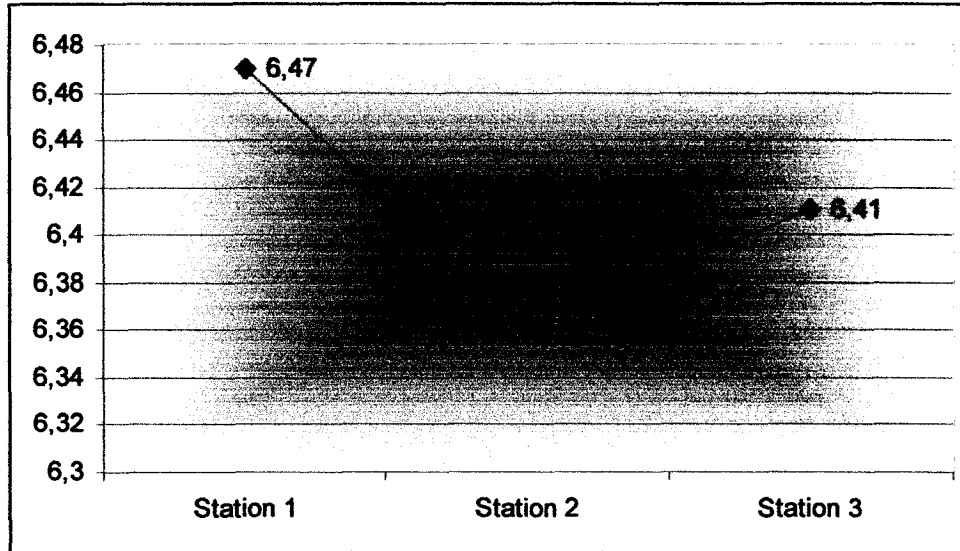
Le pH contrôle la mobilité des ions dans le sol, il résulte d'un équilibre entre les ions libérés dans la solution du sol et ceux qui sont fixés par les colloïdes. Les résultats de l'analyse du pH des sols de la zone étudiée (El kennar) sont représentés dans le **tableau VI**, et sous forme de graphique dans les **figures (8 et 9)**. On constate que le pH est plus au moins acide avec une valeur minimale de 6.04 et une valeur maximale de 6.79.

**Tableau VI : Evolution des valeurs du pH des sols des trois stations étudiées**

| Compagnes de prélèvement | Station 1 | Station 2 | Station 3 | moyenne |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 20/03/2011               | 6.05      | 6.72      | 6.66      | 6.21    |
| 09/05/2011               | 6.76      | 6.68      | 6.04      | 6.73    |
| 08/06/2011               | 6.37      | 6.79      | 6.08      | 6.26    |
| Moyenne                  | 6.47      | 6.36      |           |         |



**Figure 8 : Variation temporelle des valeurs moyennes du pH des sols des trois stations étudiées**



**Figure 9: Variation spatiale des valeurs moyennes du pH**

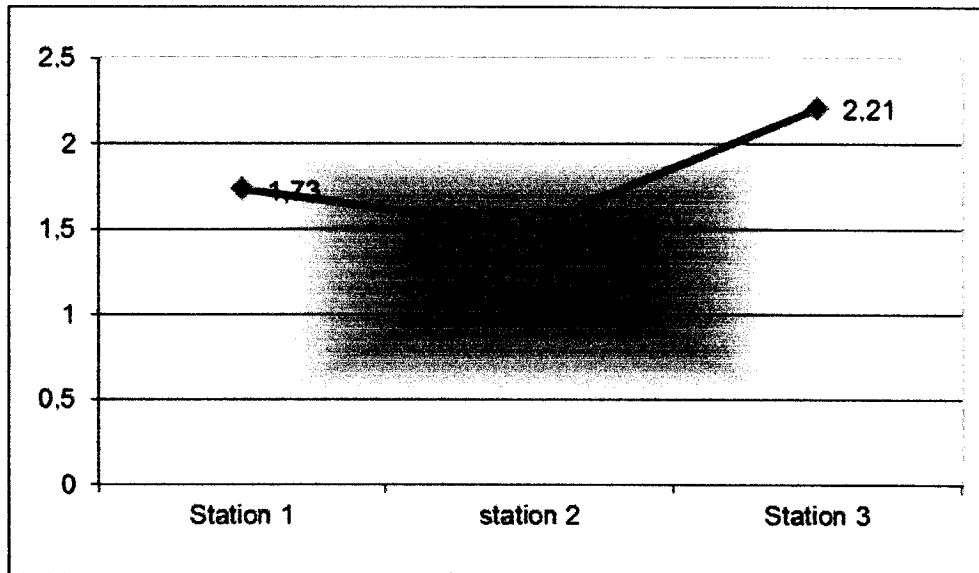
Les valeurs du pH révèlent l'existence d'une variabilité entre les différentes stations, aussi bien dans le temps que dans l'espace.

### 1.2.3. Matière organique (M.O)

La connaissance de la teneur de M.O. dans le sol renseigne sur la potentialité fertilisante de ce sol. Pour **Singh et al (1997)** la matière organique joue un rôle important dans la mobilité des ions du sol. Selon **Schaefer (1975)**, les taux moyens obtenus qui sont de l'ordre de **1,96%**, nous permettent de ranger notre sol dans la classe des sols à teneur en m.o. moyen. Ces taux sont mentionnés sous forme de graphiques (**figure 10 et 11**).

L'estimation de teneur matière organique au niveau des trois stations, révèle l'existence d'une variabilité importante d'une station à l'autre dans le temps et dans l'espace. Le sol étudié présente des valeurs comprises entre (0,16% et 3,59%). De son côté **Duthil (1970)**, affirme que le taux de matière organique est normal lorsqu'il est de 2 à 4%. La variation temporelle (inter-campagnes d'échantillonnage) n'a pas une grande importance, car l'intervalle de temps est faible pour parler d'une évolution positive ou négative de m.o. dans le sol étudié. Par ailleurs; la valeur moyenne des trois campagnes pour chaque station, nous permet d'illustrer la variabilité spatiale (inter-station), cette variabilité nous renseigne sur le degré d'homogénéité de répartition de la m.o. dans notre sol, elle est enregistrée sur le graphique de la **figure 11**. On remarque qu'il y'a une faible différence entre les trois stations, et donc notre sol présente une teneur en m.o. plus ou moins homogène.





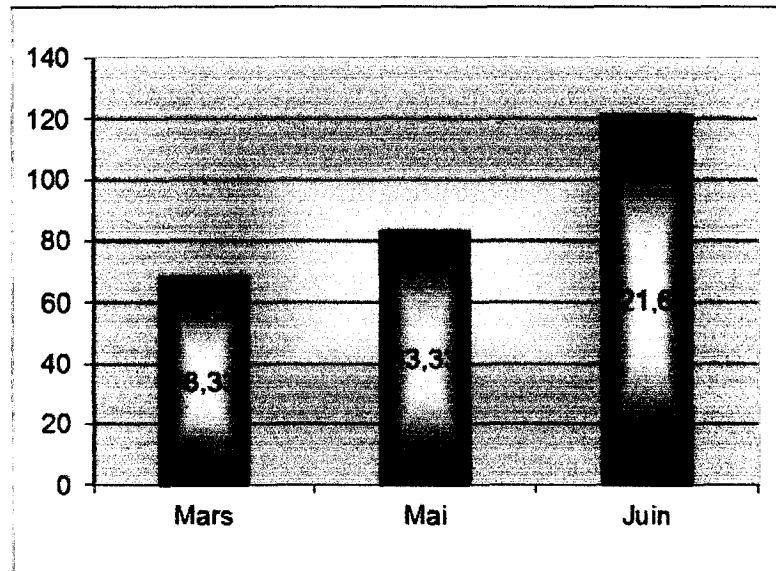
**Figure11 : Variation spatiale des teneurs moyennes de la matière organique des stations étudiées.**

**1.2.4. La capacité d'échange cationique :**

Les valeurs de la CEC des sols d'El-Kannar mesurées sont portées dans le **tableau VII**. L'estimation de la valeur de la CEC révèle l'existence d'une variabilité légère d'une station à l'autre dans le temps et dans l'espace.

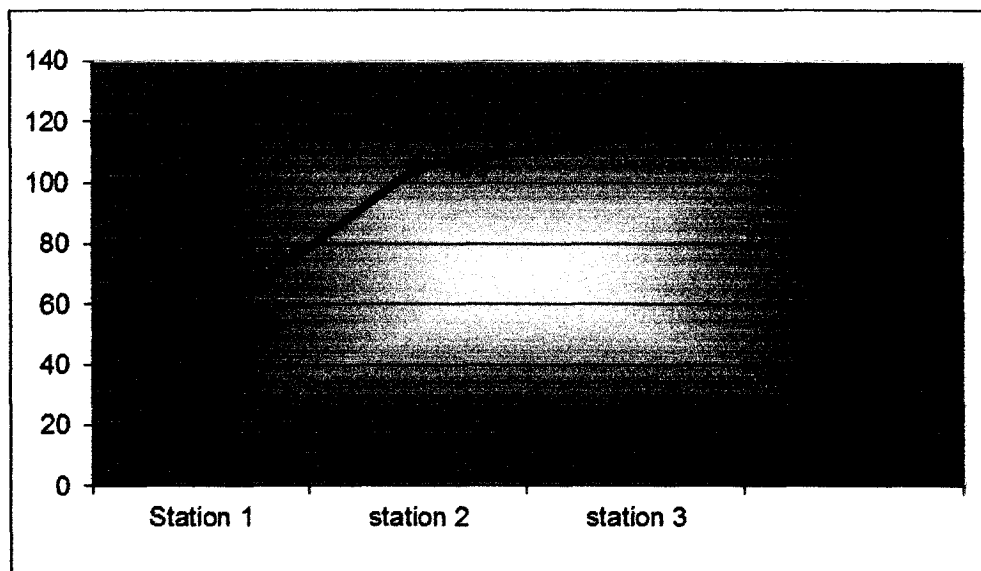
**Tableau VII: Evolution des valeurs de la CEC dans les sols des trois stations étudiées**

| Compagnes de prélèvement | Station 1 | Station 2 | Station 3 | Moyenne |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 20/03/2011               | 15        | 100       | 90        | 68.33   |
| 09/05/2011               | 20        | 105       | 125       | 83.3    |
| 08/06/2011               | 125       | 110       | 130       | 121.66  |
| Moyenne                  | 53.3      | 105       | 115       |         |



**Figure12 : Variation temporelle des valeurs moyennes de la CEC dans les sols des trois stations étudiées.**

D'après les normes d'interprétation de la CEC (voire annexe III), nous constatons que les valeurs de la CEC de tout échantillon analysé sont moyenne à l' exception de la station 1 durant la 1<sup>ère</sup> campagne (15 meq/100g ) et la 2<sup>ème</sup> campagne(20meq/100g) est très faible.



**Figure 13 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la CEC**

### 1.2.5. Le dosage du phosphore assimilable :

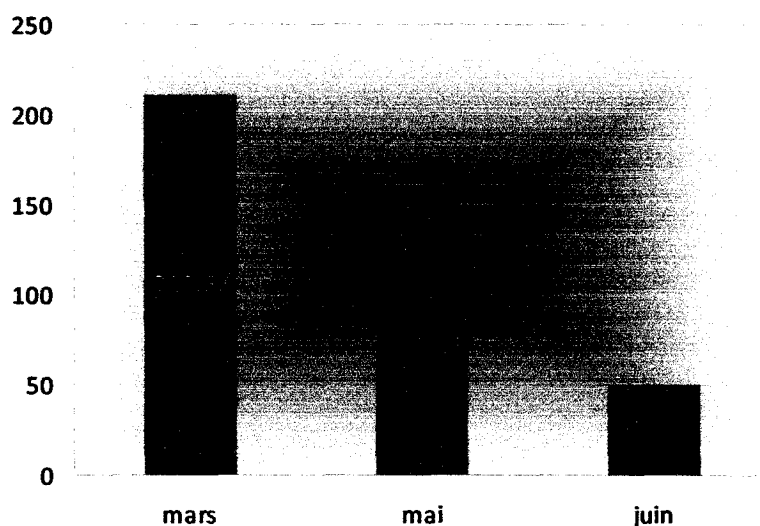
Le phosphore assimilable ou biodisponible est l'ensemble du phosphore d'un système sol-solution, cette quantité de phosphore est très variable dans le temps, la détermination du phosphore total d'un sol n'a pas d'intérêt agronomique, car seul une fraction est assimilable par la plante.

Les résultats de dosage du P assimilable au cours de notre travail pratique sont reportés dans le **tableau VIII**. Elle admette un maximum de 248.25  $\mu\text{g/g}$  en station 3 au mois de Mars et un minimum de 37.5 $\mu\text{g/g}$  en station 1 au mois de Mai.

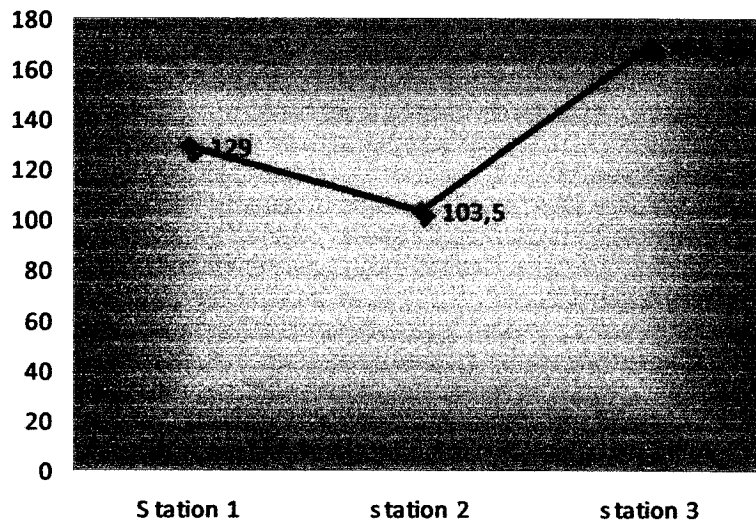
**Tableau VIII : Evolution des valeurs de phosphore assimilable des stations utidiés**

| Compagnes de prélèvement | Station 1 ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) | Station 2 ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) | Station 3 ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) | moyenne |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| 20/03/2011               | 209.25                             | 174.25                             | 248.5                              | 210.66  |
| 09/05/2011               | 140.25                             | 89                                 | 194.25                             | 141.16  |
| 08/06/2011               | 37.5                               | 47.25                              | 66.75                              | 50.5    |
| Moyenne                  | 129                                | 103.5                              | 169.83                             |         |

La représentation graphique, des teneurs en phosphore assimilable présente une variation aussi bien dans le temps (**figure 14**) que dans l'espace (**figure 15**).



**Figure 14 : Variation temporelle de la teneur en phosphore assimilable**



**Figure 15 : Variation spatiale de la teneur en phosphore assimilable**

## 2. Discussion

Les résultats de notre enquête concluent qu'il y'a une forte utilisation des engrais phosphatés par rapport aux besoins des cultures pratiquées dans la zone d'étude ce qui nous a donné incité à continuer notre expertise.

La variabilité temporelle du phosphore assimilable est expliquée par deux facteurs: Le stade végétatif, en mois de Mars on trouve la valeur la plus élevée du phosphore car dans cette période la végétation n'exige pas de grandes quantités en P (premiers stades de végétation), en mois de Mai la teneur en P diminue en raison de l'absorption par les cultures, Les anions du phosphore qui n'entrent pas en contact avec les racines ne seront plus absorbés et vont réagir avec des cations tels que le fer et l'aluminium en sol acide pour former des minéraux qui sont peu solubles et donc moins disponibles pour les plantes, ces réactions sont sans doute à l'origine de la très faible mobilité du phosphore et son accumulation dans le sol, il atteint une valeur minimale de 50.5 µg/g au mois de juin.

D'un autre coté, la texture est un facteur édaphique important, elle joue un rôle déterminant dans la fertilité du sol, et la circulation de l'eau. L'étude granulométrique réalisée sur les trois stations montre que la texture du sol étudié est limono-sableuse. Avec ce type de texture notre sol est léger, présente une faible rétention de l'eau, donc il est facilement lessivable, par les eaux de pluie et d'irrigation. Tenons compte de cette texture et du plan d'échantillonnage (répartition des stations); nous pouvons donner une autre explication à la variabilité des teneurs en phosphore

assimilable; du côté spatiale (inter-stations), cette variabilité est en relation avec le gradient topographique du terrain, la circulation des eaux se fait dans le sens station (S1) la plus élevée vers la station (S3) le facteur pente joue un rôle important. Du côté temporelle (inter-campagne), le lessivage et le transport par ruissellement, sont liés aux périodes pluvieuses (mars, mai et juin), plus il y'a de la pluie plus les teneurs dans la solution du sol sont importantes, et sont transportés par les eaux de ruissellement

Pour le pH, il est plus au moins acide avec une valeur minimale de 6.04 et une valeur maximale de 6.79. Cette acidité est sans doute liée à l'hydromorphie, et l'activité biologique du sol, car le pH est abaissé par les acides organiques libres produits par la biodégradation microbienne des débris végétaux et animaux, la présence de CO<sub>2</sub> peut contribuer aussi à la diminution des valeurs de pH, ces valeurs de pH contribuent à la disponibilité du phosphore assimilable dans la solution du sol. Selon **Zheng *et al*, 2001**, La biodisponibilité du P dans le sol dépend du pH du sol, La plus forte solubilité du P dans les sols organique se situe entre les pH 6,2 et 7,0. La solubilité du P est aussi liée avec la capacité d'échange cationique du sol, elle augmente avec la diminution des cations échangeables (mois de mars).

# *Conclusion*

## Conclusion

La présence des quantités importantes de phosphore dans la solution du sol indique un excès en engrais phosphatés (surfertilisation en phosphore). Sharpley et al (1996) ont démontré qu'une richesse et une solubilité excessive en P peuvent entraîner davantage de perte de phosphore vers les eaux de surfaces. Donc le P peu retenu par le sol comporte un risque environnemental surtout lorsque associé à un processus de transport (érosion, ruissellement, infiltration). En effet ; la disponibilité du phosphore est sujette à plusieurs processus physicochimiques comme la précipitation, l'adsorption et la réorganisation microbienne. A cet effet, la protection de l'environnement passe de plus en plus par des apports mieux contrôlés de nutriments susceptibles de se trouver dans l'environnement, également dans un contexte de maintien de la qualité des sols et de l'eau et de la prévention de la surfertilisation. Il importe aussi d'être en mesure de disposer de méthodes ou d'indicateurs adaptés qui permettront l'établissement et/ou le respect des normes ou de seuils relatifs à la disponibilité de nutriments apportés.

Notre travail réalisé sur un sol agricole de la région d'Elkennar, nous a permis de mettre en évidence la surfertilisation pratiquée dans la région, d'abord les résultats de l'enquête réalisée sur terrain sont concluants. Ce constat est confirmé par un travail de laboratoire, dont les résultats montrent un stock important en phosphore assimilable des différentes stations étudiées. Le transport de ce phosphore vers les eaux du marais d'Elkennar, constitue sans doute une véritable menace sur le fonctionnement de cet écosystème aquatique unique dans la région, où on constate déjà les signes d'une eutrophisation du plan d'eau. Cet état des lieux nous permis de déduire qu'un meilleur diagnostic de la variabilité spatiale du Phosphore dans les champs cultivés et de meilleures technologies d'application des engrais sont requises pour ; d'une part une bonne préservation de l'environnement, et une bonne économie d'argent ; d'autre part une productivité optimale des sols pour un développement durable.

## Liste bibliographiques :

1. **Afnor, 1998** .Qualité des sols, Afnor Ed, vol 1, 565 p.
2. **Ainsworth C.C., Sumner M.E., Hurst V.J., 1985**. Effect of aluminium substitution in goethite on phosphorus adsorption: In: Adsorption and isotopic exchange, Soil Sci,vol 49, pp1142- 1149.
3. **Bache B.W., Ireland C., 1980**. Desorption of phosphate from soils using anion exchange resins, J. Soil Sci., vol31, pp297-306.
4. **Balesdent, J., 1996**.Un point sur l'évolution du déficit en matière organique des sols français en France, étude et gestion des sols, vol3, pp245-260.
5. **Bastet G., 1999**.Estimation des propriétés de rétention en eau à l'aide de fonction de pédotransfert : développement de nouvelles approches. Thèse université d'Orléans, 123p.
6. **Beauchemin S., 1996**.Evaluation du risque de lessivage du phosphore dans les sols agricoles, [en ligne], thèse de doctorat, institut national de recherche scientifique INRS-eau,université de Québec, 146p, disponibles sur : [[www.craaq.qc.ca](http://www.craaq.qc.ca)], consulter le 15/04/2011.
7. **Boiffin J.,Guérif J.,Stengel P.,1990**.Les processus d'évolution de l'état structural du sol.In«la structure du sol et son évolution », Les colloques INRA vol53,Versailles, pp37-70.
8. **Boulaine J., 1989**. Histoire des pédologues et de la science des sols. Institut national de la recherche agronomique, Paris.
9. **Breeuwsmâ A. et Reijerink. J. G. A., 1992**. Phosphate-saturated soils: a new environmental issue proceeding of the European state of art conference dayled effects of chemicals on soils and sediments, published by the Foundation for Ecodevelopment, The Netherlands, pp79-85.
10. **Calvet R., 1989**. Adsorption of organic chemicals in soils. Environ. Health Perss., vol 83, pp 145-177.
11. **Calvet R., 2003**.Sol:proprieties et fonction, édition France agricole, Paris, 456p.
12. **Duchafour P., 1995**.pédologie, Masson,Paris.
13. **Duchaufour P., 2001**.Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement, 6<sup>ème</sup> édition de l'abrégé de pédologie, dunod, Paris, 450p.
14. **Duguet, F.,2003**.Minéralisation de l'azote et du phosphore dans les sols organiques [en ligne], thèse de doctorat en sciences de l'agriculture et de l'alimentation, université



- Laval, Québec, Canada, 95p .Disponible sur [ [www.collectionscanada.gc.ca](http://www.collectionscanada.gc.ca)], consulter le 12/04/2011.
15. **Duthil J., 1970.**Eléments d'écologie et agronomie,tome I,Ed Ballière et fils, pp 301-306.
  16. **Fardeau J.C., 1993.**Le phosphore assimilable des sols, Masson, Paris.
  17. **Fardeau J.C. et Conesa A.P., 1994.** Le phosphore. In: Bonneau et Souchier, Pédologie, vol 2. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, pp557-568.
  18. **Filippelli G.M., 2002.** The Global Phosphorus Cycle. Chapitre 10. In: Reviews in mineralogy and geochemistry: Phosphates; geochemical, geobiological and materials importance (Kohn, M.J., Rakovan, J. et Hughes J. eds). Mineralogical Society of America, Ribbe, P.H Series Editor, Geochemical Society, Rosso, J.J Series Editor, vol 48, pp392-425.
  19. **Giroux M. et Tran, T.S.,1985.** Évaluation du phosphore assimilable des sols acides avec différentes méthodes d'extraction en relation avec le rendement de l'avoine et les propriétés des sols. *Cari. J. Soil Sci.* Vol 65, pp47-60.
  20. **Giroux M., Carrier O., Beudel P., 1996.** Problématiques et méthode de gestion des charges de phosphore appliqué aux sols agricoles en provenance des engrais de ferme. *Agrosol*, vol 9, pp 36-45.
  21. **Harisson A. F., 1987.** Soil organic phosphorus, A review of world literature, CAB International, Wallingford UK.
  22. **Herbillon A.J., 1994.** Oxydes de fer, gibbsite, oxydes de manganèse et minéraux allophaniques. Chap.2. pp17-45. In: Pédologie, Tome 2, Bonneau et Souchier ,Eds Masson, Paris.
  23. **Hingston F.J., 1981.** A review on anion adsorption. p. 51-90. In: M.A. Anderson and A.J. Rubin (eds.) Adsorption of inorganics at solid-liquid interfaces. Ann Arbor Sci. Publ., Ann Arbor, MI.
  24. **Jamagne,M., 1967.** Bases et techniques d'une cartographie des sols. Ann; Agron, Paris.
  25. **Khiari L., Parent L.E., Pellerin A., Alimi A.R.A., Tremblay C, Simard R.R, et Fortin J., 2000.** An agri-environmental phosphorus saturation index for acid coarse-textured soils. *J. Environ Qual*, Vol 29, pp1561-1567.
  26. **Lemanceau P. et Heulin T., 1998.** La rhizosphère.In : Sol : interface fragile.Paris,Inra ,pp 93-106.
  27. **Marschener H., 1995.** Mineral nutrition in higher plants. Academic Press, London.

28. **Mathiau C. et Pielletin F., 2003.** Analyse chimique des sols, éditions TEC et DEC, Paris, 387p.
29. **Michaud A.R., 2004.** Indicateurs agroenvironnementaux adaptés à la gestion de projet ciblés sur la prévention de la pollution diffuse par le phosphore [en ligne], thèse en science de l'agriculture et l'alimentation, université Laval, 151p, disponible sur : [[www.craaq.qc.ca](http://www.craaq.qc.ca)] consulter le 12/04/2011
30. **Monnier G. et Stengel P., 1982.** Structure et état physique du sol, Techniques agricoles, pp1140 - 1141.
31. **Morel, C. 2002.** Caractérisation de la phytodisponibilité du phosphore du sol par la modélisation du transfert des ions phosphates entre le sol et la solution. mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Institut polytechniques de Lorraine, 80p.
32. **Musy A et Soutter M., 1991.** physique du sol, Press phytotechniques et universitaires, Rommandes, Lausanne.
33. **NFU 42-001 ,décembre 1981.** Engrais, Dénominations et spécifications, [en ligne] complétée par ses modificatifs n° 1 (mai 1989) et n° 2 (juin 1992) ainsi que par ses additifs 1 (février 1991), 2 (mai 1984), 4 (mars 1987), 5 (juillet 1991) et 6 (juillet 1991). Disponible sur : [[www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)], consulter le 02/06/2011.
34. **Nelson, L.A. Voss, R.D. Presek, J. 1985.** Agronomic and statistical evolution of fertilizer respons, pp53-90.
35. **Ozanne P.G., Shawt T.C., 1967.** Phosphate sorption by soils as a measure of the phosphate requirement for pasture growth. Aust. J. Agric. Res, vol 18, pp601-612.
36. **Pellerin, A. 2003.** Thèse de doctorat (en cours). Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec
38. **Pote D. H., Daniel T. C., Sharpley A. N., Moore P. A., Edwards J. D. R, a Nichols D. J., 1996.** Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. Soil Sci. Soc. Am. J, vol 60, pp 855-859.
39. **Ramade F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience, Paris.
40. **Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience International, Paris, 785p.
41. **Ramade F., 2003.** Elements d'écologie fondamentale, 3<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris, 688p.

42. **Robert M., 1996.** Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, 241 p.
43. **Roussel O., Bourmeau E. et Walter C., 2001.** Evolution du déficit en matière organique des sols français et besoins en amendements. Edition France agricole, Paris, vol 8, pp 65-81.
44. **Ryden J.C., McLaughlin J.R., Syers J.K., 1977.** Mechanisms of phosphate sorption by soils and hydrous ferric oxide gel. J. Soil Sci., vol28, pp72-92.
45. **Sharpley A., Daniel T.C., Sims J.T. et Pote D.H., 1996.** Determining environmental soil phosphorus levels. J. Soil and Water Conservation vol 51 (2), pp 160-166.
46. **Schvart C., Muller J.C., Decroux J., 2005.** guide de fertilisation raisonnée : grandes cultures et prairies. Edition France agricole, Paris.
47. **Schwertmann U., Cambier P., Murad E., 1985.** Properties of goethites of varying crystallinity. Clays Clay Miner, vol 33, pp369-378.
48. **Singh S., Ram M., Ram D., Sharma S. et Singh V., 1997.** Water requirement and productivity of palmarosa on sandy loam soil under a sub-tropical climate. Agricultural Water Management, Vol. 35, pp 1-10.
49. **Soltner D., 2005.** Les bases de la production végétale : le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles, tom I, 24 édition, Paris, 472p.
50. **Sposito G., 1989.** The chemistry of soils. 1st ed Oxford: Oxford University Press, New York.
51. **Stengel P., 1990.** Caractérisation de l'état structural du sol, objectifs et méthodes, In la structure du sol et son évolution, les colloques INRA, vol 53, INRA, Paris.
52. **Tessier D., Pedro G. et Camara L., 1980.** Sur le comportement hydrique et l'évolution de l'organisation des argiles (kaolinites et smectites) au cours de la dessiccation et de la réhumectation, C R Acad Sci, Paris, 290 p.
53. **Van der Zee S.E.A.T.M., Fokkink L.G.J et W. H. van Riemsdijk. 1987.** A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. Soil Sci. Soc Am. J, vol51, pp 599-604.

**Site web:**

**[www.google.com](http://www.google.com)**

# ANNEXES

# ANNEXE I

## Synthèse bibliographique

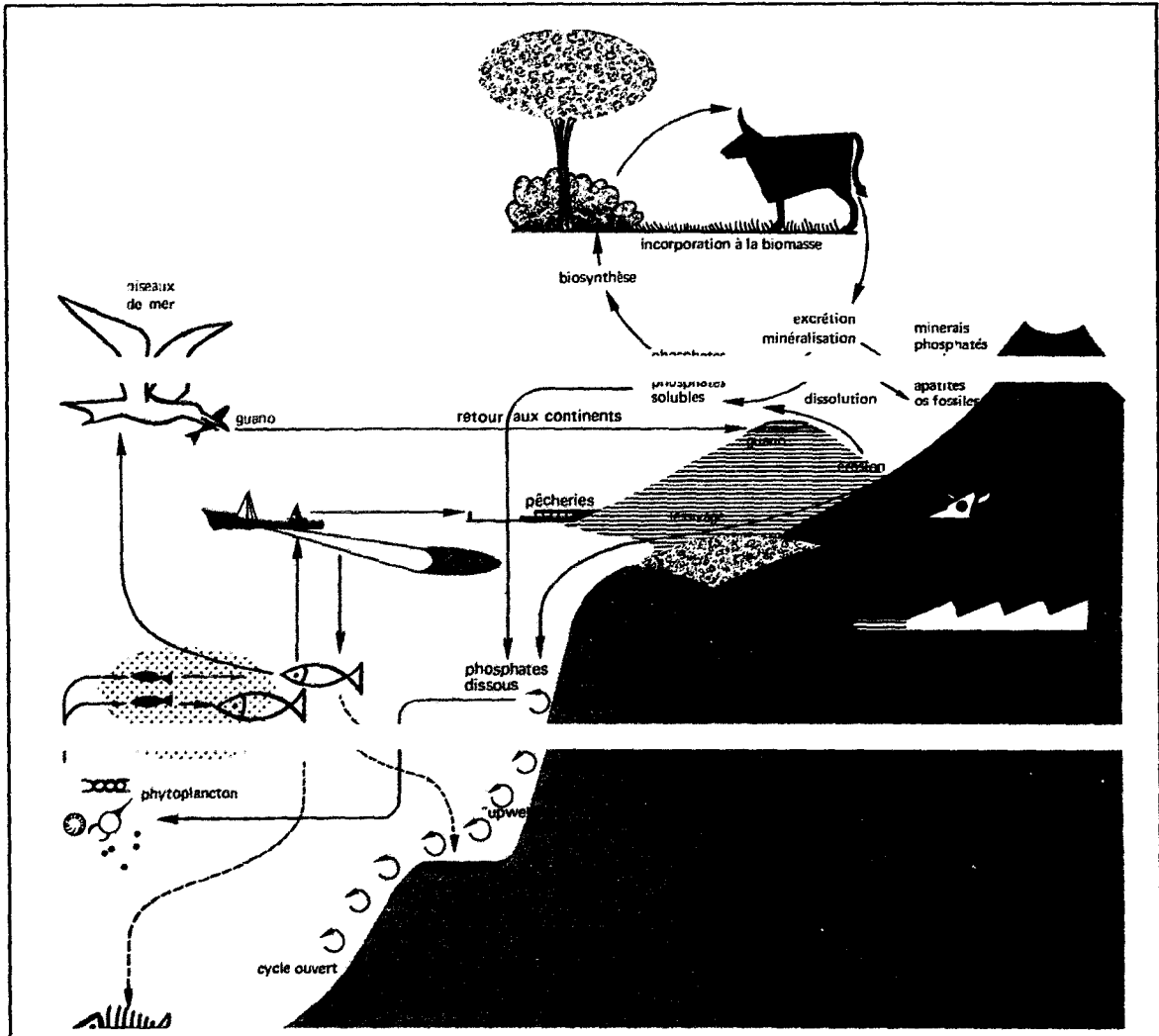
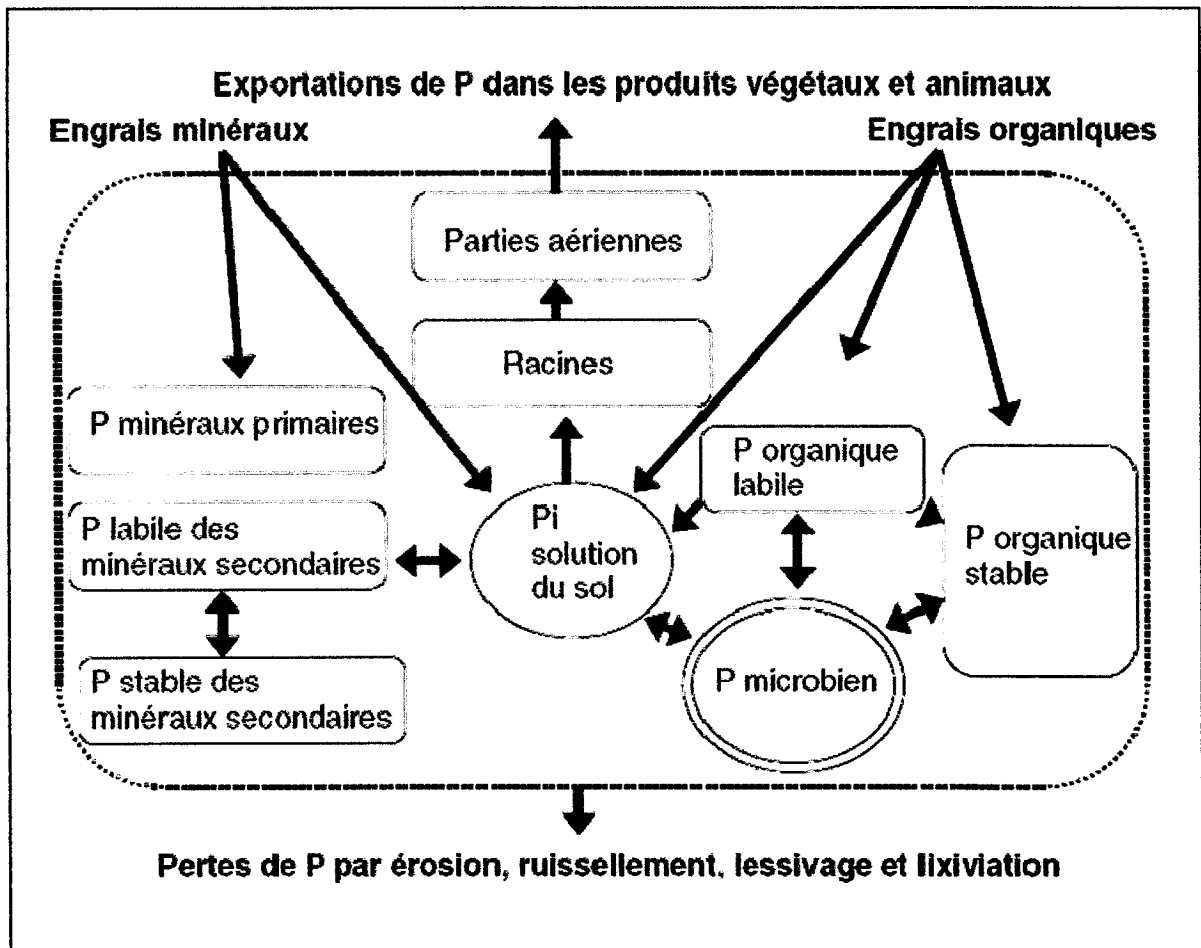


Figure 3 : Cycle biogéochimique global du phosphore (d'après Ramade, 1998)



**Figure 4 : Cycle simplifié du phosphore dans un système agricole**

## ANNEXE II

### Protocoles expérimentaux

#### 1. la matière organique

##### Solution à préparer :

- **Solution de dichromates de potassium  $K_2Cr_2O_7$  :**

Dissoudre 49.04 g de  $K_2Cr_2O_7$  dans l'eau distillée et porter le volume à 1 litre.

- **Solution de dichromates de sulfate ferreux  $FeSO_4$  :**

Dissoudre 278 g de  $FeSO_4(7H_2O)$  dans l'eau distillée. Ajouté 10ml de  $H_2SO_4$  ( $d=1.84$ ), porter le volume à 1 litre.

- **Solution de diphénylamine indicateur :**

Dissoudre 0.5g de diphénylamine dans un mélange de 100ml de  $H_2SO_4$  et 20ml d'eau distillé.

#### 2. la capacité d'échange cationique

##### Solutions à préparer :

- **Solution d'oxalate d'ammonium :**

5.076g d'oxalate d'ammonium dans une fiole d'un litre. puis porter le volume à 1 litre.

- **Solutin de sol :**

Ajouter à 5g du sol 0.75g de  $CaCO_3$  et 50ml de la solution d'oxalate d'ammonium. Agiter pendant 3 heures puis laisser reposer 12 à 16 heures dans un réfrigérant. (9 becher de 100ml).

- **Solution d'acide borique :**

40g d'acide borique dans une fiole de 1 litre puis porter le volume à 1 litre.

Indicateur de tachiro :

0.01g de rouge de méthyle et 10ml d'éthanol 95%.

- **Solution de NaOH :**

Dissoudre 39.6g de NaOH dans une fiole de puis porter le volume à 1 litre.

#### 3. Le dosage du phosphore assimilable

- Eau déminéralisée ayant une conductivité inférieure à  $0.5 \mu s \cdot cm^{-1}$
- **Solution d'ammoniacque ( $NH_3$ )  $0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$**

Diluer 9.24 ml d'ammoniac p.a. ( $20\% \cdot d=0.92$ ) dans une fiole jaugée de 1000ml contenant environ 500 ml d'eau déminéralisé. Ajuster au volume. Homogénéiser.

- **Oxalate d'ammonium monohydraté p. a. [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O]**
- **Solution d'extraction d'oxalate d'ammonium [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O] à pH=7**

Dissoudre 28.48 g d'oxalate d'ammonium p. a dans un bécher de 1000ml contenant environ 600ml d'eau déminéralisée chaude à environ 80°C. verser dans une fiole jaugée de 2000ml, ajouter encore 500ml d'eau déminéralisée si nécessaire pour dissoudre le produit et agiter. Laisser refroidir à 20°C. ajouter 850 ml d'eau déminéralisée. Ajuster à pH=7 avec la solution d'ammoniacale. Ajuster au volume. Homogénéiser.

- **Solution de molybdate d'ammonium [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O] dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 5mol.L<sup>-1</sup> :**

Dissoudre 37.5 g de molybdate tétra hydraté p. a dans 200 ml d'eau déminéralisée tiède (dissolution lente) et laisser refroidir.

Dans un bécher de 1000 ml contenant environ 500 ml d'eau déminéralisée, introduire très lentement 282 ml d'acide sulfurique concentré (d=1.84,95%) et laisser refroidir. Verser la solution d'acide sulfurique dans une fiole jaugée de 1000 ml.

Ajouter très lentement et en agitant constamment la solution de molybdate d'ammonium à l'acide sulfurique. ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

- **Solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 5mol.L<sup>-1</sup>**
- **Solution de formol (HCHO) à 36%**
- **Réactif de coloration :**

Ce réactif est à utiliser dans l'heure suivant sa préparation.

Dans une fiole jaugée de 1000mL contenant 650 ml d'eau déminéralisée, dissoudre :

-1g d'acide ascorbique p. a. (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>.5H<sub>2</sub>O) ;

-50mg de thiosulfate de sodium pentahydraté p. a. (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) pour prévenir l'interférence des arsénates (As<sup>5+</sup>) en les réduisant en arsénites (As<sup>3+</sup>) ;

-50 ml de solution de formol

Ajouter dans l'ordre :

-100 ml de la solution d'acide sulfurique ;

-150 ml de la solution de molybdate.

Mélanger, le volume de ce mélange est environ 900 mL.

- **Solution mère de phosphore (P) 500µg.mL<sup>-1</sup> :**

Dissoudre 2,1965g de potassium dihydrogénophosphate p. a. (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), préalablement séché à 105°C durant une nuit, dans une fiole jaugée de 1000 ml contenant environ 900mL d'eau déminéralisée. Ajouter 2 gouttes de chloroforme ; celui-ci sert à conserver la solution.

Ajuster au volume. Homogénéiser.



**- Solutions étalons de phosphore(P) :**

Pipeter à la micropipette respectivement 0, 0, 5,1 et 2 ml de la solution mère et verser dans une série de fioles jaugées de 100mL.ajouter 1,42 g d'oxalate d'ammonium p.a.adjuster avec de l'eau déminéralisée.Homogénéiser.on obtient ainsi des solutions étalons de 0, 2.5,5,10  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ .

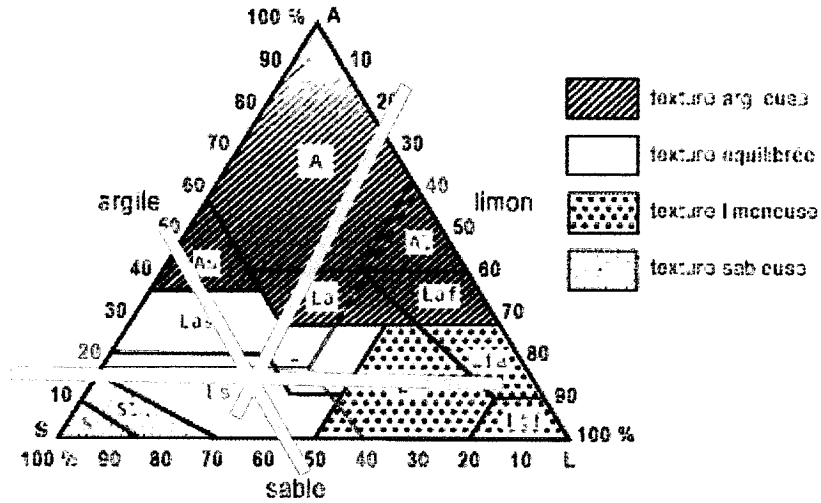
**Mode opératoire**

- Dans un bécher de 50ml. Peser 4g de sol sec tamisé à 2 mm et introduire la prise d'essai dans un flacon à agitation.
- Ajouter 100 ml de la solution d'extraction, fermer hermétiquement le flacon.
- Sans attendre, agiter durant 2h, à 20°C, l'agitateur étant réglé à 35tr/min.
- filtrer aussitôt dans une fiole conique de 100ml.l'extrait doit être limpide. en cas de doute éliminer les premiers ml du filtrat.
- effectuer un témoin dans les mêmes conditions, sans échantillon de sol.
- Dans des tubes à essai, introduire à la pipette de précision 1ml :
  - Du filtrat après extraction.
  - Du filtrat du témoin.
  - Des solutions étalons de phosphore.
- Dans chaque tube, ajouter en une seule fois et aussi vite que possible avec une pipette graduée 9ml de réactif de coloration.
- Homogénéiser soigneusement par retournement ou avec un agitateur de type vortex, à condition que le tube soit assez large.
- On peut effectuer le mélange du réactif de coloration et du filtrat en utilisant des volumes différents de ceux donnés ci-dessus à condition que le rapport « volume du filtrat/volume du réactif » soit de 1/9.
- attendre 30 minutes pour permettre l'action du thiosulfate de sodium puis chauffer dans un bain d'eau chaude pendant 30 min à 75°C.
- refroidir aussitôt à l'eau courante à 20°C.
- Homogénéiser soigneusement par retournement ou avec un agitateur de type vortex.
- En prenant le témoin comme référence, ajusté à 0.00 l'absorbance du spectrophotomètre à 825 nm.

## ANNEXE III

### Résultats et discussion

#### 1. La granulométrie



**Figure 17 : Triangle d'analyse granulométrique**

**Tableau : Norme d'interprétation pour la MO (AFNOR, 1998)**

| Taux de la matière organique (%) | Terre       |
|----------------------------------|-------------|
| □ 1                              | Très pauvre |
| 1 à 2                            | Pauvre      |
| 2 à 4                            | Moyenne     |
| □ 4                              | Riche       |

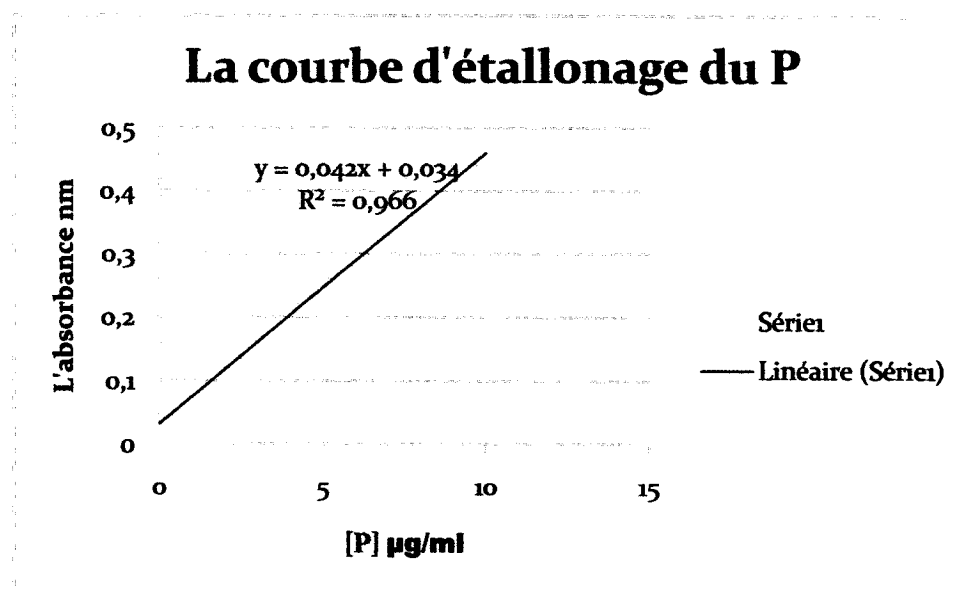
**Tableau : Norme d'interprétation pour la CEC (AFNOR, 1998)**

| Classe                           | Très faible | Faible | Moyenne | Elevée  | Très élevés |
|----------------------------------|-------------|--------|---------|---------|-------------|
| <b>(CEC)<br/>meq/100g du sol</b> | □ 5         | 5 - 10 | 10 - 15 | 15 - 20 | □ 20        |

- **La courbe d'étalonnage**

A partir d'une solution mère et des solutions filles diluées on a préparé la gamme d'étalonnage du phosphore et sur la quelle on a obtenu la concentration du phosphore dans les trois stations durant la période d'étude (tableau)

|                       | [P]ug.ml <sup>-1</sup> | Absorbance(nm) |
|-----------------------|------------------------|----------------|
| <b>solution ETA 1</b> | 0                      | 0              |
| <b>solution ETA 2</b> | 2.5                    | 0.188          |
| <b>Solution ETA3</b>  | 5                      | 0.245          |
| <b>Solution ETA 4</b> | 10                     | 0.451          |



**Figure 18: courbe d'étalonnage du phosphore**

## Thème :

### *Diagnostic agro-environnemental des cultures maraichères en sol organique*

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>Présentée par :</b><br>Bourekoua Amel<br>BoufnarFayza | <b>Membre de jury :</b><br>Presidente :MmeBenabdelkader M.<br>Encadreur: Mr Bouldjedri M.<br>Examinateur : Mr Roula S. | <b>Date de soutenance:</b><br><br>/ 07 / 2011 |
|--|--|---|

### Résumé

Un diagnostic agro-environnemental du sol d'El-Kennar, situé à l'est de la ville de Jijel, a montré qu'une surfertilisation des cultures maraichères en engrais phosphatés, provoque l'accroissement de la teneur en phosphore du sol. Ce dernier, lorsqu'il dépasse un seuil provoque un risque de transfert par lessivage vers les eaux superficielles, et par conséquent il contribue à l'eutrophisation. Cette problématique de pollution est actuellement largement responsable de la détérioration de la qualité des hydrosystèmes et des eaux de consommation, les résultats obtenus montrent des teneurs alarmantes en P assimilable dans le sol analysé.

**Mots clés :** agro-environnemental, Surfertilisation, Eutrophisation, Phosphore assimilable.

### ملخص

إن التشخيص الزراعي البيئي لتربة زراعية بمنطقة القنار بشرق مدينة جيجل، أظهرت أن الإفراط في استعمال الأسمدة الفوسفاتية في زراعة الخضروات يؤدي إلى ارتفاع نسبة الفسفور في التربة. هذا الأخير، عند تعديه مستوى محدد يسبب خطر انتقاله نحو المياه السطحية و التي تؤدي إلى ظاهرة التخثث. إشكالية التلوث هذه، هي المسؤولة حاليا عن تدهور نوعية الأنظمة البيئية المائية و كذلك مياه الاستهلاك. النتائج المتحصل عليها تثبت لنا وجود نسبة عالية من الفسفور في التربة التي أجرينا عليها دراستنا.

الكلمات المفتاحية: الزراعي البيئي، الإفراط في التسميد، التخثث، الفسفور.

### Abstract

Agro-environmental diagnosis of El-Kennar soil, located in the eastern city of Jijel, showed that fertilization of vegetable crops in phosphate fertilizers, causes an increase in the phosphorus content of the soil. The latter, when it exceeds a threshold causes a risk of transfer by leaching to surface water, and therefore contributes to eutrophication. This problem of pollution is now largely responsible for the deteriorating quality of water systems and water consumption, the results show alarming levels of available P in the soil analyzed.

**Key words:** phosphorus, eutrophication, fertilization, agro-environmental

