

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الجيلالي بونعامة بخميس مليانة



Université de DJILALI BOUNAMA KHEMIS MILIANA

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Domaine : Science de la nature et de la vie**

**Filière : Science Biologique**

**Option Eco-pédologie et Environnement**

**Thème :**

**Contribution à une caractérisation de l'état de fertilité chimique  
en élément majeurs et secondaires des sols de la région du haut  
Chéloff**

**Présenté par :**

- HACHEMI SIHAM
- KOSSAIRI IMANE

**Devant le jury :**

M <sup>r</sup> .YAHIAOUI .B	président
M <sup>me</sup> . BANAOUA.L	Promotrice
M <sup>r</sup> . BEL OUAZNI.A	Examineur
M <sup>r</sup> . ZIANE. A	Examineur

**Année universitaire 2014-2015**

**Année universitaire 2014-2015**

# Remerciement et reconnaissance

Avant de commencer nous remerciant avant tout Allah tout Puissant de m'avoir donné la volonté, la patience pour terminer ce travail.

Nous avons M<sup>elle</sup> HACHEMI SIHAM et M<sup>elle</sup>  
KOSSAIR IIMANE

Tenant à expriment tout nous reconnaissance à **Mad**  
**BANAOUA .L**, notre enseignante tout d'abord. Puis  
directrice De recherche pour , m'avoir donné l'occasion d'encadré,  
orienté, Aidé ce projet, sa patience, ses encouragements  
et ses conseils.

Mais

Il reste toujours dans les mémoires, les cœurs de nous.

**MAD BANAOUA .L**

M<sup>elle</sup> HACHEMI SIHAM

M<sup>elle</sup> KOSSAIRI IMA

# Remerciement

Avant tout nous remerciant ALLAH tous puissant, de m'avoir guidé toutes ces années d'étude et de m'avoir donnée la volonté la patiente, le courage pour terminer ce travail.

Nous tenons en premier lieu à remercier Mad benaouda .I, notre directrice de recherche, pour donnée sa patience, ses encouragement et ses conseils.

Nous nous remerciant les membres de jury :

-BEL OUAZNI A., a avoir fait l'honneur de accepter d'examiner le jury de soutenance.

-Mr ZIANE, pour avoir bien voulu accepter de faire une partie de jury, d'examiner ce travail.

- Mr YAHYAOUI .B, a pour son aide précieuse ; et accepter de présider ce travail.

Merci à tous mes enseignements durant les années d'étude, qui sont toujours encourageant ; nous remercions le responsable de laboratoire.

N'oublier jamais tous nos amis en particulier la promotion

Eco-pédologie 2015

Enfin nous remercie tous ceux qui ont bien voulu m'aider de près ou de loin

Pour réalise ce travail.

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour

dont ils ne cessent de me Comblent que dieu leur procure bonne santé

et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet, mon

frère MOUHAMED,

Mes sœurs, AHLEM, BESMA, RANIA,

sans oublié ma grand-mère et mon beau-père que j'aime.

A toute ma famille et mes amis surtout, NADIA, SAMI, ABDEL KADER, AHMED.

A mon binôme IMANE et toute la famille KOSSAIRI.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet  
soit possible, je vous dis merci.

SIHAM

# Dédicace

Je dédie ce présent mémoire à ma chère maman et ma chère papa, à mes frères

BILAL, AIMAN, ma sœur YASMINE.

Mes tentes, mes oncles et toute la famille KOSSAIRI.

Surtout à mon mari KARIME qui est toujours donner leur soutien et

Toute la famille TITAWNI, à mes belles sœur BOUCHERA et

LAYLA.

IMANE

## Liste des abréviations

- **A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.
- **I.T.G.C** : Institut Technique de Grande Culture.
- **C.G.G** : Compagne Générale de Géophysique.
- **O.N.M** : l'office nationale de la météorologie.
- **P** : précipitation en mm.
- **T** : Température C°.
- **C°** : Degré Celsius.
- **%** : Pourcentage.
- **CEC** :Capacité D'échange Cationique.
- **MO** : Matière Organique.
- **pH** : Potentielle Hydrogène.
- **meq** : milliéquivalent.
- **N**: azote.
- **P**: Phosphore.
- **K<sup>+</sup>**: Potassium.
- **Ca<sup>2+</sup>**: calcium.
- **Mg<sup>2+</sup>**: magnesium.
- **S**: soufre.
- **Ppm**: partie par million
- **ms/cm**: méli siemens par centimètre
- **V%**:taux de saturation
- **SN**:sol nu
- **CM**:Culture maraichère
- **CC**:Culture céréale
- **CF**:Culture fruitier

**Liste des figures**

Figure 01 : Situation géographique de la zone d'étude source (ANRH) .....03

Figure 02 : Variation interannuelle des précipitations (1977-2007) (ANRH).....04

Figure 03 : Variation interannuelle des précipitations (1977-2007).....06

Figure 04 : Diagramme ombrothermique de la station de Khemis Miliana.....07

Figure 05 : Variation de l'humidité mensuelle moyenne de la station de Khemis Miliana (1977-2007).....07

Figure 06 : La coupe transversale de la plaine du haut Cheliff .....09

Figure 07 : Colonne litho stratigraphique synthétique et comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques (Kirreche, 1993).....10

Figure 08 : Carte des sols de la région du haut Chélif (Boulaine ,1957).....13

Figure 09 : Impact du PH sur la disponibilité des éléments nutritifs et la toxicité des métaux (fox.2008).....19

Figure 10 : Les principales transformations subies par l'azote sont rappelées par le cycle de l'azote (pasquier .2015).....22

Figure 11 : Variation de la composition granulométrique en fonction de la profondeur.....39

Figure 12 : Variation du pH dans les sols en fonction de la profondeur.....40

Figure 13 : Variation de la teneur en matière organique en fonction de la profondeur.....41

Figure 14 : Variation de la conductivité électrique en fonction de la profondeur.....42

Figure 15 : Variation de la teneur en calcaire total en fonction de la profondeur.....43

Figure 16 : Variation de la teneur en calcaire actif en fonction de la profondeur.....44

Figure 17 : Variation de la CEC en fonction de la profondeur.....45

Figure 18 : Variation de la teneur en azote total des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.....47

Figure 19 : Variation de la teneur phosphore des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.....48

Figure 20 : Variation de la teneur en potassium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.....50

Figure 21 : Variation de la teneur en calcium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.....51

Figure 22 : Variation de la teneur en magnésium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.....52

Figure 23 : Variation de la teneur en sulfates des parcelles étudiées en fonction de la profondeur....53



### Liste des tableaux

Tableau 01 : Les températures moyennes mensuelles à la station de Khemis Miliana (1975-2007).....	06
Tableau 02 : Vitesse de vent en m/s sur une période de 33ans (1975-2008).....	07
Tableau 03 : Nombres de jours de sirocco sur une période d'observation de 33 ans (1975-2008).....	08
Tableau 04 : Caractéristique physique de sol (ITGC .2002).....	15
Tableau 05 : Exemples des valeurs de concentration d'ion dans la solution du sol (umol/l).....	20
Tableau 06 : Variation de la teneur en bases échangeables des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100g sol).....	46

---

## Plan de travail

**Remerciements****Résumé****Liste des abréviations****Liste des figures****Liste des tableaux****Plan de travail****Introduction ..... 01****Partie. I. la zone d'étude**

I.1.Situation géographique .....03

I.2.Climat .....04

I.2.1. La pluviométrie .....04

I.2.2. La température .....05

I.2.3.L'humidité .....07

I.2.4.Le vent.....07

I.2.5.Sirocco .....07

I.3.Géologie .....08

I.3.1.La lithologie du Haut-Cheliff .....08

I.3.2. Stratigraphie .....09

I.4. La pédologie .....13

I.4.1.Les sols des bordures des plaines .....13

**Partie .II. Aperçu bibliographique****Chapitre. I. La fertilité chimique du sol .....16**

I.1.définition de la fertilité chimique du sol .....16

I.2.détermination de la fertilité chimique du sol .....16

I.2.1.La matière organique du sol .....17

I.2.2.La capacité d'échange cationique .....18

I.2.2.1.Complexe adsorbant du sol .....18

I.2.2.2. Rôle du complexe argilo-humique .....	18
I.2.3 Le PH .....	18
I.2.4.La solution du sol .....	19
I.2.4.1. la composition de la solution des sols .....	20
<b>Chapitre .II . Les éléments minéraux essentiels dans le sol .....</b>	<b>21</b>
II .1. Les éléments majeurs ou macroéléments .....	21
II .1.1.L'azote (N) .....	21
II .1.1.1.Les différentes sources d'azote .....	21
II .1.1.2.Les formes de l'azote dans le sol et le cycle d'azote .....	22
II .1.1.3.Les pertes d'azote .....	23
II .1.1.4. Les rôles physiologiques et agronomiques de l'azote .....	23
II .1.2.Le phosphore (P) .....	23
II .1.2.1.L'origine du phosphore (p).....	24
II .1.2.2.L'état du phosphore dans le sol .....	25
II .1.2.2.1.Le phosphore minérale.....	25
II .1.2.2.2.Le phosphore organique .....	25
II .1.2.3.Les rôles physiologiques et agronomique du phosphore.....	25
II .1.3.Le potassium(K) .....	25
II .1.3.1.Les différentes sources de potassium .....	26
II .1.3.2.Les rôles physiologiques et agronomiques du potassium .....	26
II .2.Les éléments secondaires ou méso-éléments.....	26
II .2.1.Le calcium (Ca) .....	26
II .2.1.1.Les formes du calcium dans le sol.....	27
II .2.1.2.Les rôles physiologiques et agronomiques du calcium .....	27
II .2.2.Le magnésium (Mg) .....	28
II .2.2. 1. Les différentes sources de magnésium .....	28
II .2.2.2.les rôles physiologiques et agronomiques du magnésium .....	28
II .2.3.Le soufre (S).....	29
II .2.3.1.Les différentes sources de soufre .....	29

II .2.3.2.Les rôles physiologiques et agronomiques du soufre .....	29
<b>II.4. Préservation de la fertilité chimique du sol et de l'environnement.....</b>	<b>29</b>
II.1.préservation de la fertilité chimique du sol .....	30
III.1.1. matière organique base de la fertilité du sol .....	30
III .1.2.fertilisation minérale des sols.....	30
III.2.préservation de l'environnement.....	31

**Partie. III. matériels et méthodes**

III.1.échantillonnage .....	33
III.2.Les analyses physico-chimiques pour la caractérisation du sol.....	33
III.2.1.La granulométrie.....	33
III.2.2. Le PH .....	34
III.2.3.La conductivité électrique des extraits aqueux de sol .....	34
III.2.4.matière organique.....	34
III.2.5. calcaire total .....	35
III.2.6.calcaire actif.....	35
III.2.7.capacité d'échange cationique et les bases échangeables.....	35
III.3.Les analyses chimiques pour la caractérisation de la teneur en éléments minéraux étudiés .....	36
III.3.1.dosage de l'azote total .....	36
III.3.2.dosage du phosphore assimilable .....	36
III.3.3. dosage de potassium .....	37
III.3.4.dosage du calcium et magnésium assimilable .....	37
III.3.5.dosage des sulfates .....	37

**Partie IV : Résultats et discussion**

IV.1. La caractérisation des sols de la région .....	39
IV.1.1. l'analyse Granulométrique.....	39
IV.1.2. Le pH .....	40
IV.1.3. La matière organique .....	40

IV.1.4. Conductivité électrique (C.E).....	41
IV.1.5. Calcaire total.....	42
IV.1.6. Calcaire actif.....	43
IV.1.7. Capacité échange cationique CEC.....	44
IV.1.8. Les bases échangeables.....	45
IV.2. La teneur en éléments majeurs et secondaires des sols de la région .....	46
IV.2.1. La teneur en éléments majeurs des sols de la région .....	47
IV.2.1.1. L'azote.....	47
IV.2.1.2. Le phosphore.....	48
IV.2.1.3. Le potassium.....	50
IV.2.2. La teneur en éléments secondaires des sols de la région .....	51
IV.2.2.1. Le calcium .....	51
IV.2.2.2. Le magnésium.....	52
IV.2.2.3. Les sulfate.....	53
IV.2. Discussion.....	54
IV.3. Recommandations.....	62
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>63</b>

**Référence bibliographiques**

## Résumé

L'objectif de notre travail consiste à faire une caractérisation et une évaluation de l'état de la fertilité chimique des sols du Haut-Cheliff cas de Khemis Miliana.

Les résultats auxquels nous avons abouti, montrent que les sols se caractérisent par une texture limono-argileuse à argileuse, ils sont légèrement alcalin, le taux de la matière organique est généralement faible, non salés, les sols sont moyennement calcaires avec une capacité d'échange cationique moyenne et un taux de saturation élevé.

Concernant la teneur des sols des parcelles de la région d'étude en éléments majeurs et secondaires, ils ont des teneurs faibles en azote total et des teneurs moyennes en phosphore et en potassium assimilables. Les résultats montrent aussi que notre sol est riche en calcium et en magnésium et en sulfates assimilables.

A travers ces résultats, nous pouvons conclure que notre sol est moyennement fertile (Gros, 1979). Le recours à des apports supplémentaires d'engrais minéraux et organiques est indispensable pour assurer de rendements élevés, ces apports doivent être raisonnables.

***Les mots clés : Sol, Environnement, Haut-Cheliff, Fertilité chimique, éléments minéraux.***

## ملخص

الهدف من دراستنا هو تقديم و تقييم حالة الخصوبة الكيماية لتربة أعالي شلف حالة خميس مليانة. النتائج المتحصل عليها تبين بان هذه التربة تتميز بتركيبية الطين الغريني و الطين هي معتدلة الكلس. لها قدرة تبادل ايوني متوسطة مع نسبة تشبع مرتفعة . و فيما يخص نسبة العناصر الأساسية و الثانوية في منطقة الدراسة لديها نسبة ضعيفة من الازوت الكلي. ونسب متوسطة من الفسفور و البتاسيوم المتاح . والنتائج تبين كذلك بان هذه التربة غنية بالكلسيوم و المغنزيوم و السلفات المتاح. من خلال هذه النتائج نستطيع استنتاج بان أرضنا متوسطة الخصوبة . اللجوء إلى استخدام الأسمدة العضوية و المعدنية أمر ضروري لتحسين مرد ودية الإنتاج. الكلمات المفتاحية. تربة. البيئة. أعالي شلف. الخصوبة الكيماية. العناصر المعدنية.

## Abstract

The aim of our study is to make a characterization and assessment of the state of the chemical fertility of soils of Upper Cheliff case of Khemis Miliana.

The results that we have reached show that soils are characterized by a silty clay texture to clay, they are neutral, the rate of organic matter is generally low, unsalted, soils are moderately limestone with an average cation exchange capacity and high saturation.

Concerning the content of the soil plots in the study area major and secondary elements , They have low levels of total azote and mean levels of phosphorus and potassium and assimilated The results also show that our soil is rich in calcium and magnesium sulfates and assimilated.

Through these results, we can conclude that our soil is moderately fertile (Gros 1979), The use of additional inputs of mineral and organic fertilizers is essential for high yields.

**Keywords: Soil, Environment, High Cheliff, chemical Fertility, minerals**

### Introduction

Le sol est la couche externe de la croûte terrestre caractérisée par la présence de nombreux êtres vivants. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème terrestre, occupe une position clé dans les cycles globaux des matières. (La Société Suisse de Pédologie 1997, extrait)

Le sol fait partie intégrante des écosystèmes terrestres et constitue l'interface entre la surface de la terre et le socle rocheux. Il se subdivise en roches horizontales successives aux caractéristiques physiques, chimiques, et biologiques spécifiques. Il a également différentes fonction, du point de vue de l'histoire et de l'utilisation des sols ainsi que d'une perspective écologique et environnementale, le concept de sols embrasse également les roches poreuses sédimentaires. Les autres matériaux perméables, en plus de l'eau qu'ils contiennent et des réserves d'eau souterraine. (Conseil de l'Europe 1990 in Blum, 2001)

La fertilité d'un sol exprime la potentialité maximale de sa production, considérant que tous les facteurs dépendant de l'agriculture accèdent à leur pleine efficacité. Dans un contexte pédoclimatique donné, elle se mesure par l'importance des récoltes portées par le sol lorsque lui sont appliquées les techniques culturales. Appropriées l'importance des récoltes est de ce fait l'indicateur de la fertilité de ce sol. En ce qui concerne le sol proprement dit, il paraît opportun de rechercher une définition de sa fertilité dans les causes intrinsèques de son aptitude à porter des récoltes plus ou moins abondantes (Morel, 1996).

Les sols fertiles sont riches en substances nutritives, éléments essentiels du métabolisme et de la croissance des plantes. Les cultures prélèvent dans le sol les substances nutritives dont elles ont besoin. A défaut de remplacement de ces substances, les sols risquent de s'appauvrir, avec pour conséquence une baisse des rendements des cultures et, par là même, de la rentabilité de l'exploitation elle-même. (PAU VALL et VIDAL (2015)). Les éléments minéraux sont indispensables également pour la résistance aux maladies et ravageurs.

Les éléments indispensables aux plantes sont : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le manganèse, le molybdène, le cuivre, le zinc, le fer et le bore.

Améliorer et préserver la fertilité des sols est indispensable pour assurer des productions végétales importantes et de qualité, et aussi assurer un bon équilibre environnemental. Cette



fertilité est améliorée par la fertilisation (minérale et/ou organique) rationnelle, ces apports doit respecter le sol et l'environnement.

La région d'étude à savoir la plaine du Haut-Cheliff, c'est une plaine alluviale et ses sols sont occupés surtout par l'agriculture. Pour assurer une bonne rentabilité agricole, le sol doit fournir toutes les conditions nécessaires à une bonne croissance des plantes, surtout la disponibilité en éléments nutritifs. Selon CDAQ (2003), une plante nécessite un sol fertile pour atteindre son potentiel optimal.

De nos jours, la question de la fertilisation des sols est cruciale. Certains sols sont naturellement moins fertiles que d'autres et ceux supportant des cultures intensives peuvent progressivement s'appauvrir en nutriments. D'après Christian (2005), pour y remédier, on leur apporte des amendements organiques et des engrais qui fournissent les nutriments absents, notamment pour un meilleur rendement en agriculture.

Pour cela on se pose les questions suivantes, que représente la fertilité chimique d'un sol?, quels sont les indicateurs de la fertilité chimique?, pourquoi la préservation de la fertilité du sol et de l'environnement?

l'objectif de notre étude est de caractériser les sols de la région du Haut Chélif, cas de la région de Khemis Miliana, et d'évaluer l'état de la fertilité en éléments majeurs et secondaires de ces sols, vu que notre région d'étude est une zone agricole.

Pour réaliser notre travail, nous avons adopté le plan de travail suivant:

- ✚ L'Introduction générale, dont nous avons définis notre but d'étude ;
- ✚ La première partie est consacrée à la présentation de la région d'étude ;
- ✚ La seconde partie qui est la revue bibliographique, cette partie se compose de trois chapitres : dans le premier chapitre, nous avons traités quelques caractéristiques définissant la fertilité chimique du sol ; dans le second chapitre nous avons définis les éléments minéraux indispensables au développement des plantes ; dans le troisième chapitre nous avons parlé de la préservation de la fertilité chimique du sol et de l'environnement
- ✚ La troisième partie, où nous avons exposé la méthodologie de travail ainsi que les matériels utilisés pour le réaliser ;
- ✚ La quatrième partie, résultats et discussions, où nous avons procédé à interpréter tous les résultats obtenus ;
- ✚ Nous avons terminé par une conclusion générale.

## Partie I. Zone d'étude

### I.1. Situation géographique

La plaine alluviale du Haut de Cheliff, appelée aussi la plaine de Khemis Miliana appartient à la wilaya d'Ain Defla, située à 120 Km au Sud-ouest d'Alger et 25Km à l'Est du chef-lieu de la wilaya sur la route nationale n°4 (voir Fig. 01).

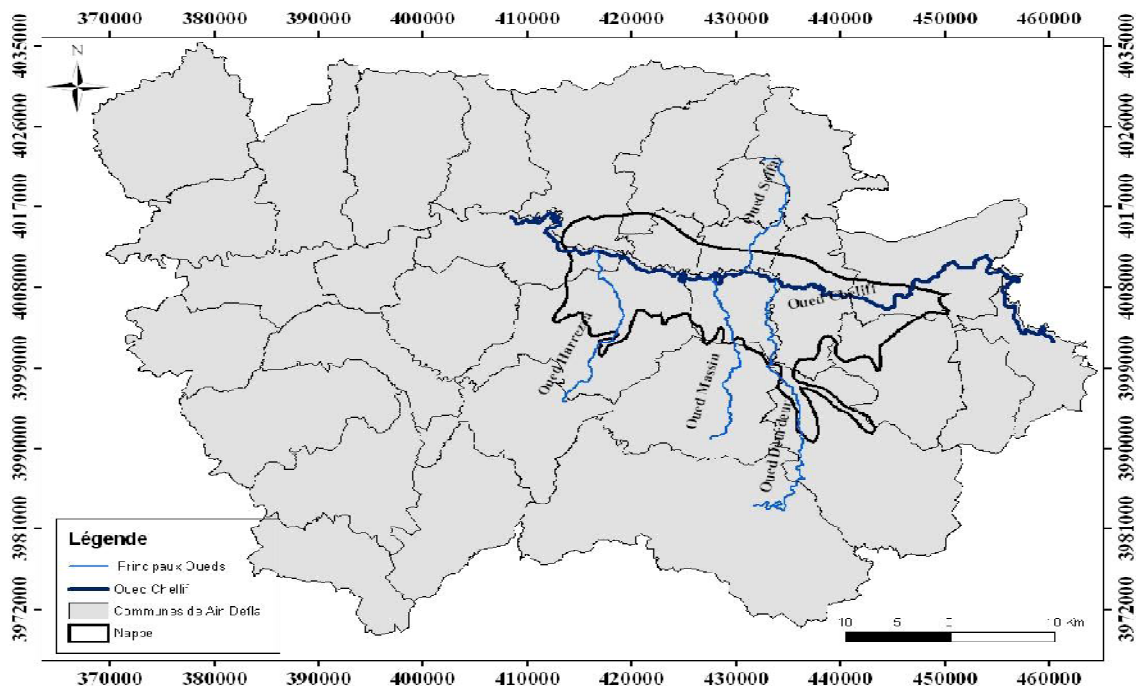


Figure 01. Situation géographique de la zone d'étude source ANRH(2005)

Appartenant au sous bassin versant du Haut Cheliff d'un périmètre de 1935 Km et une superficie de 21,035 Km<sup>2</sup>, cette plaine est limitée au nord par les monts du Zaccar, au sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'ouest par massif de Doui et à l'Est par Djbal Gountas.

## I.2. Le Climat

Les plaines du Cheliff malgré leurs relatives proximités de la mer (50 km environ), se caractérisent par un climat semi-aride. Généralement, on assiste à un été long, chaud et sec, à des hivers pluvieux et froids et des automnes et des printemps très courts. Cette classification du climat se base sur les données météorologiques de stations régionales de l'ANRH(2005) et de l'ONM sur 30 années d'observations.

Parmi les paramètres climatique qui sont pris en compte sont : ( la pluviométrie, la température et l'humidité, le vent, sirocco).

### I.2.1. La pluviométrie

Dans la région de Khemis Miliana, les pluies qui tombent sont caractérisées par un régime irrégulier suivant les mois et les années (ANRH, 2005).

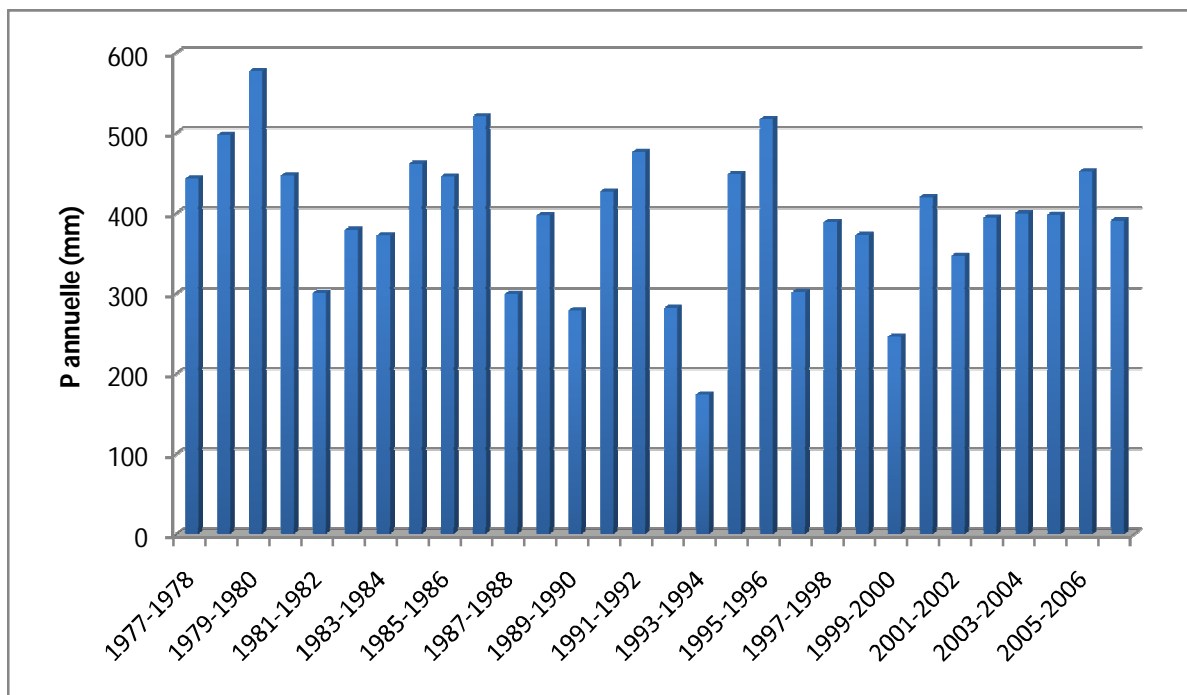


Figure 02 .Variation interannuelle des précipitations (1977-2007) (ANRH).

L'année la plus pluvieuse est enregistrée entre 1979 – 1980, durant laquelle la hauteur pluviométrique a atteint 576,9 mm, tandis que la période la plus sèche a été marquée entre 1993 - 1994 avec seulement 174 ,2 mm.

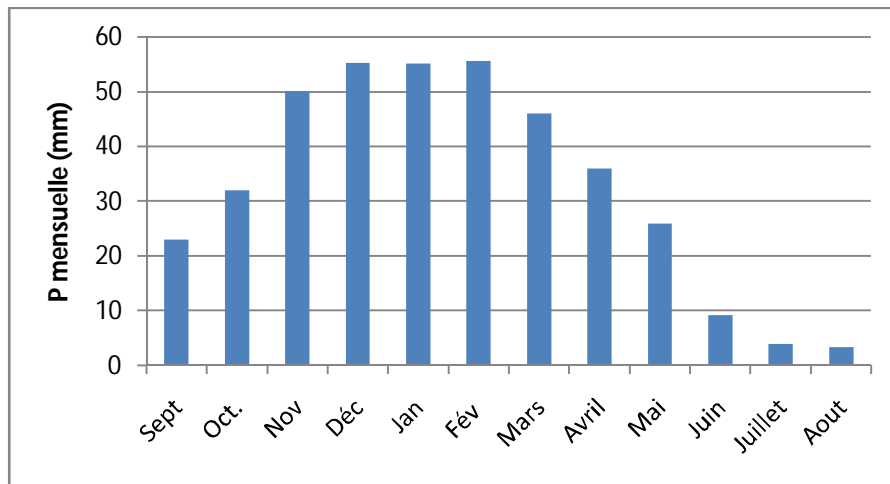


Figure 03 : Variation interannuelle des précipitations (1977-2007).

L'analyse de précipitation mensuelle de la station de Khemis Miliana de la période hivernal (décembre, janvier et février) est la plus pluvieuse par contre la période estivale (juin et aout) est la moins pluvieuse de l'année, et le mois d'Aout est enregistré comme un mois à faible pluviométrie.

L'analyse des précipitations moyennes annuelles montre une grande variation de la pluviométrie. Les années 1997-2000 ,2002 et 2005 sont considérées comme des années humides et les années 1999 et 2001 sont plus sèches.

### I.2.2. La température

La température est l'un des éléments essentiels qui nous indique les caractères climatiques d'une région.

Les températures moyennes mensuelles calculées à partir des mesures portant sur la période de 32 ans d'observation (1975-2007) sont représentées dans le tableau n°3.

Tableau 01. Les températures moyennes mensuelles à la station de Khemis-Miliana (1975-2007).

Mois.	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
T°C	24,11	19,4	13,87	10,49	9,47	10,4	13,02	14,88	19,48	24,56	27,87	28,34

(Source: station météorologique de Khemis-Miliana, 2008)

Ce tableau nous indique que la zone d'étude a un climat humide en hiver et chaud et sec en été. De telles caractéristiques correspondent à un climat de type méditerranéen. Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période estivale (de Juin et Septembre) avec des valeurs moyennes variant entre 24 à 28,3°C). Par contre, les plus basses (de 9 à 13,02°C), sont observées pendant la saison hivernale (Décembre à mars)

Avec un minimum pendant le mois de janvier (9.49°C).

Le diagramme ombrothermique de la station de Khemis Miliana (1975-2007), (fig.4) montre que la période de sécheresse est très longue, elle s'étale sur environ 7 mois, allant du début Mai à Novembre.

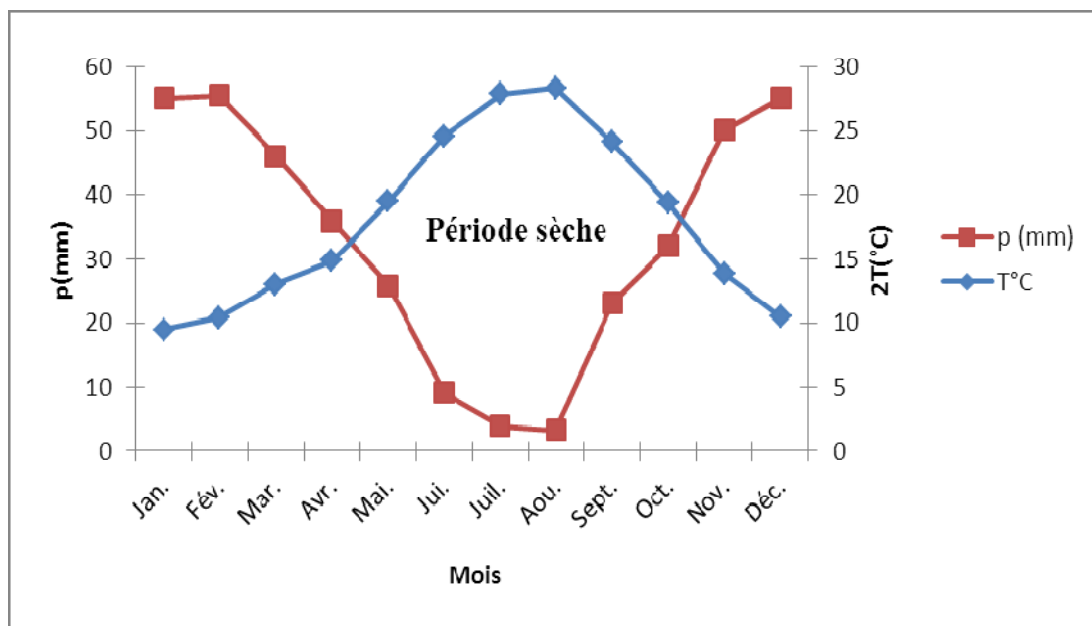


Figure 04. Diagramme Ombrothermique de (Gausсен et Bagnouls) de la station de Khemis Miliana (1975-2007).

### I.2.3. L'humidité

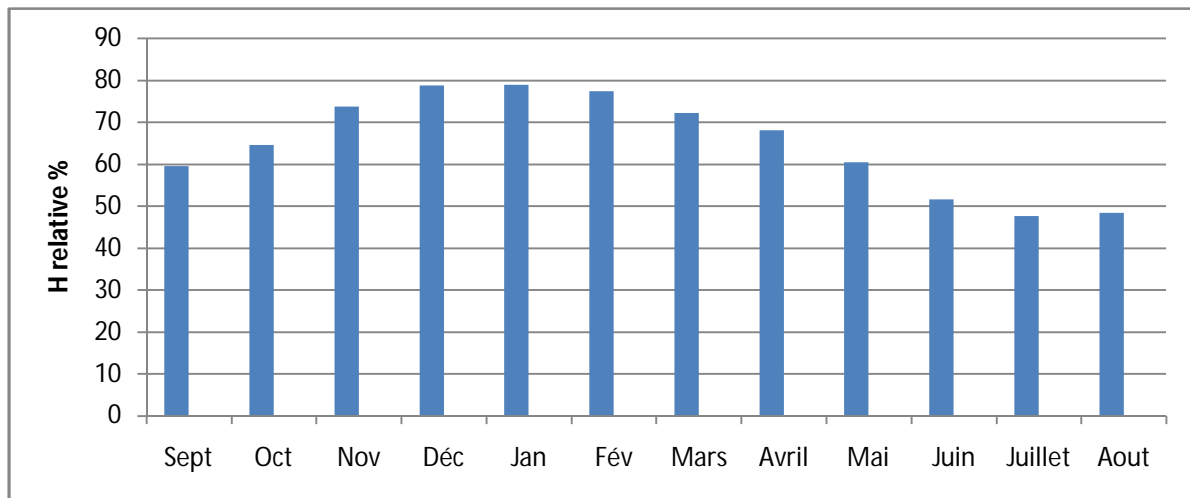


Figure 05. Variation de l'humidité mensuelle moyenne de la station de Khemis Miliana (1977 – 2007).

Dans la plaine de Khemis-Miliana, la plus grande valeur d'humidité relative de l'air est atteinte pendant la période hivernale, avec 78,85% au mois de Janvier et la plus basse pendant la période estivale avec 47,72% au mois de Juillet.

### I.2.4. Le vent

La plaine ayant une orientation E-W, les vents les plus fréquents et les plus puissants seront liés à cette direction. En hiver les vents dominants sont de direction Ouest ; d'influence maritime, c'est un vent humide en été. Les vents dominants sont de direction Est, leurs vitesses varient de 0.5 à 2.5 m/s en moyenne.

Tableau 02. vitesse de vent en m/s sur une période d'observation de 33 ans (1975-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
V(m/s)	1,63	1,17	0,89	1,10	0,93	1,14	1,37	1,49	1,71	2,17	2,19	1,37

Source Station météorologique d'el khemis (ITGC).

### I.2.5. Sirocco

Le sirocco est fréquent dans la zone d'étude, il se manifeste en juillet, voir tableau 12. Le nombre de jours moyen de sirocco est de 8,21 jours. Il peut causer des dégâts importants aux

cultures en faisant augmenter la température, l'évapotranspiration potentielle et accélérer le dessèchement du sol en surface.

Tableau 03. Nombres de jours de sirocco sur une période de 33 ans (1975-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Nombres de jours	0,47	0,07	0	0	0	0	0,1	1,37	1	1,1	2,2	1,9

Source Station météorologique d'el khemis(ITGC).

### I.3. Géologie

#### I.3.1. La lithologie du Haut Cheliff

Les coupes lithologiques transversales effectuées dans la plaine du Haut Cheliff (fig.7), fait apparaitre la dépression subsidient et l'allure en synclinal de différentes formations constituant le sous-sol, on peut observer de bas en haut :

- le crétacé inférieur, imperméable et s'étalant sur toute la largeur de plaine ; il a servi de fond étanche lors de la réalisation du barrage de Ghrib ;
- Surmonté par un Miocène, mais n'affleurant pas ou très peu en surface ;
- Les dépôts du Oued Cheliff ; en premier lieu, étant en contact avec la formation argileuse du Miocène, forment une couche d'alluvions argileuse, d'une épaisseur moyenne de 32 mètres ;
- Les dépôts alluvionnaires grossiers du Cheliff proprement dit, formant le plus important aquifère de la région ; leurs épaisseurs peuvent dépasser les 70 mètres ;
- Aux bordures de l'Oued Cheliff, le contact argile du Miocène et dépôts alluvionnaire, forment des lentilles d'alluvions argileuses ;
- Finalement, un recouvrement limoneux, surmonte le tout ; observé essentiellement au centre de la plaine, il rend l'aquifère captive dans quelques endroits.

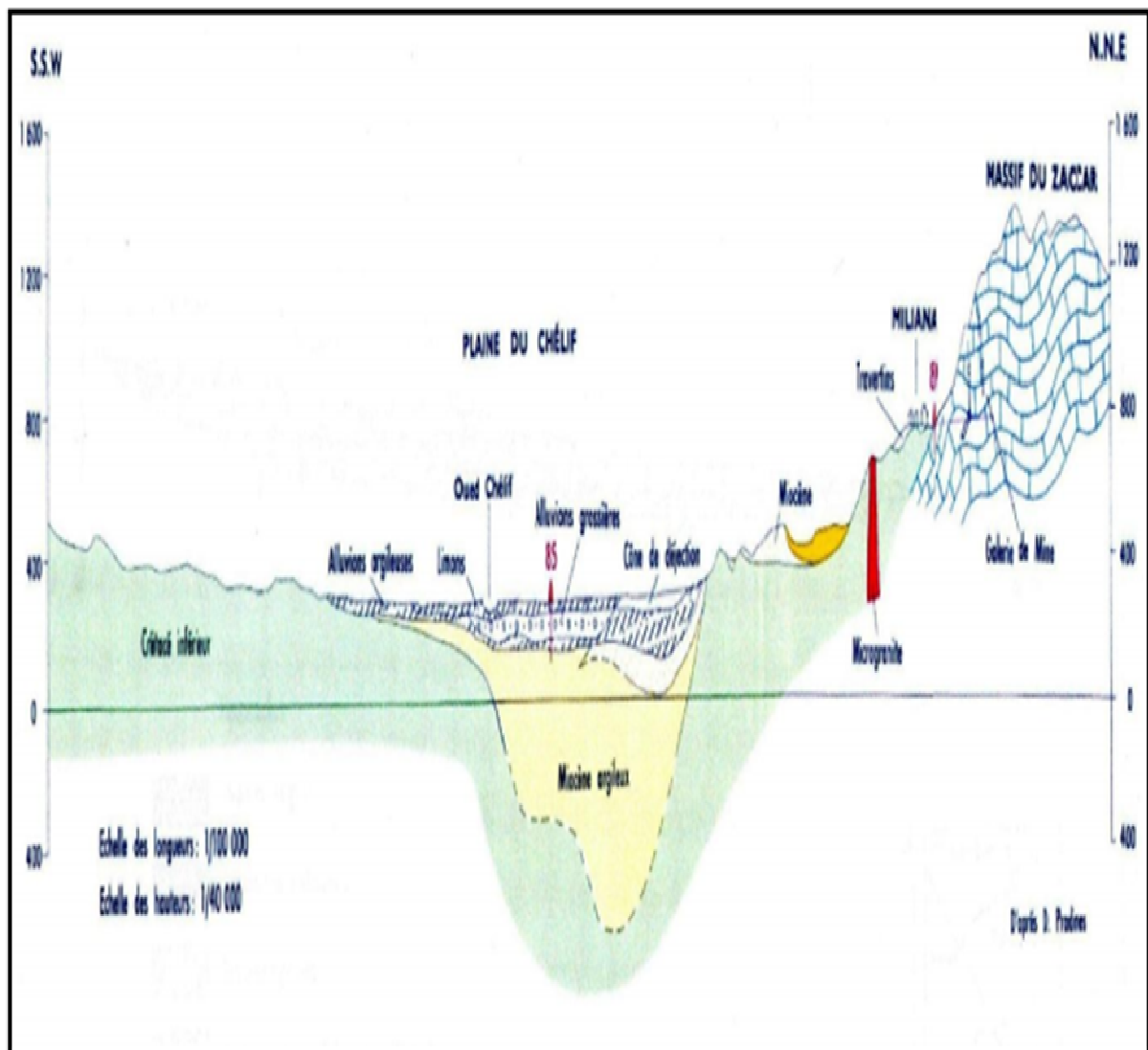


Figure 06: La coupe transversale de la plaine du Haut Cheliff (carte hydrogéologique du Nord d'Algérie 1/200 000) (ANRHde Blida, 2005).

L'étude géophysique établie par la compagnie générale de géophysique (C.G.G), et les forages effectués ont mis en évidence au voisinage du cours actuel du Cheliff un chenal à remplissage grossier (gros galets et graviers) qui constitue le principal réservoir aquifère de la plaine. Son épaisseur varie entre 100 à 150 mètres. Le reste du remplissage est constitué d'alluvions sablo argileuses, dont l'épaisseur diminue au fur à mesure que l'on se rapproche des bordures. L'ensemble est recouvert par des limons grisâtres de 10 à 20 mètres (Benmeridja, 2004)

### I.3.2. Stratigraphie

Les séries stratigraphiques du Haut Cheliff s'étalent de Primaire au Quaternaire (fig.7).



Epaisseur (m)	Log	Lithologie	Age	Comportement Hydrogéologique
100		Limons Alluvions	Quaternaire	Perméable
100		Argiles	Pliocène	Imperméable
100		Grès et conglomérats		Perméable
100		Grès et poudingues	Miocène supérieur (Vindobonien)	Imperméable
200		Argiles		Perméable
?		Grès et poudingues		Imperméable
300		Calcaires	Miocène inférieur (Burdigalien)	Imperméable
300		Marnes		Perméable
1000		Grès et poudingues		Imperméable
20		Calcaires		Perméable
P		Grès quartzitiques	Eocène	Imperméable
P		Argiles et schistes		Imperméable
?		Marnes et calcaires mameux	Sénomien	Imperméable
50		Calcaires et marnes calcaire	Cénomannien	Imperméable
1000		Schistes et bancs de quartzites	Albien	Imperméable
900		Argiles schisteuses	Néocomien	Imperméable
1000		Calcaires	Jurassique	Perméable
?		Argiles gypseuses	Trias	Imperméable
300		Schistes et quartzites	Permo-Trias	Imperméable

Figure 07. Colonne lithostratigraphique synthétique et comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques (Kirreche, 1993).

- **Le primaire**

Le primaire est constitué d'une alternance des schistes noirs graphiteux et de bancs de quartzites et argiles.

- **Le Trias**

Le trias est généralement constitué par des dolomies et des calcaires dolomitiques. il affleurent dans le massif de Doui.

- **Le jurassique**

Le jurassique est constitué, dans le massif de Zaccar par des calcaires massifs, compacts, fracturés et karstifiés et surmontés par des schistes gréseux et des marno-calcaires.

L'ensemble de la série atteint une épaisseur de 700m environ.

Dans le djebel Douai, le jurassique est représenté essentiellement par des niveaux de calcaires dolomitiques d'épaisseur avoisinant 80 m.

- **Le Crétacé**

Le crétacé affleure sur les bordures latérales de la plaine, il est représenté de la base au sommet par :

- Des argiles schisteuses du Néo-Miocène d'une épaisseur de 800m d'environ au Nord et à l'Ouest de Zaccar.
- Des faciès flyschs de l'albien qui se développe dans le massif de boumàad.
- Des marnes avec des intercalations de bancs de calcaire d'âge Sénonien.

- **Le Miocène**

Le Miocène peut atteindre 300m d'épaisseur et il est constitué de la base au sommet par :

- **Le Miocène inférieur (Burdigalien)**

Le Miocène inférieur sur des terrains plus anciens Eocènes et Crétacés et débute par une formation conglomératique d'épaisseur environ 220m.

- **Le Miocène supérieur (vindobonien)**

Le Miocène supérieur est constitué par une série représentée de la base au sommet par :

- ❖ Des niveaux conglomératiques épais de 1 à 2 à ciment sablo marneux, surmontés par un niveau marneux de couleur bleu d'une épaisseur environ 50m.
- ❖ Des marnes blanches alternant avec quelques bancs siliceux couronnés par un dépôt de grés et de sable d'une épaisseur d'environ 100m.

- **Le Mio- pliocène**

Le Mio- pliocène est constitué par des galets quartzeux, des conglomérats, des grés et des argiles détritiques ainsi que le travertin ancien déposer au niveau des sources du Zaccar.

- **Le pliocène**

On distingue un pliocène continental et un pliocène marin :

- ❖ **Le pliocène inférieur (marin)**

Il est représenté par une série marneuse qui débute par des niveaux détritiques gréseux ou sableux et parfois conglomératiques, ensuite on a un passage progressive dans la partie supérieur à des marnes sableuses et sables argileux formant tous les termes de passage aux grés Astiens.

- ❖ **Le pliocène supérieur (continental)**

Le pliocène continental est formé de conglomérates à éléments gréseux à grésocalcaires et des sables, non consolidés.

Les dépôts sableux rouges à stratifications entre croisées qui succèdent aux conglomérats précédents appartiennent au villafranchien.

Ces dépôts reposent le plus souvent sur des limons gris. Parfois les conglomérats du pliocène supérieur n'existent pas et les formations rouges du Villafranchien se trouvent alors en contact des grés astiens.

- **Le Quaternaire**

Les dépôts quaternaires sont continentaux. On distingue un Quaternaire ancien et un Quaternaire récent.

- ❖ **Le Quaternaire ancien**

Il représente essentiellement par des alluvions conglomératiques :

Galets, graviers et des sables. Les alluvions du Quaternaire ancien sont observées au pied du massif de Zaccar et en particulier à l'Est de Sidi- Lakhdar.

Elles forment les vastes collines en bordure Sud de la plaine d'El- khemis.

- ❖ **Le Quaternaire récent**

Le Quaternaire récent est formé essentiellement de limon, dont l'épaisseur varie de 50 à 200m, on y distingue de bas en haut :

- Des limons bruns à rouge, les niveaux les plus anciens sont discordants sur le Quaternaire ancien.

- Des grés, visibles surtout sur les berges des oueds, forment des accumulations de niveaux très fins dont les épaisseurs peuvent atteindre cinq mètres. Ce sont d'anciennes vases asséchées. Ces formations proviennent de l'érosion des reliefs avoisinants.
- Des alluvions actuelles formés de limons, des sables, des galets et de cailloutis au fond des talwegs et dans les zones de confluence des oueds et des méandres abandonnées.

(Kessar et Benhacene., 2009).

#### **I.4. la pédologie**

Selon la carte des sols établie par Boulaine (1957) et celle établie par McDonald et BNEDER (Bureau National d'Etude pour le Développement Rural) (1990), deux grandes divisions des sols peuvent être distinguées:

##### **I.4.1. Les sols des bordures des plaines**

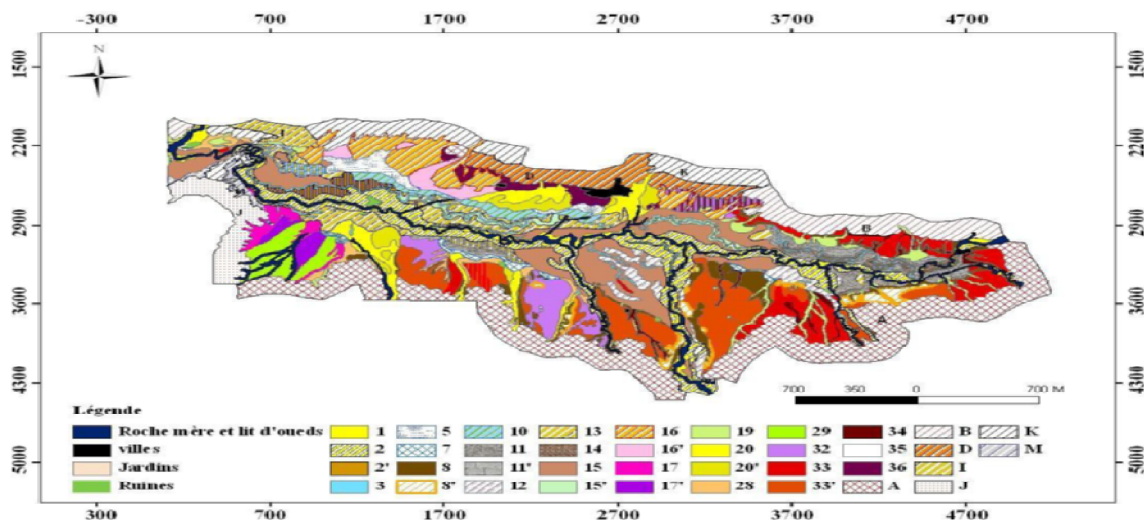
Ces sols sont formés par des associations suivantes :

- Association des sols à carapace calcaire,
- Association des sols décalcifiés et des sols jeunes formés sur les roches perméables et calcaire,
- Association des sols jeunes formés sur les grés et les marnes et de ces roches-mères,
- Association des sols formés sur les calcaires massifs et de ces roches –mères,
- Association des sols formés sur roches-mères siliceuses,
- Association des sols formés sur roches-mères schisteuses,
- Association des sols jeunes des glacis d'accumulation récents,

##### **I.4.2. Les sols de la plaine proprement dite**

Huit classes ont été décrites :

Les Sols alluviaux non évolués, les Sols Engorgés par l'eau (appelés aussi sols hydromorphes), les Sols calciques, les Sols alluviaux Évolués, les Sols colluviaux et Sols alluviaux des affluents mineurs, les Sols très évolués (qui sont divisés en Sols partiellement décalcifiés et Sols décalcifiés lessivés) et Mélange de sols.



1-Sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du lit Majeur des oueds

2- Sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du bourrelet Des oueds.

2'- peu épais, recouvrant le sol figuré latéralement.

3- Sols engorgés par l'eau des réseaux d'écoulement des eaux Superficielles des plaines

5- Sols engorgés par l'eau à couvert d'eau temporaire et à Nappe phréatiques non salés.

7- Sols engorgés par l'eau à inondation temporaire hivernale.

8- Sols calciques formés sur carapaces calcaires.

8'- sols calciques humifères (sols rendziniformes).

10- Sols alluviaux tirsifiés ou sols alluviaux solnetxiques.

11- Sols alluviaux présentant un début de décalcification et Une accumulation progressive du calcaire ;

11'- avec tendance à la tirsification.

12- Sols alluviaux en voie de décalcification.

13- Sols alluviaux complexes à horizons d'accumulation des Sulfates.

14- Sols alluviaux présentant un début de décalcification et Une accumulation brusque du calcaire.

15- Sols alluviaux complexe.

16- Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs Schisteux.

16'- en voie d'évolution par lessivage.

17- Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs Siliceux.

17'- en voie d'évolution par lessivage.

19- Sols colluviaux provenant des massifs gréseux et des Formations quaternaires anciennes

20-Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs Marneux et argileux.

Figure 08. Carte des sols de la région du Haut Chélif (Boulaine, 1956).

D'après ce tableau ci-dessous on remarque ce sol est un peu léger en surface (0 - 40). Mais le pourcentage d'argile augmente dans les profondeurs (> 40cm) donc, c'est un sol lourd (argileux) en profondeur. (IGCT, 2002).

Tableau 04: caractéristique granulométrique de sol (ITGC, 2002)

Profondeur (cm)	Charge (E)	Granulométrie					Classe Texturale (%)
		Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fin	Sables Grossiers	
<b>0 - 40</b>	27.5	32	30	19.6	10.7	7.7	Limon Argileux
<b>40 - 70</b>	10.02	40	15	17.3	19.1	8.6	Argileux
<b>70 - 100</b>	23.02	50	10	12	1707	10.3	Argileux
<b>100</b>	31.4	50	10	4	13.6	17.6	argileux

## Chapitre I: la fertilité chimique du sol

La fertilité d'un sol est un jugement global de valeur sur la qualité d'un milieu nécessaire à la satisfaction de la production végétale. Elle regroupe un ensemble de facteurs qui interagissent et qui confèrent aux sols la capacité de produire des quantités économiquement viables, tout en respectant le milieu et en assurant la pérennité du système de production. La fertilité est définie par trois composantes essentielles : physiques, chimiques et biologiques (CTIFL, 2012).

### I.1. Définition de la fertilité chimique

La fertilité chimique du sol est l'aptitude du sol à fournir les éléments nutritifs nécessaires au développement des plantes. Cette notion fait à la fois appel à la capacité de stockage du sol (CEC), à la quantité de nutriments et à leurs biodisponibilités pour la culture. Il convient de distinguer l'abondance des éléments nutritifs dans le sol due à la nature de la roche mère et à la quantité d'éléments mobilisables, qui dépend de l'ambiance physico-chimique et biologique (Védie, 2003).

### I.2. Détermination de la fertilité chimique du sol

La fertilité chimique d'un sol est déterminée principalement par :

- **Les stocks d'éléments nutritifs**, présents dans la fraction minérale et/ou dans les matières organiques du sol. Ces stocks sont fortement liés aux teneurs en éléments majeurs (azote, phosphore, potasse, calcium, magnésium et soufre) et en oligo-éléments (fer, manganèse, zinc, bore, cuivre, molybdène), ces derniers étant également nécessaires bien qu'en quantités très faibles. Dès lors qu'un seul élément est présent en quantité insuffisante, il devient le facteur limitant de la croissance des plantes (loi du minimum de Liebig).
- **Leur biodisponibilité**, influencée par le contexte sol : CEC, teneurs en argile et en matières organiques (taille du « réservoir sol » mais aussi fixation ou lessivage de certains éléments nutritifs, minéralisation...), teneur en calcaire total (minéralisation, rétrogradation du phosphore), pH (disponibilité du phosphore et des oligo-éléments, minéralisation).

• **L'équilibre de certains éléments nutritifs sur le complexe argilo humique**, avec des antagonismes entre potasse et magnésium ou entre calcium et magnésium, pouvant mener à des carences induites.

### **I.2.1. La matière organique du sol**

La matière organique du sol est composée de résidus frais qui proviennent des déchets de récolte et des apports de fumier d'une part, et l'élément décomposés d'autre part. (Dotchev et Belaid, 1990)

D'après Prevost (1990), la matière organique d'un sol est difficile à cerner à un instant donné, car elle évolue continuellement.

Selon Carrier (2003), dans la décomposition de la matière organique, deux grands processus interviennent :

- La minéralisation : transformation des composés organiques complexes en composés minéraux, gazeux et plus simples, davantage utiles pour la nutrition des plantes ;
- L'humification: transformation en humus.

La matière organique exerce plusieurs rôles sur les propriétés du sol :

#### ➤ **Sur les propriétés physiques du sol**

Selon Larouche (1983), les principales améliorations physiques qu'il est possible d'obtenir en apportant la matière organique au sol, sont :

- Une augmentation de la capacité du sol à retenir l'eau et de l'infiltration de ce dernier ;
- Une réduction des pertes d'éléments nutritifs dues au lessivage ;
- Une augmentation de la résistance du sol à l'érosion par les vents et par l'eau ;

#### ➤ **Sur les propriétés chimiques du sol**

D'après Larouche (1983), les bénéfices d'ordres chimiques de la matière organique, sont : Elle fournit les éléments minéraux au sol dans des proportions bien équilibrées, y compris les oligo- éléments ; elle augmente la capacité d'échange d'ions du sol avec argile, c'est l'essentiel du complexe absorbant. (Soltner, 2005) ; le dioxyde de carbone produit lors de la décomposition des matières organiques favorise la photosynthèse, et conséquemment, favorise la croissance des plantes.

#### ➤ **Sur les propriétés biologiques du sol**

La matière organique joue un rôle important sur la croissance et la prolifération des micro-organismes du sol, par conséquent, une activité biologique intense.



### **I.2.2. La capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique (CEC) représente la capacité maximale de cations échangeables qu'un sol peut retenir à un pH donné. Elle est fortement reliée aux teneurs en argile et en matière organique.

La CEC est aussi une indication de la fertilité du sol. Plus la CEC est élevée, plus elle peut retenir des cations dans le sol.

#### **I.2.2.1. Complexe adsorbant du sol**

Le complexe argilo-humique (CAH), aussi appelé "complexe adsorbant", est l'ensemble des forces qui retiennent les cations échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ...) sur la surface des constituants minéraux et organiques des sols. Ces cations peuvent s'échanger avec la solution du sol et les plantes et constituent le réservoir de fertilité chimique du sol (INRA ; 2013)

#### **I.2.2.2. Rôles du complexe argilo-humique**

D'après Soltner (2005), quand il est stable, le CAH procure au sol des propriétés toutes favorables à sa fertilité :

- l'argile liée à l'humus est retenue. Elle ne se disperse pas, évitant ainsi le colmatage et la compaction du sol ;
- l'intégration de l'argile et de l'humus dans un même complexe augmente la capacité du sol à retenir les bioéléments indispensables aux plantes.

Le complexe adsorbant joue un rôle tampon fondamental pour le maintien d'un pH stable dans les sols.

### **I.2.3. Le pH**

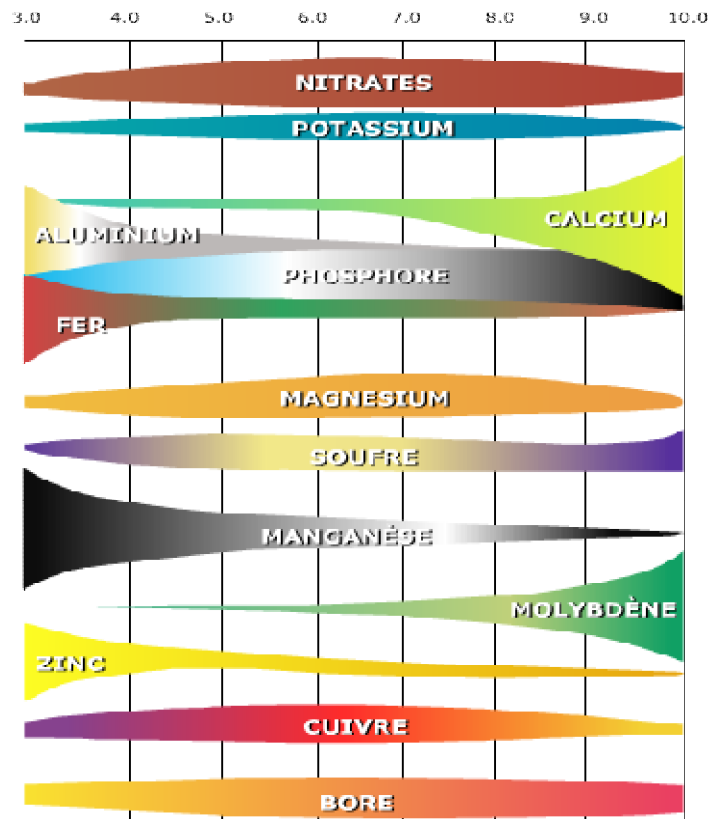
Le pH constitue un facteur important pour la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes. Selon Carrif (2003), le terme « pH » signifie un potentiel hydrogène dans le sol, On entend par pH ; le logarithme de l'inverse de la concentration d'ion  $\text{H}^+$  en g/l que l'on représente habituellement par :  $\text{pH} = \log 1/ [\text{H}^+]$

Le pH joue plusieurs rôles dans le sol :

#### **a. La disponibilité des éléments nutritifs**

Tous les éléments du sol sont plus assimilables dans des pH qui s'approchent de la neutralité. Le meilleur exemple est le phosphore. Dans les sols acides, le phosphore se complexé avec le Fer et devient insoluble. Dans les sols basiques, il se complexé avec le calcaire. Il peut donc avoir du phosphore dans le sol, mais ce phosphore est non assimilable. Il devient soluble et donc assimilable dès que le pH est ajusté vers la neutralité. Faire un apport

de phosphates sur un sol acide ou basique est donc une perte puisque les phosphates se rétrogradent assez rapidement. Il est impossible de gérer la fertilité chimique d'un sol sans gérer le pH en même temps.



**Figure 09.** L'impact du pH sur la disponibilité des éléments nutritifs et la toxicité des métaux (Fox, 2008).

### b. Les problèmes de toxicité

Contrairement aux éléments nutritifs, les métaux sont plus solubles et donc assimilables à des pH acides. L'exemple le plus courant est une toxicité par l'Aluminium. Dans les pH plus élevés, l'Aluminium est non soluble et donc n'entre pas dans la solution du sol. Dès qu'il est en solution, il est prélevé avec les autres cations/anions et peut être toxique. Il y a toxicité des plantes par les ions  $H^+$  à  $pH < 4$  et toxicité des plantes par les ions  $OH^-$  à  $pH > 8$ .

#### I.2.4. La solution du sol

En agronomie et en pédologie, la solution du sol est l'eau chargée d'ions qui circule dans les espaces libres ou pores du sol ; c'est le lieu des interactions de la terre et de la vie végétale. C'est de la solution du sol que la plante tire la plupart des éléments dont elle a besoin. (Sagna et Marchal, 1992).

**I.2.4.1. Composition de la solution du sol**

Selon Clavet (2003), la solution du sol est le plus souvent une solution essentiellement ionique de petite concentration globale, de  $10^{-5}$  à  $10^{-3}$  mol/l qui peut cependant être bien plus grande dans certaines situations de sols salés et sols pollués.

Le tableau 11, donne quelques exemples de composition de la solution du sol en principaux ions, extraite de différents sol.

Tableau 05. Exemples de valeurs de concentrations d'ions dans la solution du sol ( $\mu\text{mol/l}$ ), valeurs rapportées par Nye et Tinker, 1977.

Ions	Sols acides	Limon sableux	Sols cultivés	Sols non cultivés	Sols salé
Anions					
$\text{NO}_3^-$	3800	15600	3700	29600	-
$\text{Cl}^-$	200	2200	-	1400	20100
$\text{SO}_4^{2-}$	800	7000	12500	9700	56300
$\text{HCO}_3^-$	-	1100	1800	1000	7200
Cations					
pH	4.2	7.2	7.3	7	8.3
$\text{Ca}^{2+}$	1000	21000	10100	27900	43500
$\text{Mg}^{2+}$	1400	1200	7100	10900	48000
$\text{K}^+$	400	700	680	1600	9600
$\text{Na}^+$	400	1800	1800	2800	21700

Source (Clavet, 2003).

## **Chapitre II: les éléments minéraux essentiels dans le sol**

Un sol fertile est un sol qui contient des quantités adéquates des substances nécessaires à la nutrition des plantes sous formes disponibles (solubles dans la solution du sol) et qui n'est pas excessivement acide ou alcalin et qui ne contient pas des concentrations élevées en éléments toxiques. UNIFA (2005),

Les éléments indispensables aux plantes sont : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, Le magnésium, le soufre, le manganèse, le molybdène, le cuivre, le zinc, le fer et le bore. A Ceux-là viennent s'ajouter quelques autres éléments présentant une importance différente Selon l'élément et les plantes concernées.

### **II.1. Les éléments majeurs ou macroéléments**

Dans le monde végétal, on distingue 9 éléments principaux indispensables à la plante. Ces Éléments sont le Carbone (C), l'Hydrogène (H), l'Oxygène (O), l'Azote (N), le Phosphore (P), le Potassium (K) mais également le Calcium (Ca), le Magnésium (Mg) et le Soufre (S) qui sont souvent classés comme éléments secondaires bien qu'ils soient aussi importants que les macroéléments.

Les trois premiers (C, H, O) sont apportés directement par le dioxyde de carbone et l'eau, on ne doit dès lors pas se préoccuper de leur apport excepté dans les serres ou on peut augmenter la concentration en CO<sub>2</sub> jusqu'à 3% (Lerot, 2006).

#### **II.1.1. L'azote (N)**

L'azote est le principal élément plastique servant à fabriquer les matériaux de construction des tissus végétaux. Il est indispensable à la plante à tous les stades de végétation (jeunesse, croissance, reproduction, mise en réserve).

L'azote est sous trois formes dans le sol : élémentaire, minérale et organique (96 à 98 % de l'azote total). Le sol contient 2 à 3 ‰ d'azote total, soit 5 à 7,5 t/ha (Pasquier, 2015).

##### **II.1.1.1. Les différentes sources d'azote**

L'azote ne provient en aucun cas de la dégradation chimique et physique des roches mais bien de deux sources distinctes : l'atmosphère (dont il occupe les 4/5) et les sources organiques (99% des réserves du sol).

- La source atmosphérique : l'azote est présent sous sa forme moléculaire stable N<sub>2</sub>.

Cette forme de l'azote est inutilisable directement par les plantes. Avec les orages, il se forme de l'acide nitrique ( $H_2NO_3$ ) qui est entraîné au sol par les précipitations.

Les bactéries fixatrices d'azotes, libres ou associées aux racines de certaines plantes (principalement les Fabacées), sont capables d'utiliser l'azote atmosphérique.

- La source organique : formation d'azote sous forme d'ammoniaque et de nitrate grâce à la microflore du sol (Azotobacter, Nitrobacter, Nitrosomonas...) à partir des matières organiques animales et végétales.

L'azote rejeté sous forme anionique est de l'ordre de 120 à 130kg/ha/an dans les sols de bonne qualité contre la moitié dans les sols mauvais. La teneur du sol en azote organique est de 0.02 à 0.4% et diminue avec l'augmentation de température (favorisant la minéralisation de l'humus) et la lixiviation.

### II.1.1.2. Formes de l'azote dans le sol et le cycle de l'azote

L'azote est sous trois formes dans le sol : élémentaire, minérale et organique (96 à 98 % de l'azote total).

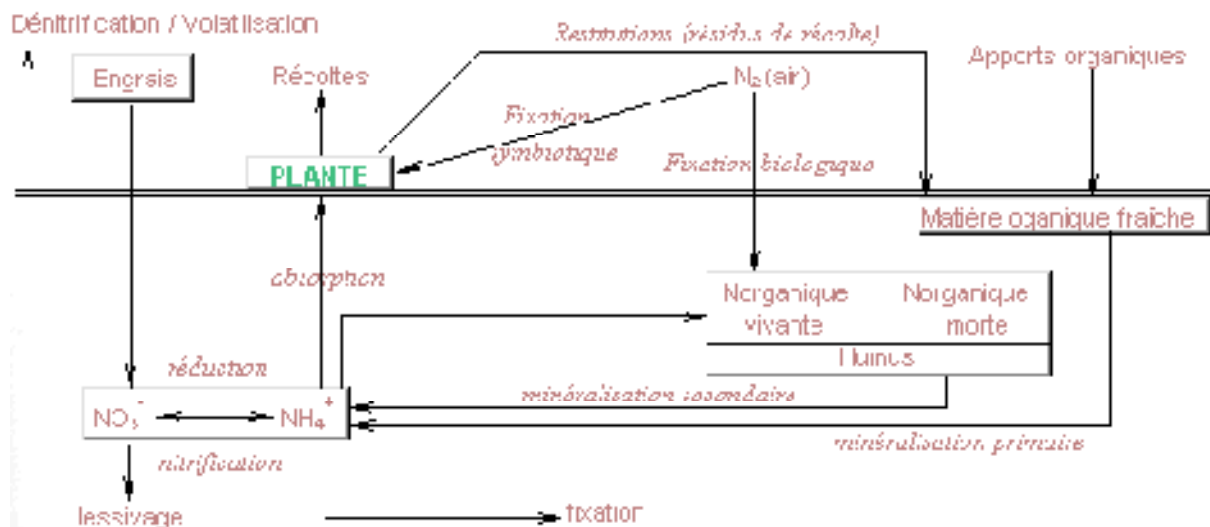


Figure 10 : Les principales transformations subies par l'azote sont rappelées par le cycle de l'azote (Pasquier, 2015)

#### a. L'azote organique

L'azote organique comprend :

- l'azote organique des résidus de culture : il constitue pour les micro-organismes hétérotrophes une source d'énergie et de nutriments ;
- l'azote organique de la biomasse microbienne (5 à 6 % de l'azote total) ;

- l'azote des substances humiques : il constitue la masse azotée la plus importante (2,5 à 5 tonnes d'azote organique/ha/an) et dépend des apports en amendements humiques et des conditions pédoclimatiques.

### **b. L'azote minéral**

Selon Pasquier (2015), l'azote minéral est présent dans la solution du sol, il comprend :

- des ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  libres dans la solution ou retenus sur le complexe argilo-humique;
- des ions nitrates  $\text{NO}_3^-$  libres dans la solution. Ils peuvent être facilement lessivés ;
- des ions  $\text{NO}_2^-$  très rares.

La quantité d'azote minéral est variable, elle dépend du stock de matière organique et des conditions pédoclimatiques (30 à 300 kg d'azote minéral sont libérés /ha/an). L'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$ ) est la seule forme intéressante pour la nutrition minérale de la plante.

L'azote minéral a plusieurs origines : la minéralisation, la nitrification, les apports d'engrais minéraux azotés et les déplacements dans la solution du sol.

#### **II.1.1.3. Les pertes d'azote**

D'après Lerot (2006), les pertes d'azote minéral sont le résultat de trois processus :

- le lessivage hivernal : les nitrates  $\text{NO}_3^-$  en solution sont lessivés ;
- la réorganisation biochimique de l'azote minéral : passage de la forme minérale à celle organique ;
- la dénitrification : transformation des nitrates  $\text{NO}_3^-$  en azote moléculaire  $\text{N}_2$ .

#### **II.1.1.4. Les rôles physiologiques et agronomiques de l'azote**

- Il est l'un des constituant de l'ADN ;
- Il entre dans la composition des protéines cytoplasmiques, membranaires et des chloroplastes ;
- Il est également un constituant des enzymes.
- Il est conserve sous forme de matières de réserves protéiques, principalement dans les graines.

### **II.1.2. Le phosphore (P)**

Le phosphore est un élément isolé en 1669 par BRANDT, indispensable aux végétaux comme aux animaux. De symbole chimique P.

Selon Dumon (1980), son nom correspond bien à sa qualité la plus éclatante de produire la lumière dès qu'il est au contact de l'air (le mot phosphore est d'origine grecque : (Phos : lumière et pherein : porter).

La quantité totale de phosphore présente dans notre planète a été estimée de l'ordre de  $10^9$  t dont dix millièmes  $10^5$  se trouverait présent dans la croûte terrestre. (Gervy, 1970)

D'après Lasnier-Lachaise (1980), le phosphore existe dans le sol sous forme organique et sous forme minérale, la matière organique du sol contient environ 5% de phosphore inclus dans les combinaisons organiques, ce phosphore organique peut minéraliser, par un processus microbien analogue à celui de la minéralisation de l'azote. Le phosphore minéral est principalement sous forme d'ions issus de l'acide orthophosphorique  $\text{PO}_4\text{H}_3$ . Certains de ces ions sont en solution dans l'eau du sol, d'autres sont accrochés à des cations  $\text{Ca}^{2+}$  déjà installés sur le complexe.

Les quantités de phosphore dans le sol s'expriment soit en P soit en  $\text{P}_2\text{O}_5$  (anhydride phosphorique) (Soltner, 1988)

La teneur du sol en phosphore est généralement exprimée en % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  parfois en parties par million (ppm).

### II.1.2.1. Origine du phosphore

#### 1) Origine ignée

Dans les roches magmatiques, le phosphore peut se trouver sous forme de microcristaux d'apatites ou se substituer si un atome de silicium dans le réseau cristallin (Deffeyes et Célimène 2003).

Les roches d'origine ignée contiennent jusqu'à 37% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  et proviennent des terres très anciennes ou elles sont présentes sous forme des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres. Elles résultent d'intrusion du magma dans les roches cristallines. Les sols renferment de 0,2 à 2% de phosphore total, ceux formés sur roches éruptives sont plus riches (2,5 à 3%). (Vilain, 1987).

#### 2) Origine sédimentaire

Près de 90 % des phosphates utilisés sont d'origine sédimentaire, on les trouve dans des étages géologiques très variés, il y a accumulation du phosphore par précipitation de phosphate au fond des mers peu profondes ou des lagunes (Fourrie et al. ; 2011)

#### 3) Autres sources

La matière organique est une source essentielle du phosphore, ce dernier qui est rencontré dans toutes les parties d'une plante sous forme de composés organiques : nucléoprotéines, phytine, lécithine. .

Selon (Fourrie et al., 2011), le squelette d'animaux renferme 80 % du phosphore de l'organisme.

### II.1.2.2. L'état du phosphore dans le sol

Le phosphore existe dans le sol sous deux états :

- ❖ Le phosphore minéral.
- ❖ Le phosphore organique.

#### II.1.2.2.1. Le phosphore minéral

Le phosphore minéral est principalement sous forme d'ions issus de l'acide ortho phosphorique  $\text{PO}_4\text{H}_3$ , soit monovalents, bivalents ou trivalents. Certains de ces ions sont en solution dans l'eau du sol, d'autres sont accrochés à des cations  $\text{Ca}^{2+}$  déjà installés sur le complexe et se trouvent retenus (Lasnier-Lachaise, 1980).

#### II.1.2.2.2. le phosphore organique

Selon Soltner (2000), les formes organiques du phosphore représentent 20 à 80% de phosphore total d'un sol. Le phosphore organique existe sous deux formes :

- ✓ sous forme typiquement organique : nucléoprotéines, lécithinesphytines, dans les matières organique fraîches, les produits transitoires (notamment les corps microbiens), l'humus.
- ✓ en combinaison avec l'humus sous forme d'humophosphates, les plantes absorbent directement certaines formes organique, mais le plus souvent elles absorbent les ions phosphate provenant de la minéralisation des matières organique.
- ✓ l'ensemble du phosphore minéral et du phosphore organique constitue le phosphore total d'un sol. La détermination de cette quantité total du phosphore présente dans un sol est indispensable pour en déduire sa fertilité et le procède à prendre pour son entretien.

#### II.1.2.3. Les rôles physiologiques et agronomiques du phosphore

Selon Pasquier (2015), le phosphore est dans la plante:

- Un activateur de la croissance des bourgeons et des racines.
- Participe au transfert d'énergie dans la plante.
- Un activateur de la synthèse des glucides et leur mise en réserve
- Un facteur de précocité de la mise à fleur et de la fructification.
- Un facteur de résistance au froid et aux ravageurs par suite d'une plus forte teneur en glucides.

Le phosphore est mis en réserve dans les graines sous forme de phytine ou acide phytique.



### II.1.3. Le Potassium (K).

Il est présent à raison de 2 à 4% de la matière sèche et est exprimé sous forme de  $K_2O$  dans les engrais. Le potassium est présent en forte concentration dans les tissus jeunes en pleine croissance et en moindre quantité dans les organes âgés (Lerot, 2006).

Le potassium n'est pas un élément plastique mais un élément à fonction électrochimique et catalytique.

#### II.1.3.1. Les différentes sources de Potassium

Le K lié aux minéraux silicates (mica, feldspath) ainsi qu'aux argiles, vont être libérés progressivement par l'altération des minéraux. Le K échangeable et facilement utilisable dans la solution du sol ou fixé sur le complexe adsorbant.

Le K fixé constitue une réserve lentement utilisable. Les ions  $K^+$  peuvent passer des couches externes aux couches internes des argiles. Selon le type d'argile, la rétrogradation du K le rend différemment échangeable ; ce phénomène étant accentué par l'alcalinisation du sol.

Il y a un équilibre entre ces trois formes et le K dans la plante.

Argile K (non échangeable)  $\leftrightarrow$  K (échangeable)  $\leftrightarrow$  K (engrais)  $\leftrightarrow$  K (plante)

#### II.1.3.2. Les rôles physiologiques et agronomiques du potassium

D'après Lerot (2006), le K dissous dans les liquides cellulaires va jouer un rôle important dans :

- La maintenance et la régulation de la pression osmotique.
- L'équilibre acide-base dans la cellule en évitant son acidification. En fait, il remplace les ions  $H^+$  des composés ( $NO_3^-$ -acides organiques) pendant leur transport dans la plante.
- Il a une action directe sur l'ouverture et la fermeture des stomates participant ainsi à la diminution des risques de flétrissement.
- Constituant de certains enzymes entrant dans la catalyse de la synthèse des protéines, de l'ATP et dans la photosynthèse. Il stimule également les enzymes de la phosphorylation et inhibe celles de la respiration.
- Il facilite le transport des glucides dans la plante, leur transformation en lipides et leur mise en réserve.
- Augmente la résistance au froid et aux cryptogames.
- Favorise le développement du système racinaire et la flexibilité des tissus.
- Il favorise l'assimilation du  $CO_2$  par la plante.

## II.2. Les éléments secondaires ou méso-éléments

### II.2.1. Le Calcium (Ca)

Principalement actif sous forme de carbonate,  $\text{Ca}^{2+}$  est un aliment pour les plantes qui contiennent de 0,14 à 45 % CaO ( $\text{CaO} = 1,4 \text{ Ca}$ ), selon l'espèce, la nature des organes, l'âge ; les graines, fruits, racines et tubercules sont moins riches en Ca que les feuilles. La teneur en calcium des feuilles augmente avec leur âge (UNIFA, 2015).

#### II.2.1.1. Les formes du calcium dans le sol

Le calcium se trouve dans le sol sous plusieurs formes :

- le calcaire inactif est le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) à l'état grossier (blocs, graviers,...). Sous l'action de l'eau et de  $\text{CO}_2$ , il peut être dissout et fournir des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans la solution du sol :  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$ . Le carbonate est altéré et disparaît par décarbonatation, mais la dissolution du carbonate dans l'eau est très faible ;
- le calcaire actif est la fraction de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) qui s'altère rapidement ;
- le calcium soluble se trouve dans la solution sous diverses formes qui libèrent des ions  $\text{Ca}^{2+}$  : la chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , le bicarbonate de calcium  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , le nitrate de calcium  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , les phosphates monocalciques  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  ;
- le calcium échangeable : ions calcium adsorbés sur le complexe argilo-humique et libres dans la solution du sol. Il existe un équilibre d'adsorption - désorption entre eux.

La teneur en calcium sous ces diverses formes définit l'état calcique du sol.

#### II.2.1.2. Les rôles physiologiques et agronomiques du calcium

Augmentation de la transpiration et diminution de l'absorption de l'eau par les racines.

- Composant de la membrane et des parois, auxquelles il donne de la résistance.
- Diminution de la perméabilité de la membrane vis-à-vis de l'absorption du K, du Fe et des métaux lourds toxiques.
- Tout comme le K, le Ca va neutraliser les acides organiques de la vacuole cellulaire avec formation de cristaux tels que l'oxalate, le citrate ou le tartrate de Ca.
- Il entre dans la composition d'enzymes catalytiques comme les ATP ases.
- Augmentation de la résistance, il permet un développement normal des racines
- Améliore la maturation des fruits et des graines.

Des rôles agronomiques indéniables :

- Maintient la structure des sols par la floculation des colloïdes permettant une bonne perméabilité à l'eau et à l'air ainsi que la stabilité du substrat contrairement aux ions monovalents ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{H}^+$ ).

- Régularisation du pH du substrat grâce à l'apport de bases liées au calcium dans les amendements.

### **II.2.2. Le magnésium (Mg).**

Selon UNIFA (2015), le magnésium est un élément important qui se retrouve surtout dans les feuilles comme constituant de la chlorophylle. Il contribue au transfert du phosphore vers les graines, participe à la formation et à la mise en œuvre des sucres, protéines et vitamines. Les prélèvements par les récoltes, accrus par l'intensification et le lessivage, font perdre chaque année au sol de 40 à 60 kg de magnésie ( $\text{MgO}$ ) par hectare ( $\text{MgO} = 1,66\text{Mg}$ ).

#### **II.2.2.1. Les différentes sources de magnésium**

Dans les minéraux magnésiens, les sulfates sont les plus altérables suivit des carbonates et des alumine-silicates qui le sont peu.

Le magnésium échangeable sous forme de  $\text{Mg}^{2+}$  provenant soit de la dissolution des carbonates magnésiens soit de l'hydrolyse des minéraux silicates formant des argiles de type chlorite (Soltner, 2000).

#### **II.2.2.2. Les rôles physiologiques et agronomiques du magnésium**

D'après Lerot (2006), le magnésium a plusieurs rôles très importants :

- Atome central de la molécule tetrapyrrolique des chlorophylles. Il participe également à la synthèse de la xanthophylle et des carotènes donnant la pigmentation des feuilles.

- Activateur des ATP ases ainsi que catalyseur de nombreuses réactions biochimiques (Glycolyse, synthèse des glucides, etc.) dans lequel est engrange le phénomène de phosphorylation.

- Tout comme le calcium et le potassium, le magnésium va neutraliser les acides organiques avec la formation de cristaux tels que l'oxalate, le citrate ou le tartrate de magnésium dans la vacuole cellulaire. Il a donc un rôle de régulation du pH cellulaire.

- Intervient dans le fonctionnement des chloroplastes.

- Permet la liaison entre les deux sous-unités des ribosomes responsables de la transcription de l'ADN en protéines.

- Favorise l'assimilation et la migration du phosphore dans la plante et dans les graines pour former la phytine et les lipides.

- Favorise la formation des fruits et des graines.

- Élève la teneur en vitamine A et C
- Augmente la turgescence par l'hydratation des tissus.

Les rôles agronomiques du magnésium sont semblables à ceux du calcium.

### **II.2.3. Le soufre (S) :**

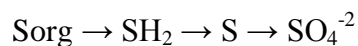
Compose la matière sèche à raison de 0.1 à 0.6% et est exprimé en  $\text{SO}_3$ . Le soufre est considéré comme un élément plastique et catalytique (Pasquier, 2015).

#### **II.2.3.1. Les différentes sources de soufre**

Selon UNIFA (2007), le soufre se retrouve sous trois formes dans les sols

- Composant de la croûte terrestre sous forme de sulfures et de sulfates, notamment dans les roches volcaniques. La forme minérale est composée de  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CuFeS}_2$  (calcopryrite) et surtout le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ). La forme  $\text{SO}_4^{2-}$  est fortement lixiviable.
- Les amendements organiques dans lequel le soufre est sous forme de protéines sulfureuses issus de la décomposition des animaux et végétaux. Il constitue l'essentiel du soufre dans le sol.
- L'atmosphère qui contient de l'anhydride sulfureux ( $\text{SO}_2$ ) issu de la combustion pétrolière ainsi que des éruptions volcaniques. Il est redistribué aux sols par les pluies et est directement absorbé par les feuilles.

La minéralisation du soufre organique est semblable à celle de l'azote.



#### **II.2.3.2. Les rôles physiologiques et agronomiques du soufre**

Selon Lerot (2006), Les rôles du soufre sont multiples et se résument comme suit :

- Il entre dans la constitution de trois acides aminés (la cystéine, la cystine et la méthionine) et donc dans de nombreuses protéines.
- Il compose les molécules organiques volatiles et aromatiques.
- Il est impliqué dans la synthèse des vitamines
- Constituant du coenzyme A jouant un rôle important dans le métabolisme lipidique et glucidique ce qui le rend important dans les essences à graines oléagineuses, les plantes médicinales et aromatiques.
- Composant de différentes enzymes.

### **II.4. Préservation de la fertilité chimique du sol et de l'environnement**

Le sol, support du développement humain et de la plupart des écosystèmes terrestres, est un milieu complexe et multifonctionnel. Il joue un rôle économique de premier plan

notamment dans l'alimentation des populations. Il est également reconnu pour son rôle environnemental (dans les problématiques du changement climatique ou dans la protection des autres ressources en raison notamment de ses capacités de dépollution et de stockage).

Le sol est une ressource non renouvelable et est indispensable aux activités de l'homme ainsi qu'au fonctionnement des écosystèmes terrestres. L'enjeu est donc de préserver cette ressource et de l'améliorer pour qu'elle puisse remplir ses fonctions agricoles et environnementales.

#### **II.4.1. Préservation de la fertilité chimique du sol**

La préservation et l'amélioration de la fertilité chimique du sol est indispensable pour assurer un bon développement des plantes. Cette fertilité est entretenue par différents moyens.

Dans toutes productions végétales, les récoltes exportent des éléments minéraux entraînant un appauvrissement des sols en nutriments des plantes. Les rôles de la fertilisation sont de restituer et de maintenir le potentiel nutritif des sols en apportant l'ensemble des éléments nutritifs indispensables au développement des cultures mais également d'améliorer et de régénérer leurs fonctions agronomiques vitales dépendantes des restitutions de matières organiques.

#### **II.4.2. Matière organique base de la fertilité du sol**

La fertilisation organique ou amendements, c'est l'incorporation au sol, de matières organiques plus ou moins décomposées, tels que les fumiers (un mélange d'excréments animaux et de litière) et le compost (qui consiste en matériel organique d'origine animale et végétale, décomposé en partie par fermentation). Elle permet d'améliorer la structure du sol et d'augmenter la capacité du complexe argilo-humique à stocker les éléments nutritifs. Le processus de minéralisation de la matière organique libère de manière progressive les éléments nutritifs dont la plante a besoin pour son développement.

Selon FERTIAL (2010), avant de penser à appliquer des engrais, assurez-vous que tous les déchets organiques soient utilisés. Les engrais organiques sont précieux, non seulement parce qu'ils apportent aux plantes des éléments nutritifs mais aussi parce qu'ils ont un effet favorable sur l'état du sol en général.

#### **II.4.3. La fertilisation minérale des sols**

La fertilisation minérale, c'est l'action qui consiste à effectuer des apports d'engrais minéraux, nécessaires au bon développement des végétaux. Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter

aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement des cultures et la qualité des produits.

La fertilisation a pour principal objectif l'entretien de la fertilité du sol pour satisfaire les besoins des cultures.

La combinaison d'engrais organiques et minéraux crée les conditions de milieu idéales à la culture, car les engrais organiques améliorent les propriétés du sol alors que les engrais minéraux apportent aux plantes les éléments nutritifs nécessaires.

#### II.4.4. Préservation de l'environnement

L'utilisation des engrais minéraux n'est pas sans conséquence sur la dégradation de l'environnement. D'après CDAQ (2005), parmi les formes de pollution associées aux éléments fertilisants on a :

- **Lessivage** ; perte des minéraux de haut en bas dans le profil du sol, vers les drains et la nappe phréatique. La forme nitrate de l'azote est très soluble, peu retenue par le sol et donc particulièrement sensible au lessivage. Dans les sols très riches en phosphore, une partie peut être lessivée dans les eaux de drainage. Les nitrates sont essentiels pour la croissance des végétaux, et sont présents dans la composition des engrais naturels comme le fumier. Cependant, à forte concentration, ils sont très nocifs pour l'environnement. L'apport de nitrates sous forme d'engrais pratiqué en agriculture intensive est en quantité excessive par rapport à ce que peuvent consommer les végétaux, d'où un surplus rejeté dans l'environnement.
- **Ruissellement** ; perte des minéraux par transport à la surface du sol vers les fossés et les cours d'eau. Lorsque l'eau érode le sol, elle entraîne les particules les plus fines et les plus riches (argile et humus). Le phosphore peut ainsi être entraîné hors du champ avec l'eau de ruissellement.
- **Volatilisation** ; perte dans l'air sous forme gazeuse. Concerne la production d'ammoniaque, forme gazeuse de l'azote. Par exemple, l'urée (l'engrais minéral 46-0-0), laissée en surface en condition chaude et sèche peut perdre jusqu'à 20 % de sa valeur fertilisante. L'odeur d'ammoniac des engrais de ferme constitue aussi une perte d'azote. Un lisier laissé en surface perdra en moyenne au cours des premières heures plus de 50 % de son azote ammoniacale.
- **Dénitrification** ; dans des sols lourds, compacts et mal drainés, le nitrate se transforme en protoxyde d'azote  $N_2O$ . En plus d'être un puissant gaz à effet de serre

(310 fois plus que le CO<sub>2</sub>), cette forme d'azote n'est plus disponible pour la croissance des plantes.

Les effets négatifs des applications des engrais, peuvent être évités ou effacés par une bonne gestion. Une fertilisation équilibrée permet de venir à bout des risques de l'épuisement nutritif et de la disparition de la fertilité du sol. Une gestion avisée des éléments nutritifs des plantes peut empêcher la pollution, principalement grâce à des pratiques réduisant les pertes d'éléments nutritifs dans les nappes aquifères ou l'atmosphère. Ces pratiques incluent une fertilisation équilibrée, opportune et ciblée, combinée avec d'autres pratiques (comme les variétés améliorées, la gestion de l'eau et la protection des plantes) qui stimulent une absorption maximale des éléments nutritifs des plantes par la culture. Une attention particulière doit être portée au contrôle des pertes dues à l'érosion du sol et au ruissellement, et ce par une gestion appropriée des terres (FAO, 1999).

Les matières organiques jouent un rôle important dans le fonctionnement global du sol au travers de ses composantes physiques, biologiques et chimiques, qui ont des conséquences majeures pour la fertilité des sols. L'apport de la matière organique au sol réduit les risques des pollutions induites par l'utilisation des engrais minéraux. Par exemple l'utilisation des engrais verts qui sont selon Leplatou Védie (2005), des plantes fourragères (graminées, légumineuses ou crucifères) cultivées pour être enfouies dans le sol, dans le but d'améliorer sa fertilité.

**III.1.Échantillonnage**

L'échantillonnage a été effectué pendant la période printanière de l'année 2015. Les échantillons du sol ont été prélevés à partir de quatre parcelles (sol nu, sol cultivé en céréale, sol occupé par l'arboriculture fruitière et un sol occupé par la culture maraîchère), en utilisant une tarière. Les échantillons de sol ont été prélevés au niveau de trois horizons (0-20cm), (20-40 cm) et (40-60cm).

En prélevant les échantillons, nous avons évité de prélever dans les endroits particuliers tels que les zones tassées, les bordures de champ, les zones de passages des animaux.

Le nombre total des échantillons est dou

ze, qui sont répartis de façon aléatoire sur notre région d'étude. Les échantillons prélevés sont mis dans des sacs en plastique étiquetés et sont soumis au séchage à l'air libre pendant trois jours, une fois les échantillons sont secs, ils sont broyés et tamisés à 2mm, la terre fine est conservé jusqu'au moment des analyses.

**III.2. Les analyses physico-chimiques pour la caractérisation du sol**

Pour essayer d'évaluer l'état de fertilité chimique des sols de la région du haut Chélif, des analyses chimiques sont effectués sur les échantillons du sol de trois horizons en quatre répétitions.

**III.2.1. La granulométrie**

La détermination de la composition granulométrique se fait par l'analyse mécanique utilisant la pipette ROBINSON.

Cette méthode consiste à faire subir à la terre fine :

- ✓ Pour détruire la matière organique en fait une attaque par l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) puis mètre l'échantillon en suspension par une solution dispersante (hexmétaphosphate de sodium), sel neutre qui élimine tous les ions maintenant les colloïdes à l'état floclé.
- ✓ Si la dispersion terminé, on a fait la séparation des différentes particules selon leur diamètre par : la sédimentation et siphonage (tamisage par l'eau)



**III.2.2. Le pH du sol**

Le pH ou potentiel Hydrogène est une mesure de l'acidité du sol. C'est un paramètre qui mesure la concentration des protons  $H^+$ , qui sont fixés sur le complexe argilo-humique.

La mesure est effectuée sur une suspension terre/solution soit dans le témoin soit dans des solutions normales de KCl par la méthode électro-métrique au moyen d'un pH -mètre à lecture directe. Le pH est un mode d'expression de la concentration en ions hydrogène dans un apport terre fine/eau (1/2.5) ; il s'exprime selon un échelle de 0 - 14 il est de valeur faibles avec  $pH < 6.5$  indiquant une acidité ; la valeur  $>7.5$  correspond à un pH basique, la valeur entre 6.5 et 7.5 indique un milieu neutre.

**III.2.3. La conductivité électrique des extraits aqueux de sol**

Les sels solubles dans le sol sont déterminés en analysant les cations et les anions dans un extrait aqueux.les méthodes d'extraction des sels les plus utilisées sont l'extrait de pate saturée (qui donne une meilleure représentation des caractéristiques actuelles de la solution du sol), et l'extrait dilué selon un rapport terre/eau de 1/5 (qui est plus facile et plus rapide à réaliser).

**III.2.4. Matière organique**

Pour déterminer le taux de la matière organique d'un sol, en réalisée indirectement le dosage de la teneur en carbone organique, en utilisent la méthode ANNE (1945).

Cette méthode est consiste à oxyde à chaud le carbone de la matière organique contenu dans un échantillon de sol avec utilisation d'un oxydant : le bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_2$ ) en milieu sulfurique. L'excès de bichromate de potassium est titré par le sel de MOHR

$$\%C = (V' - V) \cdot 0.0615 / p$$

**V'** = volume du témoin

**V** = volume de l'échantillon

**P** = poids de sol (1gramme)

Le taux de matière organique est calculé en teneur en carbone par un coefficient stable.  
**%MO=%C 1.72**

### **III.2.5. Calcaire total**

Calcaire total : c'est l'ensemble du calcaire de sol représenté sous toutes dimensions (toutes les tailles). Sa quantité dans le sol peut être déterminée après sa dissolution par un acide moyennement concentré.

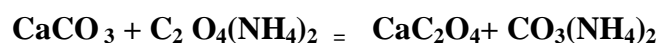
Le plus souvent cette variable est déterminée par « calcimètre volumétrique » c à d par mesure du volume de CO<sub>2</sub> dégagé suite à l'action d'un excès de l'acide chlorhydrique sur un poids connu d'échantillon du sol.



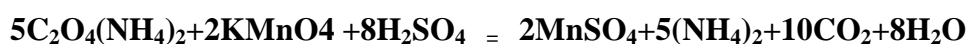
On recueille le gaz et on mesure le volume dégagé. Cette méthode utilise le calcimètre de Bernard.

### **III.2.7. Calcaire actif**

Le calcaire actif correspond au calcaire très fin, susceptible de libérer du calcium dans le sol. En utilisant la méthode (Drouineau) il est défini comme étant le calcaire solubilisé par une solution d'oxalate d'ammonium N/5 à pH 9.



Après action de la solution oxalique, on dose par manganométrie l'excès d'ammonium



On laisse en contact pendant un temps on ajoute à la terre fine une solution aqueuse d'oxalate d'ammonium. Le calcaire actif se dissout et il est tout de suite précipité sous forme d'oxalate de calcium. On dose ensuite la quantité d'oxalate d'ammonium en excès par le permanganate de potassium.

### **III.2.8. Capacité d'échange cationique et les bases échangeables**

La capacité d'échange cationique peut être déterminée en saturant le complexe absorbant par un cation judicieusement choisis, qu'on déplace par un autre cation et qu'on dosera ensuite par photométrie d'émission à flamme.

Les bases échangeables sont dosées par la méthode SCHLLENBERGER, dont le déplacement des cations se fait par une solution normale et neutre d'ammonium. Le dosage de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  se fait spectrométrie d'absorption atomique, le dosage de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  par spectrométrie de flamme

### **III.3. Les analyses chimiques pour la caractérisation de la teneur en éléments minéraux étudiés**

Des analyses chimiques ont été effectuées sur nos échantillons dans le but d'une détermination de la teneur en éléments majeurs et secondaires.

#### **III.3.1. Dosage de l'azote total**

L'azote est un élément très important dans la nutrition des plantes. Pour le doser nous avons utilisé la méthode de Kjeldahl, qui est une technique de détermination du taux d'azote dans un échantillon de sol.

Pour le doser en sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acide-base.

La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, en présence d'un mélange de catalyseurs ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  et  $\text{CuSO}_4$ ). L'utilisation de ce catalyseur permet une minéralisation plus rapide.

Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisat sous forme de  $\text{NH}_4^+$ . Le dosage de l'azote total est un dosage acide-base. Les ions ammonium du minéralisat se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on peut les doser directement. Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisat sous forme de  $\text{NH}_3$  (ammoniac), puis il faudra récupérer l'ammoniac seul pour pouvoir le doser à l'aide d'une solution étalonnée d'acide fort. Pour isoler l'ammoniac on procède par distillation.

#### **III.3.2. Dosage du phosphore assimilable**

Le dosage du phosphore assimilable se fait par la méthode [OLSEN].

Le phosphore assimilable est difficile à évaluer car le phosphore existe dans le sol sous différentes formes dont les conditions d'extraction (PH, force ionique de la solution) peuvent être différentes selon la nature des réactifs utilisés.

Par ailleurs, il n'y a pas de méthodes précises permettant d'évaluer les réserves potentielles susceptibles d'être libérées à court terme. En générale, l'extraction de ces réserves est réalisée par des réactifs puissants acides tel que HCl ou HNO<sub>3</sub>.

Enfin, la teneur totale du phosphore du sol est facile à évaluer. Le phosphore total est extrait par une attaque acide à température élevée.

L'extraction de l'acide phosphorique dans cette méthode est faite avec une solution de NaHCO<sub>3</sub> 0.5 M dont le PH est de l'ordre de 8.5 dans ces sols contenant des phosphates calciques, le bicarbonate de sodium diminue la concentration en calcium de la solution par précipitation du calcium sous forme de CaCO<sub>3</sub> et augmente la concentration de la solution en phosphore.

### **III.3.3. Dosage de potassium**

La méthode consiste à extraire le potassium soluble et échangeable avec une solution d'acétate d'ammonium 1N à PH 7. Le potassium soluble est dissout et extrait par la solution d'acétate d'ammonium, le potassium échangeable est déplacé par l'ammonium et il est libéré dans la solution d'extraction. Le potassium extrait, qui constitue le potassium assimilable, est dosé par spectrophotométrie.

### **III.3.4. Dosage du calcium et magnésium assimilables**

Le dosage du calcium et magnésium se fait par la méthode volumétrique à l'EDTA sel disodique, en présence du calcium et magnésium la complexation (EDTA), donne des complexes stables.

Le dosage se fait par titrage en présence de colorants servant d'indicateur de fin de réaction le noir ériochrome T et le murexide.

### **III.3.4. Dosage des sulfates [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] :**

Le dosage de sulfate se fait par la méthode colorimétrique.

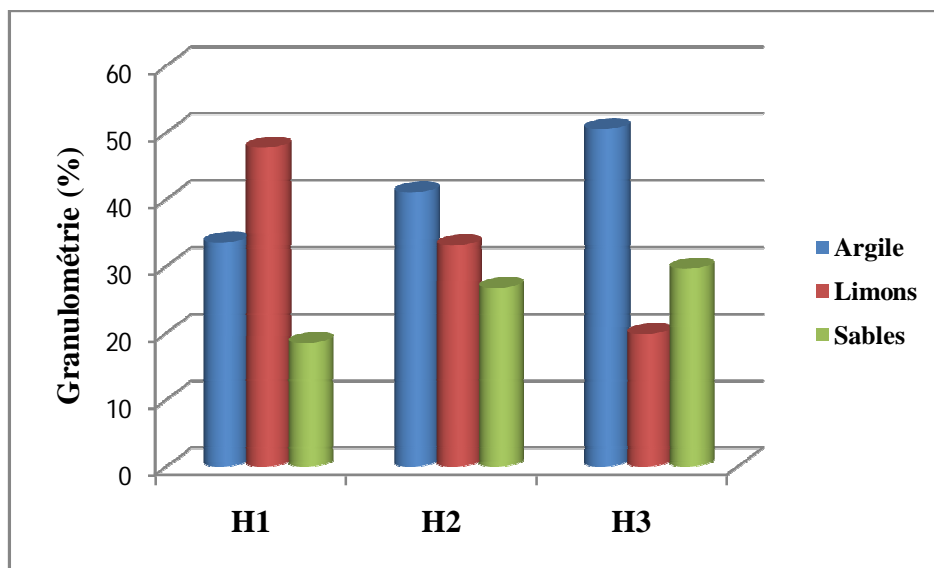
Les ions sulfates sont précipités par le chlorure de baryum sous forme de sulfate de baryum .



Le précipité très fin est maintenu en suspension avec un produit tensioactif (gélatine).sur le trouble stabilisé, on fait une mesure turbidimétrie à 490 nm.

**Partie IV : Résultats et discussion****IV.1. La caractérisation des sols de la région****IV.1.1. l'analyse Granulométrique**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres. Le diagramme des textures montre que les sols étudiés sont situés dans la bande des argiles à limono- argileux.



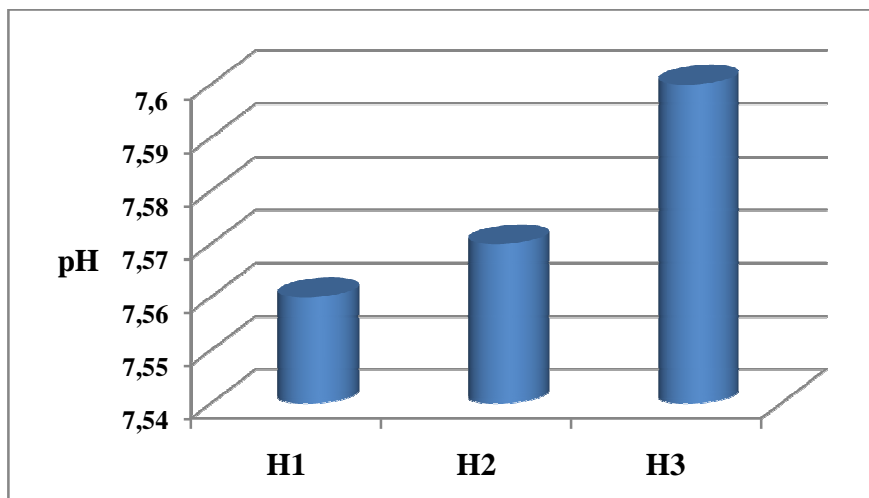
**Figure 11 : Variation de la composition granulométrique en fonction de la profondeur.**

A partir de la figure 11, nous remarquons que le taux des argiles est très important dans le dernier horizon, par contre le taux le plus faible est enregistré au niveau du premier horizon, qui contient le taux le plus élevé en limons. Ceci s'explique par le fait que les sols de la plaine sont formés par des dépôts des alluvions.

Les sols étudiés sont caractérisés par un taux d'argile qui varie entre 33.5 % et 50.5, cela rejoint les données de Boulaine (1956) (voir Annexe).

### IV.1.2. Le pH

Le pH est la quantité d'ions  $H^+$  dissociés présents dans une solution à un instant donné. Les valeurs de pH de notre sol d'étude sont presque égales pour les trois horizons. La figure suivante nous donne les variations du pH des sols de la région de khemis Miliana en fonction de la profondeur.



**Figure 12 : Variation du pH dans les sols en fonction de la profondeur.**

Les sols du haut Chélif sont alcalins d'après les normes d'interprétation du (Mémento de L'Agronome, 1998). Le pH peut être d'origine organique ou minérale et varie en fonction de la nature de la roche mère, des conditions climatiques, des apports en engrais.

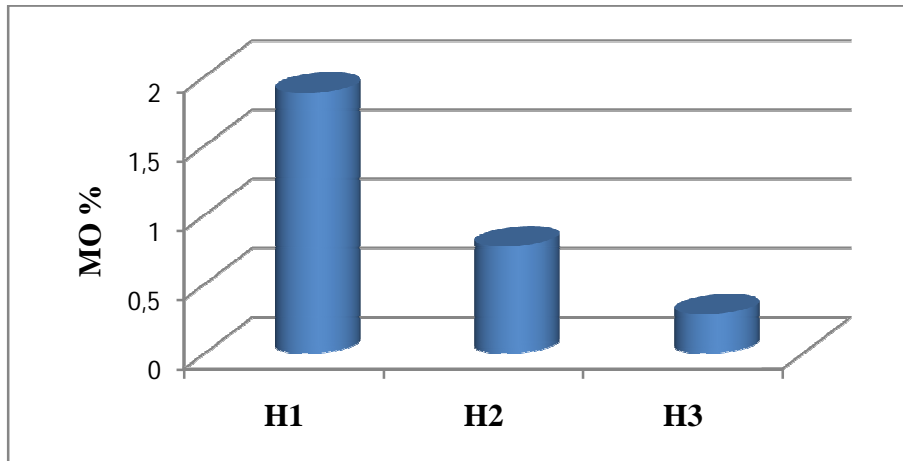
Selon London (1991), un sol légèrement alcalin influence la dynamique des éléments minéraux dans le sol, par conséquent il conditionne la disponibilité de quelques éléments nutritifs comme le phosphore et les oligo-éléments.

### IV.1.3. La matière organique

La matière organique joue un rôle très important dans le sol en influençant ses propriétés physiques, chimiques et biologique, en assurant aussi la libération des éléments nutritifs indispensables au développement des plantes.

Les résultats de la teneur en matière organique des sols de notre région d'étude sont donnés par le tableau suivant.

Figure qui suit illustre les résultats de la variation de la teneur en matière organique de notre région d'étude.



**Figure 13 : Variation de la teneur en matière organique en fonction de la profondeur.**

La figure 13, montre clairement que le taux de la matière organique est élevé à la surface et diminue avec la profondeur.

Les différents résultats d'analyses montrent que la teneur des sols de la zone d'étude en matière organique est généralement faible avec une teneur de 1.88 % pour l'horizon de surface H1 (voir Annexe).

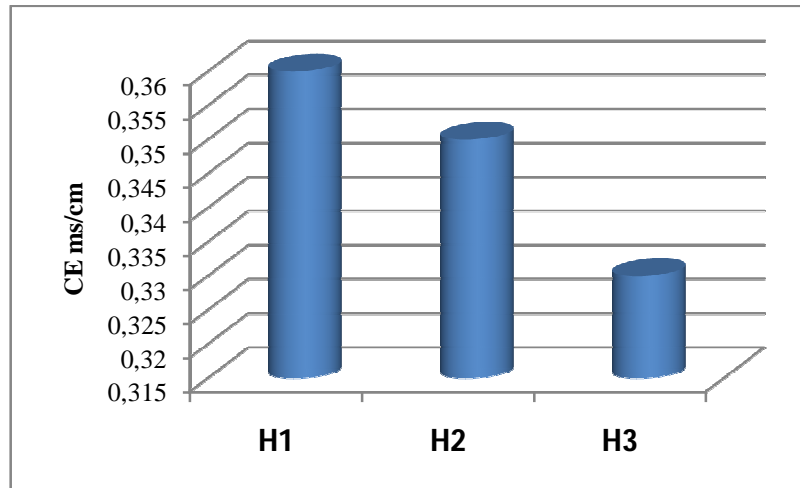
Selon Soltner (2000), le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1.8 % de la masse des sols. Ce qui explique ce taux élevé à la surface de notre sol d'étude.

#### **IV.1.4. Conductivité électrique (C.E)**

La conductivité électrique permet de mesurer la salinité d'un sol (la teneur globale en sels solubles) (Aubert, 1978).



La figure 14 nous explique la variation de la valeur de la conductivité électrique de notre sol d'étude selon la profondeur.



**Figure 14 : Variation de la conductivité électrique en fonction de la profondeur.**

A partir de la figure 14, nous remarquons que pour toutes les régions les sols présentent des valeurs qui se rapprochent pour les trois horizons ; avec la plus grande concentration dans l'horizon de surface (H1) (voir Annexe).

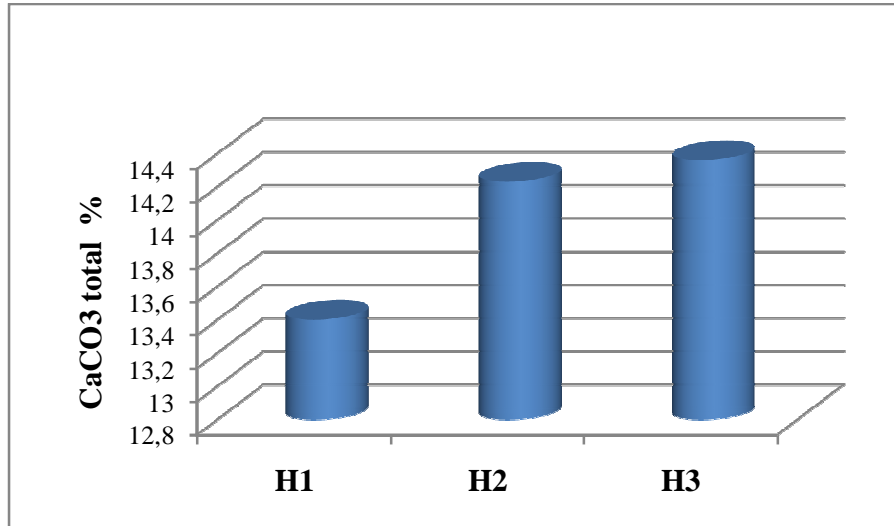
Les sols de la région sont non salés. Ce qui indique alors que ces sols sont propices pour la plus part des cultures (Soltner, 2000).

#### **IV.1.5. Calcaire total**

Le calcaire total est une des composantes héritées du sol, éventuellement légèrement modifiable par apports massifs et répétés d'amendements basiques. La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique, qu'il est nécessaire de compenser par des apports réguliers d'amendements basiques (chaulage) (LANO, 2015).

L'analyse du calcaire total est nécessaire pour affiner la caractérisation des constituants du sol et améliorer les choix stratégiques en termes de chaulage.

La figure suivante nous donne les variations du taux du calcaire des sols de la région de Khemis Miliana en fonction de la profondeur.



**Figure 15 : Variation de la teneur en calcaire total en fonction de la profondeur.**

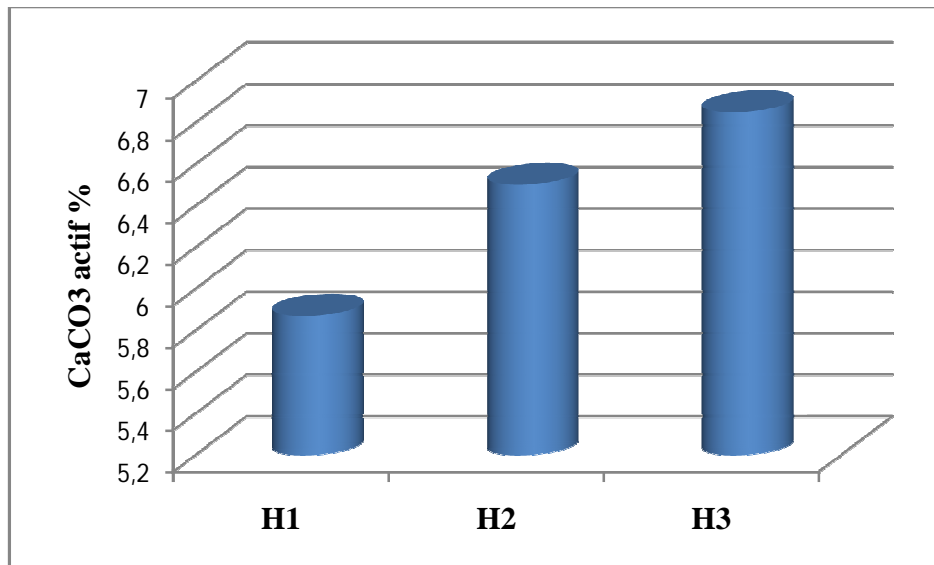
D'après la figure, on constate que la valeur la plus importante du calcaire totale est obtenue au niveau de l'horizon H3 et celle la plus faible dans l'horizon H1, avec les valeurs de 14.36% et 13.40 % (voir Annexe).

Le calcaire peut avoir des effets néfastes ou bénéfiques sur les plantes. Tout dépend de l'environnement naturel. En effet, certaines plantes poussent dans des environnements dépourvus de calcaire, tandis que d'autres prospèrent naturellement dans des milieux riches en calcaire.

#### **IV.1.6. Calcaire actif**

Selon LANO (2015), le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. La présence de calcaire actif peut induire, dans certains sols pauvres en fer libre, un risque de chlorose ferrique, ainsi que l'insolubilisation de certains éléments minéraux indispensable au développement des plantes.

Les variations du calcaire actif pour les différents points d'échantillonnage sont rapportées par la figure 16.



**Figure 16 : Variation de la teneur en calcaire actif en fonction de la profondeur.**

De la figure 16 il ressort que l'horizon profond enregistre la valeur la plus élevée du calcaire actif alors que la valeur la plus faible est marquée au niveau de l'horizon H1, ce qui diminue les risques de l'insolubilisation et de blocage de quelques éléments nutritifs dans le sol.

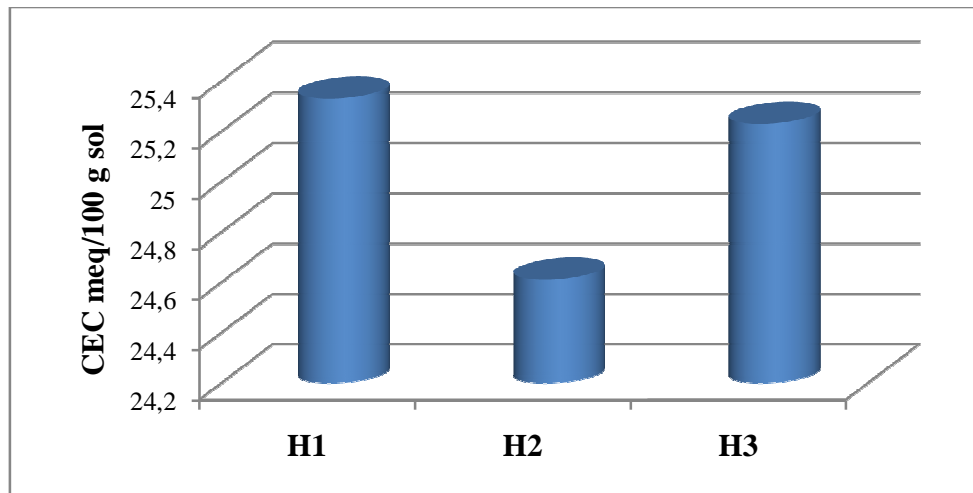
#### **IV.1.7. Capacité échange cationique CEC**

La capacité d'échange cationique exprime l'aptitude d'un matériau à retenir des cations sous forme échangeable. C'est une propriété des sols à la fois utile et intéressante (Calvet, 2003).

Les résultats de la capacité d'échange cationique obtenus sont présentés dans le tableau 15

La variation de la CEC des sols de la région de Khemis Milana en fonction de la profondeur est donnée par la figure suivante.

L'ensemble des résultats d'analyse montrent que au niveau des sols de la région, la CEC est élevée (Foucard, 1994), la valeur la plus importante est enregistrée au niveau de l'horizon H1 avec 25,33 meq/g sol (voir Annexe).



**Figure 17 : Variation de la CEC en fonction de la profondeur.**

Les valeurs de CEC pour les profils sont élevées en surface par rapport aux horizons inférieurs. Selon Tessier (1999), la capacité d'échange cationique augmente avec la teneur en argile du sol et en matière organique, il est logique donc que les concentrations de capacité d'échange cationique maximales soient plus élevées dans le cas des sols étudiés à texture fine (limoneuse–argileuse).

#### **IV.1.8. Les bases échangeables**

Le complexe absorbant désigne l'ensemble des colloïdes minéraux et organiques dotés de charges négatives susceptibles de retenir des cations sous la forme dite échangeable (Duchaufour, 1988). Les bases fixées sous forme échangeable sur le complexe absorbant correspondent aux cations  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . Le tableau suivant nous donne les résultats concernant les bases échangeables dans les sols de notre région d'étude.

**Tableau 06 : Variation de la teneur en bases échangeables des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100g sol).**

Echantillon	Bases échangeables (meq/100g sol)				Taux de saturation
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	V%
<b>H1</b>	16.14	4.94	0.15	1.30	90.33
<b>H2</b>	14.13	4.85	0.09	1.25	83.24
<b>H3</b>	14.03	4.55	0.12	1.75	80.10

L'analyse de certains rapports des cations métalliques ou bases échangeables est importante pour déterminer les aptitudes culturales d'un sol. Ainsi, pour un bon équilibre entre le Ca<sup>++</sup> et le Mg<sup>++</sup> dans un sol, le rapport Ca<sup>++</sup> /Mg<sup>++</sup> devrait être au moins de 1,0. Lorsque ce rapport est compris entre 1,5 et 5,0, il est satisfaisant pour la plus part des cultures Boyer (1982).

Ce rapport est de 3.27, dans l'horizon de surface (H1), la partie occupée par les racines, de notre sol d'étude. Il indique donc que ces sols sont propices pour la plus part des cultures.

Nous remarquons aussi que notre sol est saturé en bases échangeables dans les trois horizons avec la valeur la plus importante enregistrée au niveau de l'horizon de surface

#### **IV.2. La teneur en éléments majeurs et secondaires des sols de la région**

Les éléments minéraux sont indispensables à la bonne croissance des végétaux, par notre étude nous avons essayé de caractériser la teneur en éléments majeurs et secondaires des sols du Haut chéiff, cas de Khemis Miliana. Pour cela nous avons choisis d'échantillonner quatre parcelles qui sont les suivantes :

- Parcelle non cultivée (SN (sol nu)) ;
- Parcelle occupée par la culture maraichère (CM) ;
- Parcelle occupée par la culture céréalière (CC);
- Parcelle occupée par l'arboriculture fruitière (CF) ;

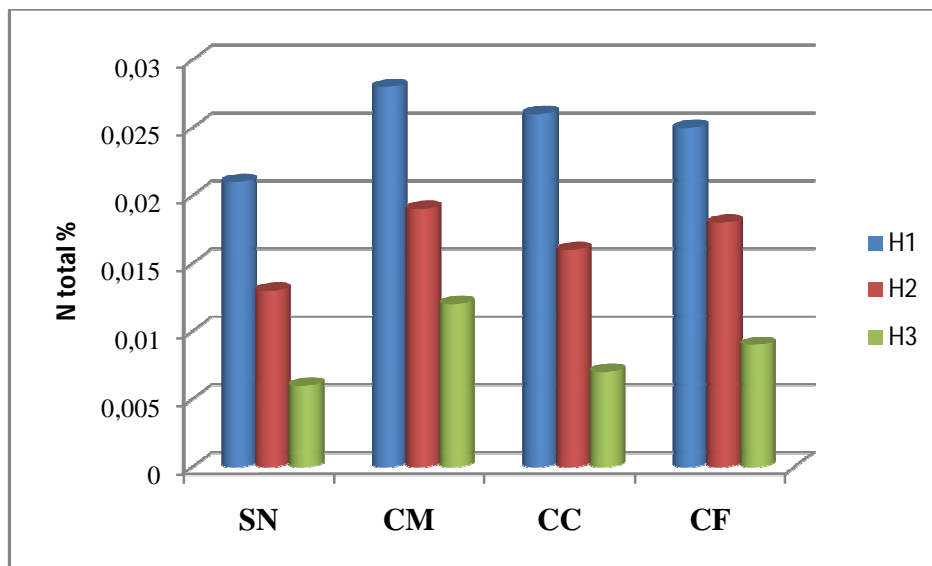
Des analyses sont réalisées pour chaque échantillon en trois répétitions. Les analyses ont porté sur la détermination de : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et le soufre.

#### IV.2.1. La teneur en éléments majeurs des sols de la région

##### IV.2.1.1. L'azote

L'azote se trouve dans le sol sous trois formes: organique, ammoniacale et nitrique, représentant trois stades de décomposition biologique des matières organiques (Villain, 1997). L'essentiel de la nutrition azotée des plantes est assurée par les nitrates.

Les variations de la teneur en azote dans les parcelles étudiées sont rapportées par la figure suivante.



**Figure 18 : Variation de la teneur en azote total des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.**

D'après la figure 18, nous remarquons que pour les quatre parcelles l'horizon de surface enregistre la valeur la plus élevée, nous remarquons aussi que le sol occupé par les cultures maraichères représente la valeur la plus importante en azote et pour les trois horizons, tandis que le sol nu marque le pourcentage le plus faible.

Au niveau de région d'étude à vocation agricole, nous avons remarqué que la culture maraichère utilise des quantités très importantes d'engrais, surtout des engrais minéraux composés NPK.

En ce référant aux normes d'interprétation (Soltner, 2000), un sol contenant une teneur inférieur à 0.05, est un sol qui a des teneurs très faibles en azote (voir Annexe).

Par conséquent les sols des parcelles de la région d'étude ont des teneurs faibles en azote total. La principale source de l'azote dans le sol est la matière organique, notre sol, présente le taux le plus élevé de matière organique dans l'horizon H1, ce qui explique que notre sol présente les teneurs les plus élevées en azote dans les horizons de surface.

#### IV.2.1.2. Le phosphore

Dans notre étude nous avons déterminé la teneur en phosphore assimilable, sachant que cet élément nutritif est essentiel de la nutrition minérale des plantes au même titre que l'azote.

Le phosphore assimilable, représente l'ensemble du phosphore d'un système solution qui peut rejoindre la solution sous forme d'ions phosphate pendant un temps compatible avec les possibilités de prélèvement du végétal en croissance (Soltner, 2000).

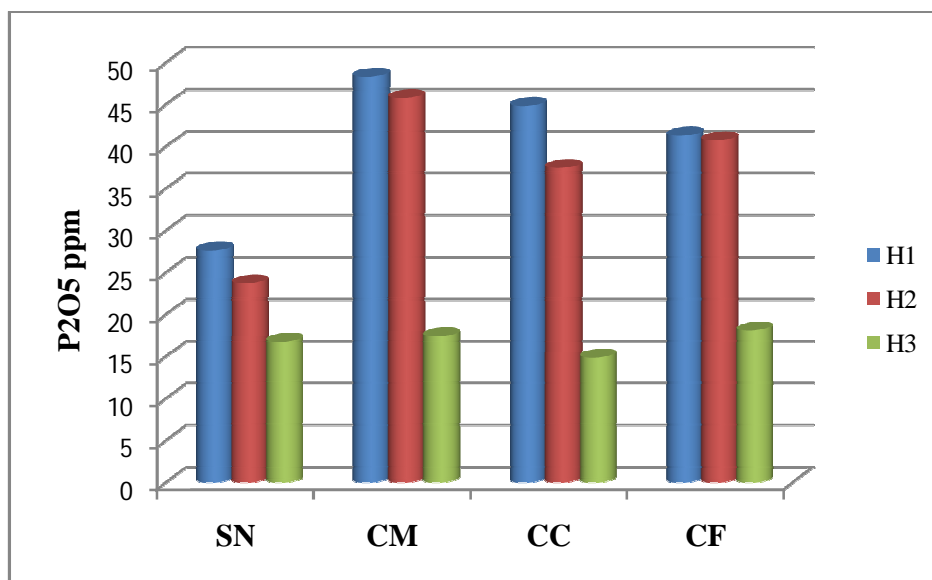


Figure 19 : Variation de la teneur phosphore des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.

Les résultats illustrés par la figure 19, montrent que les teneurs les plus élevées sont données par les parcelles cultivées, avec la plus grande valeur enregistrée par les cultures maraichères. Car cette culture consomme des quantités très importantes d'engrais minéraux, sachant que juste avant notre échantillonnage des engrais NPK été apporté à cette dernière.

Les résultats indiquent, selon les normes de Calviet et Villemin (1986), que notre sol représente des teneurs moyennes en phosphore assimilables dans l'horizon de surface (H1 et H2) pour les parcelles cultivées, alors que le sol marque des teneurs faibles au niveau du sol nu et aux niveaux de l'horizon H3 dans toutes les parcelles (voir Annexe).

La figure montre aussi que l'horizon H3 se caractérise par des teneurs très faibles en phosphore assimilable pour les quatre parcelles étudiés.

La matière organique constitue une source essentielle du phosphore, ce dernier est rencontré dans toutes les parties d'une plante sous forme de composés organiques : nucléoprotéines, phytine, lécithine..., le taux de la matière organique est généralement faible dans notre sol ce qui peut expliquer ce résultat.

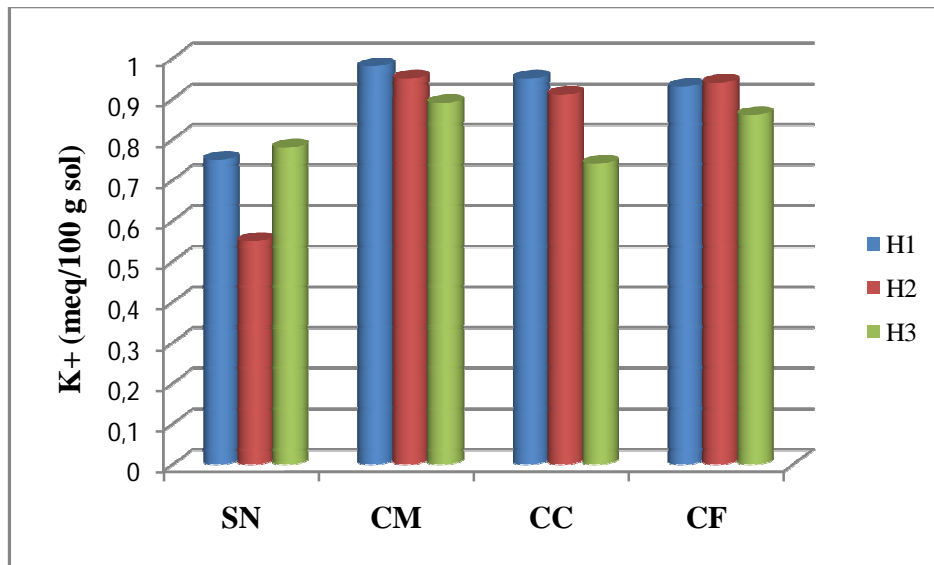
#### **IV.2.1.3. Le potassium**

Le potassium est indispensable à la vie : il participe directement à la formation et à la croissance des cellules.

D'après ns résultats d'analyses et selon les normes d'interprétation (Soltner, 1998), une valeur comprise entre 0.9 et 1.2 meq/100g sol, indique que le sol a une teneur moyenne en potassium. A partir de nos résultats d'analyses, notre sol est moyennement pourvu en potassium assimilable, ce qui constitue un bon approvisionnement des plantes en cet élément essentiel à leur vie (voir Annexe).

Les variations de la teneur en potassium en fonction de la profondeur sont données par figure suivante.





**Figure 20 : Variation de la teneur en potassium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.**

A partir de cette figure nous remarquons que c'est la parcelle occupée par la culture maraichère qui donne les teneurs les plus élevées pour les trois horizons, tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau du sol nu. Cette hausse dans les valeurs est expliquée par les différents apports du potassium sous forme d'engrais minéraux ou organiques aux cultures.

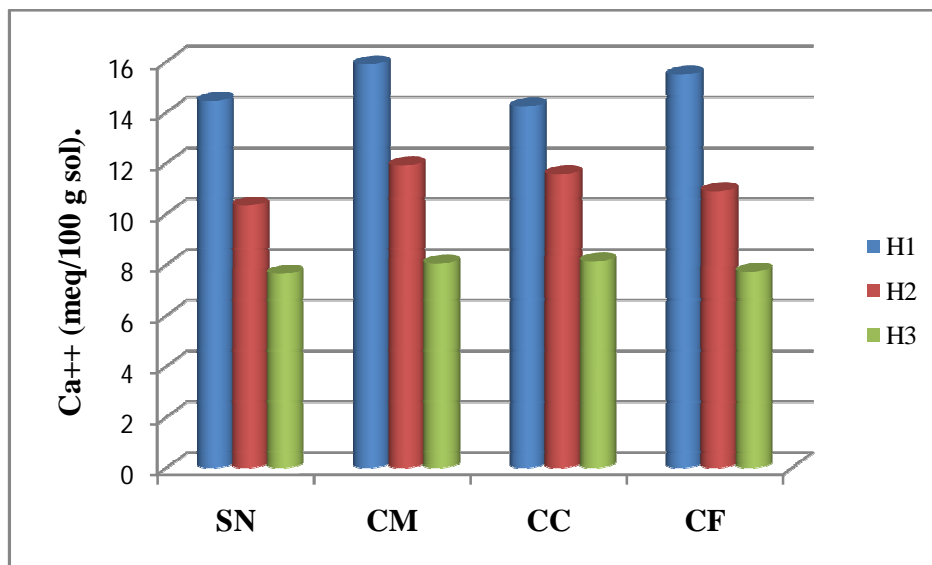
Nous remarquons aussi que les horizons profonds représentent toujours les quantités les plus faibles. La non disponibilité du potassium dans ce sol est dû à la pauvreté de ce dernier en potassium, aux pertes par lessivage, car selon Kirreche (1993), notre région se caractérise par un sol perméable, ainsi que la présence des fissures en profondeur. Et aussi la présence du taux très élevé en argiles provoquant la rétrogradation du potassium. D'après Legros (2007), on dit que le potassium est rétrogradé quand les ions  $K^+$  passent de la surface externe des argiles pour s'insinuer à l'intérieur, entre les feuillets d'argile (surtout les montmorillonites et les illites). La rétrogradation des ions  $K^+$  rend leur mobilisation difficile.

## IV.2.2. La teneur en éléments secondaires des sols de la région

### IV.2.2.1. Le calcium

Le calcium soluble est celui qui se trouve ou est apporté sous forme de bicarbonate  $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ , de chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , de nitrate de calcium  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ou de phosphate monocalcique  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Toutes ces formes libèrent du calcium dans la solution du sol et participent à saturer le complexe adsorbant (Anonyme, 2015).

Les variations de la teneur en calcium en fonction de la profondeur sont rapportées à la figure suivante.



**Figure 21 : Variation de la teneur en calcium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.**

La figure 21 montre que la teneur en calcium assimilable la plus élevée est donnée par les cultures maraichères, alors que la plus faible est enregistrée au niveau du sol nu. Ces teneurs élevées sont dû à la présence du calcaire dans notre sol d'étude. La dégradation de ce calcaire libère du calcium dans le sol.

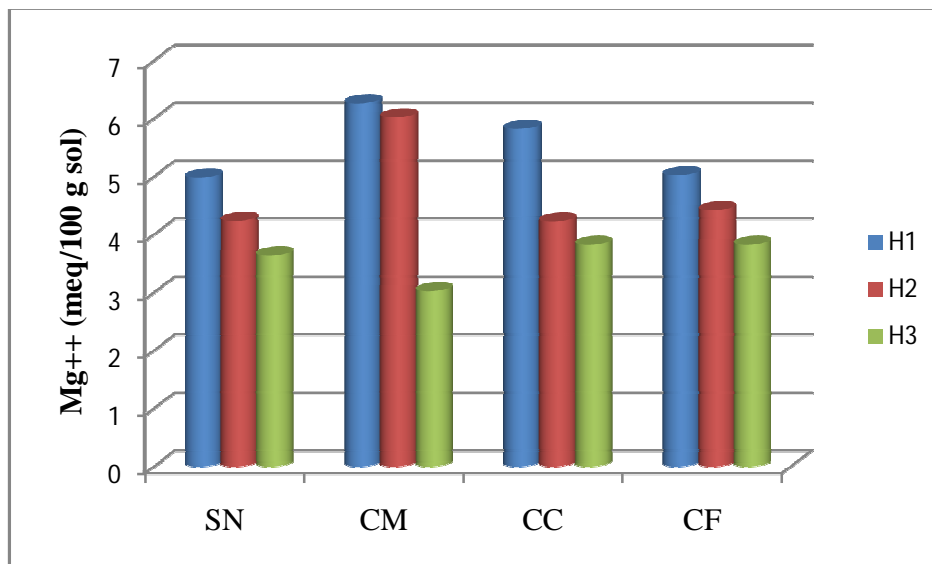
Les valeurs obtenues en calcium assimilables sont comprises entre 10 et 20 meq/100 g sol, les horizons de surface (H1 et H2) de ces parcelles sont donc riches en calcium (Gros, 1979). Par

contre les horizons profonds enregistrent des teneurs en dessous des normes optimums (voir Annexe).

#### IV.2.2.2. Le magnésium

Le magnésium est presque toujours associé au calcium et se trouve dans les sols sous les mêmes formes

Les variations de la teneur en magnésium en fonction de la profondeur sont données par la figure suivante.



**Figure 22 : Variation de la teneur en magnésium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.**

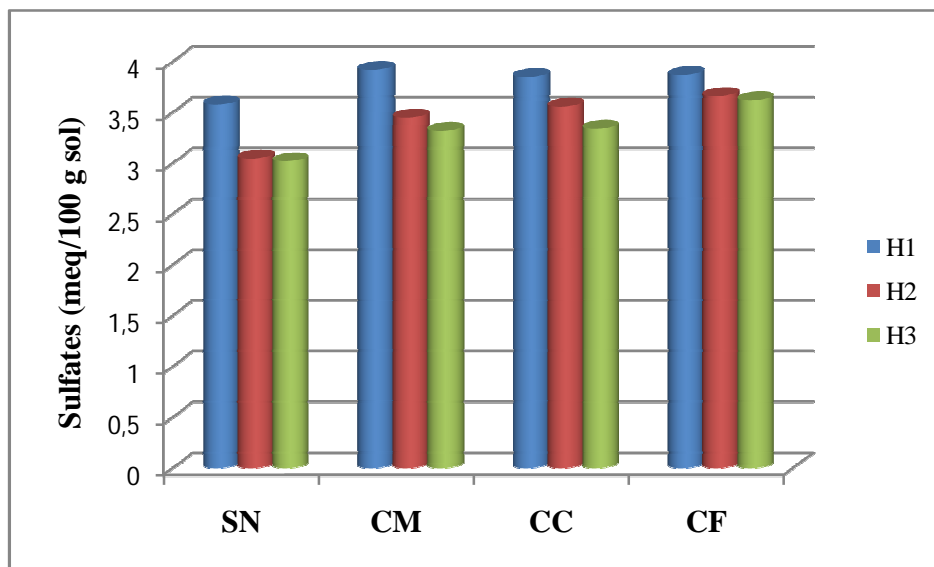
La figure 22 montre que valeur la plus élevée est donnée par la parcelle occupée par les cultures maraichères, la plus faible valeur est marquée au niveau de la parcelle sol nu. Mais en générale toutes parcelles enregistrent des teneurs en dessus de l'optimum. Alors le sol est riche en magnésium ce qui permet une bonne nutrition en magnésium des plantes cultivées.

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs sont comprises entre 1 et 5 meq/100 g sol, elles correspondent à un état de fertilité optimal à moyennement élevée (Gros, 1979), et cela pour la plupart des parcelles et les horizons étudiés (voir Annexe).

### IV.2.2.3. Les sulfates

Le soufre est un élément très important pour les êtres vivants surtout comme constituant des acides aminés soufrés : cystine, cystéine et méthionine.

La figure 23, nous rapporte les variations de la teneur en sulfates assimilables en fonction de la profondeur.



**Figure 23 : Variation de la teneur en sulfates des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.**

Les résultats rapportés par la figure 23 nous indiquent que toutes les parcelles enregistrent presque les mêmes valeurs, avec cependant une légère augmentation au niveau de la parcelle occupée par les cultures maraichères. La parcelle occupée par le sol nu enregistre la valeur la plus faible, cela est dû sûrement à l'absence des apports d'engrais pour cette parcelle. Car les engrais minéraux ou organiques constituent un bon moyen d'approvisionnement du sol en sulfates.

Les résultats montrent que les valeurs sont comprises entre 1.56 et 12.5, ce qui indique un état de fertilité convenable (Gros, 1979). Alors notre sol est riche en sulfates, ce qui permet une bonne alimentation des plantes cultivées (voir Annexe).

## IV.2. Discussion

Sur le plan physique et comme nous avons qu'un seul paramètre, on peut dire que sur le plan granulométrique ces sols ont une grande proportion en éléments fins ( $A+L > 50$ ) ce qui contribue à l'augmentation de la rétention en eau à l'exception de la battance due à la présence des taux élevés de limons.

Sur le plan chimique ces sols sont légèrement alcalin, le pH peut influencer d'une façon très marquée la solubilité des éléments minéraux du sol, et par la suite l'absorption des éléments par les plantes (Loue, 1986).

La teneur en matière organique des sols étudiés est généralement faible, la valeur la plus élevée est enregistrée pour l'horizon de surface H1. Les sols de la région sont non salés et modérément calcaire, conviennent alors pour la plus part des cultures. L'effet du calcaire actif est considéré, comme faibles.

L'ensemble des résultats d'analyses montrent que la CEC des sols de la région est élevée, avec un taux de saturation élevé en bases échangeables. L'horizon H1 représente les valeurs les plus élevées.

Concernant la teneur des sols des parcelles de la région d'étude en éléments majeurs et secondaires, ils ont des teneurs faibles en azote total, des teneurs moyennes en phosphore assimilables dans les horizons de surface (H1 et H2) pour les parcelles cultivées, alors que le sol marque des teneurs faibles au niveau du sol nu et aux niveaux de l'horizon H3 dans toutes les parcelles.

Notre sol est moyennement pourvu en potassium assimilable, ce qui constitue un bon approvisionnement des plantes en cet élément essentiel à leur croissance. Mais la texture fine de notre sol (argileuse) peut constituer un risque de blocage de cet élément par rétrogradation, surtout pendant la période estivale.

Les résultats obtenus pour le calcium assimilables et pour le magnésium assimilable montrent que le sol est riche en ces deux éléments minéraux, elles correspondent à un état de fertilité optimal à moyennement élevée (Gros, 1979), et cela pour la plupart des parcelles et les horizons étudiés.

Ce sol argileux favorise la rétention du calcium et du magnésium, et par conséquent limite les risques de pertes par lessivage. L'effet de l'antagonisme entre le calcium et le magnésium n'est pas envisagé dans notre cas, car le rapport Ca/Mg est à l'optimum.

Les résultats obtenues pour les sulfates, indique un état de fertilité convenable (Gros, 1979). Alors notre sol est riche en sulfates, ce qui permet une bonne alimentation des plantes cultivées.

### Conclusion générale

Le sol est une ressource non renouvelable avec des taux de dégradation potentiellement rapides (quelques années ou décennies) alors que les processus de formation et de régénération sont extrêmement lents (plusieurs milliers d'années). Du fait que la dégradation des sols affecte leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques et les usages socio-économiques qui en dépendent, leur conservation est un enjeu politique et social. Les mesures susceptibles d'être prises pour répondre à cet enjeu sont très diverses.

Notre essai a porté sur la caractérisation et l'évaluation de la fertilité chimique des sols de la région Haut Chélif cas de la région de Khemis Miliana. Des résultats obtenus il ressort que les sols de la région sont légèrement alcalins, non salés et modérément calcaire, conviennent alors pour la plus part des cultures. L'effet du calcaire actif est considéré, comme faibles. Les résultats d'analyses montrent que la CEC des sols de la région est élevée, avec un taux de saturation élevé en bases échangeables, ce qui représente une bonne réserve en éléments nutritifs pour les plantes, selon Soltner (2000), le complexe adsorbant constitue le réservoir de fertilité du sol.

Concernant la teneur des sols de la région d'étude en éléments majeurs et secondaires, ils ont des teneurs faibles en azote total, d'après Baschet (2009), un déficit en azote peut amoindrir la fertilité du sol et les rendements, voire la qualité du produit (par exemple, la teneur en protéine, pour le blé). A l'opposé, un excédent d'azote au-delà des besoins immédiats des cultures est source d'inefficacité économique mais surtout d'une atteinte potentielle à l'environnement (dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines résultant de teneur trop élevée en nitrate et phénomène des algues vertes). Ce qui se produit lorsqu'on ne respecte pas les normes de la fertilisation minérale.

Les résultats montrent aussi que les teneurs en phosphore assimilables sont moyennes dans les horizons de surface (H1 et H2) pour les parcelles cultivées, alors que le sol marque des teneurs faibles et aux niveaux de l'horizon H3 dans toutes les parcelles.

Notre sol est moyennement pourvu en potassium assimilable, ce qui constitue un bon approvisionnement des plantes en cet élément essentiel à leur croissance. Mais la texture fine de notre sol (argileuse) peut constituer un risque de non disponibilité en cet élément, surtout pendant la période estivale. Il y a rétrogradation du potassium en sol argileux (Legros, 2007).

Les teneurs à l'optimum du calcium et du magnésium correspondent à un état de fertilité optimal à moyennement élevée (Gros, 1979), et cela pour la plupart des parcelles et les horizons étudiés. Ce sol argileux favorise la rétention du calcium et du magnésium.

Les résultats obtenues pour les sulfates, indique un état de fertilité convenable (Gros, 1979). Alors notre sol est riche en sulfates, ce qui permet une bonne alimentation des plantes cultivées.

A travers ces résultats, nous pouvons conclure que notre sol est moyennement fertile, pour assurer une bonne production végétale et améliorer ses propriétés physiques et chimiques, on doit apporter à ce sol les éléments nutritifs essentiels au développement des plantes, surtout l'apport de l'azote, le phosphore et le potassium. Des apports d'engrais minéraux et organiques sont très nécessaires. Ces apports doivent respecter en premier lieu le sol et l'environnement.

La gestion durable des sols constitue un enjeu majeur pour les sociétés humaines. De leur pérennité dépend notre sécurité alimentaire, notre approvisionnement en eau, en matières premières (bois, textile, ...), ainsi que l'ensemble des fonctions qui leur sont associées en terme d'environnement et de maintien de la biodiversité. Le bon fonctionnement des écosystèmes et le maintien de la fertilité du sol (la durabilité de la production agricole), et sa protection contre les phénomènes de dégradation sont tributaires des systèmes d'utilisation des terres (la gestion des sols).



### *Référence bibliographique*

- **Aubert G. (1978)**, Méthodes d'analyses des sols. CRDP Marseille, 191 p.
  - **Anonyme. (2015)**. Le calcium et le magnésium.  
<http://www.ecosociosystemes.fr/calcium.html>
  - **A.N.R.H (2005)** :agence nationale des ressources hydraulique.
  - **Boulaine. (1957)**.carte des sols de la région du haut Chélif.
  - **Dotchev et Blaid.(1990)**.élément de photo-technique générale .O.P.V. Alger ,pp45.58.
  - **Baize D. (2000)**. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée. INRA, 257 p.
  - **Carrier. (2003)**.que de passe dans le sol. MAPAQ ,9p .
  - **Carrif. avril .(2003)**.SERRICULTURE MARAICHERE BIOLOGIQUE ; Que-t-il dans le sol p1.
  - **Clavet R. (2003)**. le sol : propriétés et fonctions. Tome 2 : phénomènes physiques et chimiques. Application agronomiques et environnementales. dunod Edition.511p
  - **CTIFL. (2012)**.le point sur la fertilité des sols .N°33 ; 10 p.
  - **CDAQ. (2005)**. Quelques notions de fertilisation. Publier par CDAQ, 50 p.
  - **C.G.G.**compagne générale de géophysique.
  - **Dumon R. (1980)**. Le phosphore et les composés phosphatés. MASSON édition. 1<sup>ier</sup> trimestre. 171 p.
  - **Duchaufour PH. (1988)**. Pédologie. Abrége, 2<sup>ème</sup> édition, MASSON, 224 p.
  - **Deffeyes G. et Célimène C. (2003)**. Appel pour refertiliser les sols de notre planète. 24 p.
  - **Dorioz J.M. Morel C. Raison C. et Aubert C. (2011)**, Le phosphore d'origine agricole : diagnostics et solutions pour limiter les transferts vers le milieu aquatique. 18 p. <http://www7.inra.fr/ciag/content/download/4351/34578/version/1/file/Vol17-2-Fourrie.pdf>.
- Fourrie L., Butler F., Castillon P., Hanocq D., Fougère M., Levasseur P., Gascuel C.,
- **FOUCARD.J.C.(1994)**. Filière pépinière de la production à la plantation : Innovations Techniques Productions Marchés. Ed. Tec Doc Lavoisier, Paris, 427 p

## Référence bibliographique

---

- **FAO.( 1999).** Guide pour une gestion efficace de la nutrition des plantes. Défis, sources d'éléments nutritifs des plantes, gestion des éléments nutritifs des plantes, aspects environnementaux. 30 p.
- **Fox D .(2008).**la dégradation des sols dans le monde.  
[Http://unt.unice.fr/uoh/degso/index.php](http://unt.unice.fr/uoh/degso/index.php)
- **FERTIAL.( 2010).** Manuel d'utilisation des engrais. Grandes cultures, arboriculture, cultures maraîchères et industrielles. 100 p.
- **Fourrie L, Butler F., Castillon P., Hanocq D., Fougère M., Levasseur P., Gascuel C., Dorioz J.M., Morel C., Raison C. et Aubert C. (2011),** Le phosphore d'origine agricole : diagnostics et solutions pour limiter les transferts vers le milieu aquatique. *Innovations Agronomiques 17 (2011), 15-32*
- **Gervy R.( 1970).** Les phosphates et l'agriculture. DUNOD éditeur, 4<sup>ème</sup> trimestre. 298 p.
- **Gros A. (1979).** Engrais. Guide pratique de la fertilisation. Edition Maison Rustique, Paris, 430 p.
- **I.T.G.C .(2002)** institut technique de grande culture.
- **Kirreche .(1993).**évaluation géodynamique de la marge tellienne maghrébine d'après l'étude du domaine parautochtone shistose ; chp massif du Chélif oranaie Thèse DOC Es-science USTHB Alger .pp-39-54.
- **Kessar C, Benhacena R .(2009).**analyse de fonctionnement des systèmes d'irrigation dans le périmètre du haut Chélif .pp :36-39.
- **Lasnier-Lachaise L. (1980).** Agronomie nouvelle. Flammarion et Cie. Editeur N° 7889. Paris. 347 p.
- **Larouche.A.R.(1983).**la matière organique et ses décomposeur ecologique ,agriculture project,universty macsdenalj,compus.
- **Loue A. (1986),** Les ligo-éléments en agriculture, Ed. Agr-Nathan Paris 336 p.
- **London J.R.(1991),** Tropical soil manuel. A handbook for soil survey and agricultural land evalationin the tropics and sub-tropics. Paperback edition.
- **Leplatois Védie H. (2005).** Les engrais verts en maraichage biologique. ITAB et GRAB. 4p.
- **Lerot B. ( 2006) .** Les éléments minéraux. 34p.
- **Legros J.P. (2007).** Les grands sols du monde. Science et technologie de l'environnement. PPUR édition, 574 p.

## Référence bibliographique

---

- **LANO (2015)**, Calcaire total et calcaire actif / CaCO<sub>3</sub>T et CaCO<sub>3</sub> actif. [http://www.lano.asso.fr/web/calcaire\\_actif.html](http://www.lano.asso.fr/web/calcaire_actif.html) .
- **Mémento de l'Agronome (1998)**. 4<sup>ème</sup> édition, 1635 p.
- **Morel R. (1996)**, Les sols cultivés. 2<sup>ème</sup> édition Lavoisier, Paris, 399 p.
- **ONM** :office nationale de météorologie ( 2005).
- **Prevost P.H. (1990)**, Les bases de l'agriculture moderne. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, 261 p.
- **Pasquier L. (2015)**. Guide du sol. ENESAD. 111p. L'argile et Lamotte Edition
- **PAU VALL M.et VIDAL C. (2015)**. L'azote en agriculture. Agriculture et Environnement (Eurostat).
- [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/fr/nitro\\_fr/report.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/fr/nitro_fr/report.htm).
- **Soltner D. (1988)**. Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol, collection sciences et technique agricole. 16<sup>ème</sup> édition. 453 p.
- **Sagna M A.et Marchal D .(1992)**.fertilisation. CARAT, Dakar et FAO ?cours N°51, édition CERDI.92p.
- **Soltner D .(2000)**. Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol et son amélioration, collection sciences et technique agricole. 22<sup>ème</sup> édition. 467 p.
- **Soltner ,2005**.les bases de la vigne ;61p [www.domainedevens.com](http://www.domainedevens.com).
- Station météorologique de khemis miliana(2008)
- **Tessier D. (1999)**, La capacité d'échange et son importance pour la gestion actuelle des sols. C. R. Acad. Agric. Fr 85 (2), 32 p.
- **UNIFA, ( 2007)**, L'apport du soufre en pratique. 2p [www.unifa.fr/fichiers/ferti-pratiques/ferti-pratique\\_03.pdf](http://www.unifa.fr/fichiers/ferti-pratiques/ferti-pratique_03.pdf).
- **UNIFA (2015)**. Calcium-Magnésium. 4p <http://www.unifa.fr/fichiers/actu/chap05.pdf>
- **Vilain M. (, 1987)**. La production végétale. Volume 1: les composantes de la production 2<sup>ème</sup> édition, Lavoisier, Paris 358 p.
- **Vilain M. (1997)**, La production végétale. Volume 2 : les composantes de la production. 2<sup>ème</sup> édition, Lavoisier, Paris, 358 p.
- **Védie H. (2008)**, Fertilité chimique du sol : savoir interpréter les analyses pour gérer les apports d'éléments majeurs (phosphore, potasse, magnésie) en maraichage biologique. GRAB, Dossier fertilité chimique du sol, Maraichage Bio INFOS n°5. 4 p

## L'annexe

## 1 :L'analyse granulométrique :

Tableau 01: Composition granulométrique des sols de la région de Khemis Miliana

Profondeur (cm)	Granulométrie					Classe texturale
	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fin	Sables Grossiers	
<b>H1</b>	33.5	29	18.7	9.8	8.7	Limon Argileux
<b>H2</b>	41	17.5	15.6	17.3	9.4	Argileux
<b>H3</b>	50.5	10.3	9.5	17.8	11.8	Argileux

Les sols étudiés sont caractérisés par un taux d'argile qui varie entre 33.5 % et 50.5%, cela rejoint les données de Boulaine (1957).

Les résultats montrent que les horizons de surface se caractérisent par des teneurs très importantes en limon, ces taux se baissent vers la profondeur. Ceci s'explique par le fait que les sols de la plaine sont formés par des dépôts des alluvions.

Le taux de sable dans notre sol d'étude augmente avec la profondeur . Cela est dû au fait que dans les niveaux inférieurs dans cette région on y rencontre assez de grains de quartz provenant de la fragmentation in-situ du substratum rocheux sous le fait des agents intérieur (Boulaine, 1957).

Les sols de la région d'étude sont des sols argileux, avec des taux de limon plus ou moins importants.

## 2 :Le pH :

**Tableau 02: Variation du pH des sols de la région de Khemis Miliana.**

Echantillon	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
La moyenne	7,56	7,57	7.60

Les résultats illustrés par le tableau02, nous donne que notre sol est légèrement alcalin.

## 3 : La matière organique :

**Tableau 03: Variation de la teneur en matière organique des sols de la région de Khemis Miliana.**

Echantillon	C%			MO%		
	H1	H2	H3	H1	H2	H3
La moyenne	1.09	0.45	0.16	1.88	0.77	0.28

Les différents résultats d'analyses montrent que la teneur des sols de la zone d'étude en matière organique est généralement faible avec une teneur de 1.88 % pour l'horizon de surface H1.

## 4 : La conductivité électrique

**Tableau :04Variation de la conductivité électrique (ms/cm) des sols de la région de Khemis Miliana.**

Echantillon	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
La moyenne	0.38	0.35	0.33

A partir de des résultats obtenus, la valeur la plus élevée de la conductivité électrique est marquée dans les échantillons de la région de Khemis Miliana est de 0,38 ms/cm, en horizon de surface et de 0,33 ms/cm en dernier horizon. Les sols de la région sont non salés, en se référant aux normes

d'interprétation (serve 1975). Ce qui indique alors que ces sols sont propices pour la plus part des cultures (Soltner, 2000).

### 5 : Calcaire total :

Les résultats obtenus sont reportés dans tableau 13

**Tableau 05: Variation de la teneur en calcaire total (%) des sols de la région de Khemis Miliana.**

Echantillon	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
La moyenne	13.40	14.25	14.36

En se référant aux normes d'interprétation Baize (2000), la classe des sols de la région est modérément calcaire avec une valeur moyenne de 14 %.

### 6 :Le calcaire actif :

Les résultats d'analyses sont illustrés au tableau 06.

**Tableau 06: Variation de la teneur en calcaire actif (%) des sols de la région de Khemis Miliana.**

Echantillon	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
La moyenne	5.87	6.50	6.85

D'après les résultats obtenus, les sols de la région ont des teneurs, considérés, comme faibles avec une moyenne de 5.87 % (H1) et une moyenne de 6.68 % (H2 et H3) de calcaire actif.

### 7 : La capacité d'échange cationique :

**Tableau 07 : Variation de la CEC des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100g sol).**

échantillons	H1	H2	H3
La moyenne	25.33	24.41	25.53

L'ensemble des résultats d'analyse montrent que au niveau des sols de la région, la CEC est élevée (Faucard, 1994), la valeur la plus importante est enregistrée au niveau de l'horizon H1 avec 25.33 mes/g sol.

### 8 : L'azote :

**Tableau 08 : La teneur en azote total des sols de la région de Khemis Miliana (N %).**

Echantillons	H1	H2	H3
SN	0.021	0.013	0.006
CM	0.028	0.019	0.012
CC	0.026	0.016	0.007
CF	0,025	0.018	0.009

En ce référant aux normes d'interprétation (Soltner, 2000), un sol contenant une teneur inférieure à 0.05, est un sol qui a des teneurs très faibles en azote. Par conséquent les sols des parcelles de la région d'étude ont des teneurs faibles en azote total. Pour assurer une bonne production végétale et de rendements élevés, le recours à la fertilisation (minérale ou organique) est très indispensable.

La principale source de l'azote dans le sol est la matière organique, notre sol, présente le taux le plus élevé de matière organique dans l'horizon H1, ce qui explique que notre sol présente les teneurs les plus élevées en azote dans les horizons de surface.

### 9 : Le phosphore :

possibilités de prélèvement du végétal en croissance (Soltner, 2000).

Les teneurs en phosphore assimilable des sols de nos parcelles d'études sont données par le tableau suivant.

**Tableau 09: La teneur en phosphore assimilable des sols de la région de Khemis Miliana ( $P_2O_5$  ppm).**

Echantillons	H1	H2	H3
SN	27.64	23.70	16.75
CM	48.32	45.78	17.38
CC	44.83	37.45	14.88
CF	41.32	40.76	18.09

Les résultats rapportés par le tableau 09, indiquent selon les normes de Calviet et Villemin (1986), que notre sol représente des teneurs moyennes en phosphore assimilables dans l'horizon de surface (H1 et H2) pour les parcelles cultivées, alors que le sol marque des teneurs faibles au niveau du sol nu et aux niveaux de l'horizon H3 dans toutes les parcelles.

### 10 : Le potacium :

. Les résultats obtenus sont donnés par le tableau suivant.

**Tableau 10: La teneur en potassium assimilable des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100 g sol).**

Echantillons	H1	H2	H3
SN	0.75	0.55	0.78
CM	0.98	0.95	0.89
CC	0.95	0.91	0.74
CF	0.93	0.94	0.86

D'après les normes d'interprétation (Soltner, 1998), une valeur comprise entre 0.9 et 1.2 meq/100g sol, indique que le sol a une teneur moyenne en potassium. A partir de nos résultats d'analyses, notre sol est moyennement pourvu en potassium assimilable, ce qui constitue un bon approvisionnement des plantes en cet élément essentiel à leur vie.



Nous remarquons aussi que les horizons profonds représentent toujours les quantités les plus faibles. La non disponibilité du potassium dans ce sol est dû à la pauvreté de ce dernier en potassium, aux pertes par lessivage, car selon Kirreche (1993), notre région se caractérise par un sol perméable, ainsi que la présence des fissures en profondeur. Et aussi la présence du taux très élevé en argiles provoquant la rétrogradation du potassium. D'après Legros (2007), on dit que le potassium est rétrogradé quand les ions  $K^+$  passent de la surface externe des argiles pour s'insinuer à l'intérieur, entre les feuillets d'argile (surtout les montmorillonites et les illites). La rétrogradation des ions  $K^+$  rend leur mobilisation difficile.

### . La teneur en éléments secondaires des sols de la région

#### **11 : Le calcium :**

Les résultats concernant la teneur en calcium assimilable sont donnés par le tableau suivant.

**Tableau 11: La teneur en calcium assimilable des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100 g sol).**

<b>Echantillons</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>
<b>SN</b>	14.45	10.33	7.65
<b>CM</b>	15.89	11.9	8.04
<b>CC</b>	14.23	11.56	8.12
<b>CF</b>	15.48	10.89	7.73

Les valeurs obtenues en calcium assimilables sont comprises entre 10 et 20 meq/100 g sol, les horizons de surface (H1 et H2) de ces parcelles sont donc riche en calcium (Gros, 1979). Par contre les horizons profonds enregistrent des teneurs en dessous des normes optimums.

. Les résultats d'analyses sont donnés au tableau suivant.

**12 :Le magnésium assimilable :****Tableau 12: La teneur en magnésium assimilable des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100 g sol).**

Echantillons	H1	H2	H3
SN	4.98	4.23	3.64
CM	6.26	5.02	3.02
CC	5.82	4.22	3.82
CF	5.02	4.42	3.82

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs sont comprises entre 1 et 5 meq/100 g sol, elles correspondent à un état de fertilité optimal à moyennement élevée (Gros, 1979), et cela pour la plupart des parcelles et les horizons étudiés.

**13 : Le sulfates :****Tableau 13: La teneur en sulfates des sols de la région de Khemis Miliana (meq/100 g sol).**

Echantillons	H1	H2	H3
SN	3.58	3.05	3.02
CM	3.92	3.45	3.32