

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 الجبلاي بونعاما بخميس مليانة
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département de : Biologie



MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département: Sciences Biologiques

Spécialité: Eco pédologie et Environnement

Thème :

Contribution à une caractérisation de l'état de fertilité physique
et chimique d'un sol de la région du haut Chélif cas de:

BIR OUALD KHELLIFA (CHAAIB)

Soutenu le : 20/07/2017

Par

**NEMROUD AHMED
BERCHOUCHE MOUSSA**

Devant le Jury

Président : LAZALI MOHAMMED

Maître de Conférence « A »/UDBKHM

Promoteur: RICHA AMINA

Maître Assistant «B »/ UDBKHM

Examineurs :

1-BOUSALHIH BRAHIM

Maître Assistant «A »/ UDBKHM

2- CHABANE SAFIA

ING.P / UDBKHM

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Avant de commencer nous remerciant avant tout Allah tout Puissant de donné la volonté, et la patiente pour terminer ce travail.

Nous avons M^{ER} NEMROUD AHMED et M^{ER} BERCHOUCHE MOUSSA

Tenant à expriment tout nous reconnaissance pour les enseignants et enseignantes qui ont tout fait pour nous voir des cadres sages et responsables pour le service de notre pays .

Ils restent toujours dans les mémoires.

M^{ER} NEMROUD AHMED

M^{ER} BERCHOUCHE MOUSSA

Dédicace

*Je dédié ce présent mémoire à l'esprit de mon père à ma
chère maman et mon oncle KAMEL mes frères, mes
sœurs.*

MOUSSA

Résumé

L'objectif de notre travail consiste à faire une contribution à la caractérisation de l'état de la Fertilité chimique et physique des sols du Haut-Cheliff (cas de BIR OUALD KHELIFA CHAIB) Car cette région a une vocation agricole excellente.

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

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, BIR OUALD KHELIFA, Haut-Cheliff, Fertilité chimique, éléments minéraux.

ملخص

الهدف من دراستنا هو إجراء تقييم لحالة الخصوبة الكيميائية والفيزيائية لتربة سهل الشلف الأعلى منطقة بلدية بئر ولد خليفة (الشعايب) باعتبارها منطقة زراعية. .
النتائج التي توصلنا إليها تظهر أن التربة تتميز بمادة الطين الغريني، فهيقلووية، ونسبة المواد العضوية متوسط عموماً، غير مملح، والتربة بشكل معتدل الحجر الجيري مع قدرة متوسطة على تبادل الأيونات الموجبة ونسبة التشبع عالية.
ان استخدام مواد إضافية من الأسمدة العضوية والمعدنية أمر ضروري لعدة فوائد، ويجب أن تكون هذه الإضافات بشكل عقلاني ومدروس للحفاظ على خصوبة التربة (استدامة الإنتاج الزراعي) وحمايتها ضد العوامل المهدمة، وحماية البيئة والنظام الايكولوجي

الكلمات الرئيسية: سهل الشلف الأعلى، الخصوبة الكيميائية، التربة قدرة التبادل الأيوني والبيئة.

Abstract

The objective of our work is to make a contribution to a characterization of the state of Chemical and physical fertility of soils of Haut-Cheliff case of de BIR OUALD KHELIFA CHAIB) Because this region has an agricultural vocation exillente.

The results we have reached show that the soils are characterized by a silty-clay texture, are slightly alkaline, the rate of organic matter is generally low, unsalted, the soils are moderately calcareous with a cation exchange capacity Medium and high saturation.

. The use of additional inputs of mineral and organic fertilizers is essential to ensure high yields, such inputs must be reasonable.

Key words: Soil, BirOualdKhelifa, Haut-Cheliff, Chemical fertility, mineral elements.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

A.N.C: Agence Nationale du cadastre.

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.

EDTA: méthode volumétrique

SN: sol nu.

CM: Culture maraichère.

CC: Culture céréalière.

CF: Culture fruitière.

LISTE DES FIGURES

Figure 01: Situation géographique de la zone d'étude Google Earth (2017)	03
Figure 02: Carte d'occupation du sol du périmètre du haut chelif (ANC)	04
Figure 03: Colonne lithostratigraphique (Kirreche, 1993)	05
Figure 04: Carte des sols de la région du Haut Chélif (Boulaine, 1956).	07
Figure 05: Variation interannuelle des précipitations (1977-2007) (ANRH)	08
Figure 06: Variation interannuelle moyenne des précipitations (1977-2007) (ANRH)	09
Figure 07: Variation de l'humidité mensuelle moyenne de la station de Khemis Miliana	10
Figure 08: Diagramme Ombrothermique de (Gaussen et Bagnouls)	12
Figure 09: localisation de la plaine du haut chelif (climagramme d'Aumberger)	14
Figure 10: L'impact du pH sur la disponibilité des éléments nutritifs	19
Figure11: Cycle d'azote	22
Figure 12: Plans de la situation de la zone d'étude	36
Figure 13: Photo de tamisage	37
Figure 14: Photo du Ph mètre	37
Figure 15: Photo de la mesure la MO	39
Figure 16: Photo de la mesure du calcaire total	42
Figure 17: Variation de la composition granulométrique en fonction de la profondeur.	44
Figure 18: Variation du pH dans les sols en fonction de la profondeur.	45
Figure 19: Variation de la teneur en matière organique en fonction de la profondeur	46
Figure 20: Variation de la conductivité électrique en fonction de la profondeur.	47
Figure 21: Variation de la teneur en calcaire total en fonction de la profondeur.	48
Figure 22: Variation de la teneur en calcaire actif en fonction de la profondeur.	49
Figure 23: Variation de la CEC en fonction de la profondeur.	50
Figure 24: Variation de la teneur en azote total des parcelles étudiées en Fonction de la profondeur.	52
Figure 25: Variation de la teneur phosphore des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.	53
Figure 26: Variation de la teneur en potassium assimilable des parcelles étudiées n en fonction de la profondeur.	55
Figure 27: Variation de la teneur en calcium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur	56

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau01: températures moyennes mensuelles à la station de Khemis-Miliana (1975-2007).	09
- Tableau 02: vitesse de vent en m/s sur une période d'observation de 33 ans (1975-2008).	11
- Tableau 03: Nombres de jours de sirocco sur une période de 33 ans (1975-2008).	11
- Tableau 04: calcul de l'indice de Martonne	12
- Tableau05: limites de climat	13
- Tableau 06: paramètres statistiques de la composition granulométries	43
- Tableau 07: paramètres statistiques du pH des sols de la zone d'étude	44
- Tableau 08: paramètres statistiques de la teneur en matière organique	45
- Tableau 09: paramètres statistiques de la conductivité électrique (ms/cm)	46
- Tableau 10: paramètre statistiques de la teneur en calcaire total (%)	47
- Tableau 11: paramètre statistiques de la teneur en calcaire actif (%)	48
- Tableau 12: paramètre statistiques de la CEC des sols de la	49
- Tableau 13: teneur en azote total des sols de la zone d'étude	51
- Tableau 14: teneur en phosphore assimilable des sols de la zone d'étude	53
- Tableau 15: teneur en potassium assimilable des sols de la zone d'étude	54
- Tableau 16: teneur en calcium assimilable des sols de la zone d'étude	56

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : présentation de la zone d'étude	
I.1. Situation géographique et administrative de la région.....	3
I.2. Occupation du sol.....	3
I.3 . Géologie de la zone.	4
I.3.1. Lithologie du Haut Cheliff	4
I.3.2. Stratigraphie	4
I.4. Pédologie de la zone.....	6
I.4.1. Sols des bordures des plaines	6
I.4.2. Sols de la plaine.....	6
I.5.1. Hydrogéologie.....	7
A- Eaux souterraines.....	7
B- Superficielles.....	7
I.5.2.Hydrographie.....	7
I.6. Climat.....	8
I.6.1Pluviométrie	8
I.6.2. Température	9
I.6.3. Humidité.....	10
I.6. 4. Vent	10
I.6.4.1. Sirocco	11
I.6.5. Analyses climatique.....	11
I.6.5.1.Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	11
I.6.5.2.Indice d'aridité de Martonne (1927).....	12
I.6.5.3 Climagramme d'Emberger	13
CHAPITRE II : PARTIE BIBLIOGRAPHIE	
II.1.Fertilité chimique du sol.....	15
II.2. Définition de la fertilité chimique	15
II.2.1. Détermination de la fertilité chimique du sol	15
II.3. Matière organique du sol.....	16
II.4. Capacité d'échange cationique.....	17
II.4.1. Complexe adsorbant du sol.....	17

II.4.2. Rôles du complexe argilo-humique	17
II.4.3. PH	18
II.5. Solution du sol	20
II.5.1. Composition de la solution du sol.....	20
II.6. Éléments Minéraux Essentiels Dans Le Sol.....	20
II.6.1 Eléments majeurs ou macroéléments.....	20
II.6.1.1. L'azote (N)	21
II.6.1.2. Différentes sources d'azote	21
II.6.1.3. Formes de l'azote dans le sol et le cycle de l'azote.....	21
II.6.1.4. Pertes d'azote	23
II.6.1.5. Rôles physiologiques et agronomiques de l'azote	23
II.6.2. Phosphore (P)	23
II.6.2.1. Origine du phosphore	24
II.6.2.2. L'état du phosphore dans le sol.....	25
II.6.2.3. Rôles physiologiques et agronomiques du phosphore	26
II.6.3. Potassium (K).....	26
II.6.3.1. Différentes sources de Potassium.....	26
II.6.3.2. Rôles physiologiques et agronomiques du potassium.....	27
II.7. Éléments secondaires ou méso-éléments	27
II.7.1.1. Formes du calcium dans le sol	27
II.7.1. 2. Rôles physiologiques et agronomiques du calcium	28
II.7.2. Magnésium (Mg).	28
II.7.2.1. Différentes sources de magnésium.....	29
II.7.2.2. Rôles physiologiques et agronomiques du magnésium.....	29
II.7.3. Soufre (S):	30
II.7.3.1. Différentes sources de soufre	30
II.8. Préservation de la fertilité chimique du sol et de l'environnement	31
II.8.1. Préservation de la fertilité chimique du sol.....	31
II.8.2. Matière organique base de la fertilité du sol.....	31
II.8.3. Fertilisation minérale des sols.....	32
II.8.4. Préservation de l'environnement	32

CHAPITRE III : Matériels et méthodes

III.1. Échantillonnage	35
III.2. Analyses physico-chimiques pour la caractérisation du sol.....	36

III.2.1. Analyses physique	36
III.2.1.1. Granulométrie	36
III.2.1.2. PH du sol.....	37
III.2.1.3. Conductivité électrique CE	38
III.2.2. Analyses chimique.....	39
III.2.2.1. Matière organique MO.....	39
III.2.2.2. Calcaire total	40
III.2.2.3. Capacité d'échange cationique CEC.....	41
III.2.2.4. Dosage de l'azote total.....	41
III.2.2.5. Dosage du phosphore assimilable	42
III.2.2.7. Dosage du calcium assimilable.....	42

CHAPITRE IV: RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Caractérisation des sols de la région.....	43
IV.1.1.L'analyse Granulométrique	43
IV.1.2. PH.....	44
IV.1.3. Matière organique (MO)	45
IV.1.4. Conductivité électrique (C.E).....	46
IV.1.5. Calcaire total.....	47
IV.1.6. CALCAIRE ACTIF	48
IV.1.7. Capacité échange cationique CEC	49
IV.2. Teneur en éléments majeurs et secondaires(le calcium) des sols de la région.....	50
IV.2.1.Teneur en éléments majeurs des sols de la région.....	51
IV.2.2.1. L'azote	51
IV.2.2.2. Phosphore assimilable	52
IV.2.2.3. Potassium	54
IV. 3. Teneur du calcium(éléments secondaires)des sols de la région.....	55
IV.4.Discussion	57
Conclusion.....	58

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

En Algérie l'agriculture fait partie des secteurs d'activité de base dans la vie des citoyens, vu a la très grande demande des produits agricoles.Ce secteur constitue un point privilégie ajouter aux sources du pétrole pour les pouvoirs publics.On Remarque un retour de l'investissement a ce secteur, Après l'adoption d'une nouvelle politique par l'Etat de ne pas compter sur l'économie de carburant

Le sol est la couche superficielle de la croûte terrestre caractérisée par la présence de nombreux êtres vivants ,le sol est le support du développement humain et de la plupart des écosystèmes terrestres Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches.

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.

INTRDUCTION

La 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 laplaine 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.

A ce moment, la question de la fertilisation des sols est obligatoire. Certains sols sont naturellement moins fertiles que d'autres et ceux supportant des cultures intensives peuvent progressivement s'appauvrir en nutriments.

Problématique

Pour mieux connaître la fertilité 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?

Objectif

L'objectif de notre étude est de caractériser les sols de la région du Haut Chéiff, cas de la région de BIR OUALD KHELLIFA, et d'évaluer l'état de la fertilité en éléments majeurs et secondaires (le calcium) de ces sols, vu que notre région d'étude est une zone agricole.

L'étude est basée sur la détermination des principaux indicateurs de la fertilité chimique du sol qui sont la matière organique (MO), la capacité d'échange cationique (CEC), le pH, le calcium total et actif

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 zone d'étude.
- La deuxième partie présente la Partie bibliographique.
- La troisième partie présente la partie expérimental.
- La quatrième partie, analyse et discussions des résultats, où nous avons procédé à analyser et interpréter les résultats obtenus;

Notre travail consiste à l'utilisation de la méthode statistique descriptive pour étudier et évaluer l'état de fertilité chimique du sol

Nous avons terminé par une conclusion Générale.

Chapitre I
Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I.1. Situation géographique et administrative de la région.

La région d'étude située à le 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 l'auto route (Est- West) et la route nationale n°4 (voir Fig. 01).



Figure 01: Situation géographique de la zone d'étude source Google Earth(2017)

Appartenant au sous bassin versant du Haut Cheliff d'un périmètre de 159 Km et une superficie de 359 Km², 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 DjbalGountas.

Administrativement la commune de BIR OUALD KHLIFA appartient à la daïra de BORDJ EMIR KHALED.

I.2. occupation du sol

La région du Haut Cheliff en général, est à vocation agricole. La prédominance de l'arboriculture fruitière couvre environ 47% de la superficie cultivée totale sur les plaines et les terrains à faible pente. Les cultures céréalières et maraîchères (principalement pomme de terre), arboriculture fruitière et oléiculture, cultures industrielles occupent en plaine, et dans les zones de montagnes, occupent par les cultures en sec (céréales et fourrages) et l'élevage ovin et caprin.

Le pourcentage plus élevée de la superficie forestière de la plaine du Haut Chéloff occupent par des arbres pin d'Alep, Chêne lièges et de chêne verts.

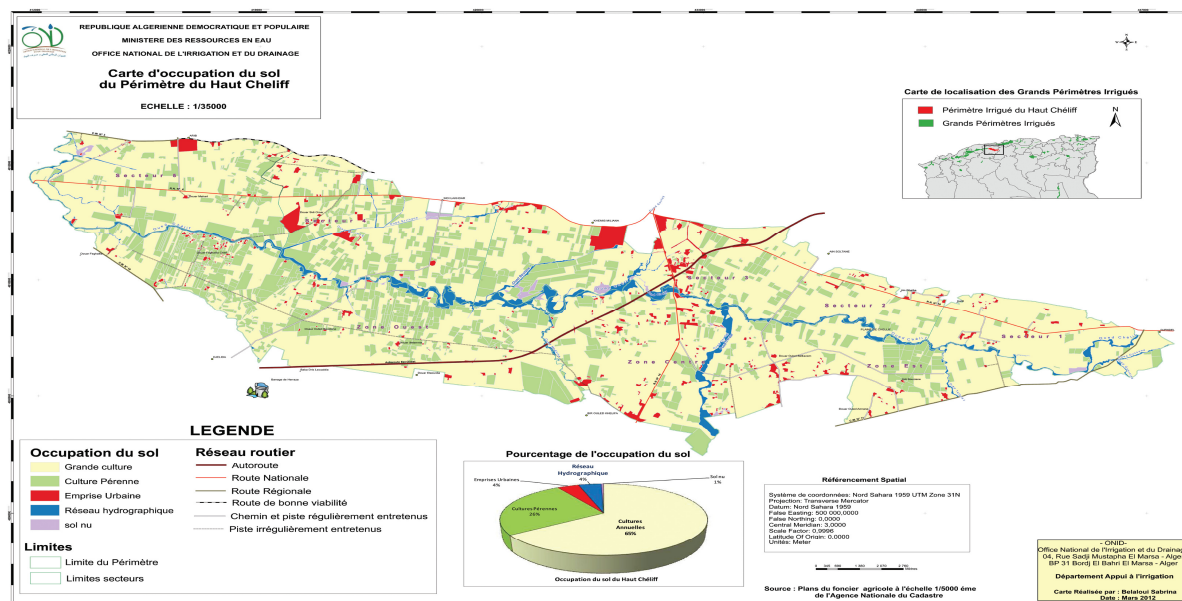


Figure 02: Carte d'occupation du sol du périmètre du haut cheliff source (ANC)

I.3 . Géologie de la zone.

I.3.1. La lithologie du Haut Cheliff

L'étude géophysique établis 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

La figure (fig.3). Présente Les séries stratigraphiques du Haut Cheliff s'étalent de Primaire au Quaternaire

Epaisseur (m)	Log	Lithologie	Age	Comportement Hydrogéologique
100		Limons Alluvions	Quaternaire	Perméable
100		Argiles	Pliocène	Imperméable
100		Grès et conglomérats		Perméable
200		Grès et poudingues	Miocène supérieur (Vindobonien)	Imperméable
?		Argiles		Perméable
?		Grès et poudingues		Imperméable
300		Calcaires	Miocène inférieur (Burdigalien)	Perméable
?		Marnes		Imperméable
1000		Grès et poudingues		Perméable
20		Calcaires		Imperméable
?		Grès quartzitiques	Eocène	Perméable
?		Argiles et schistes		Imperméable
?		Marnes et calcaires mameux	Sénomien	Imperméable
60		Calcaires et marnes calcaires	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

CENOZOIQUE

Crétacé

MESOZOIQUE

Figure 03. Colonne lithostratigraphique synthétique et comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques (Kirreche, 1993).

I.4. la pédologie de la zone.

D'après les études agro-pédologiques et Selon la carte des sols établie par Boulaïne (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 grès 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 glaciers d'accumulation récents,

I.4.2. Les sols de la plaine

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

les Sols alluviaux des affluents mineurs,

les Sols très évolués (qui sont divisés en Sols partiellement décalcifiés et Sols décalcifiés lessivés)

les Sols Mélanges

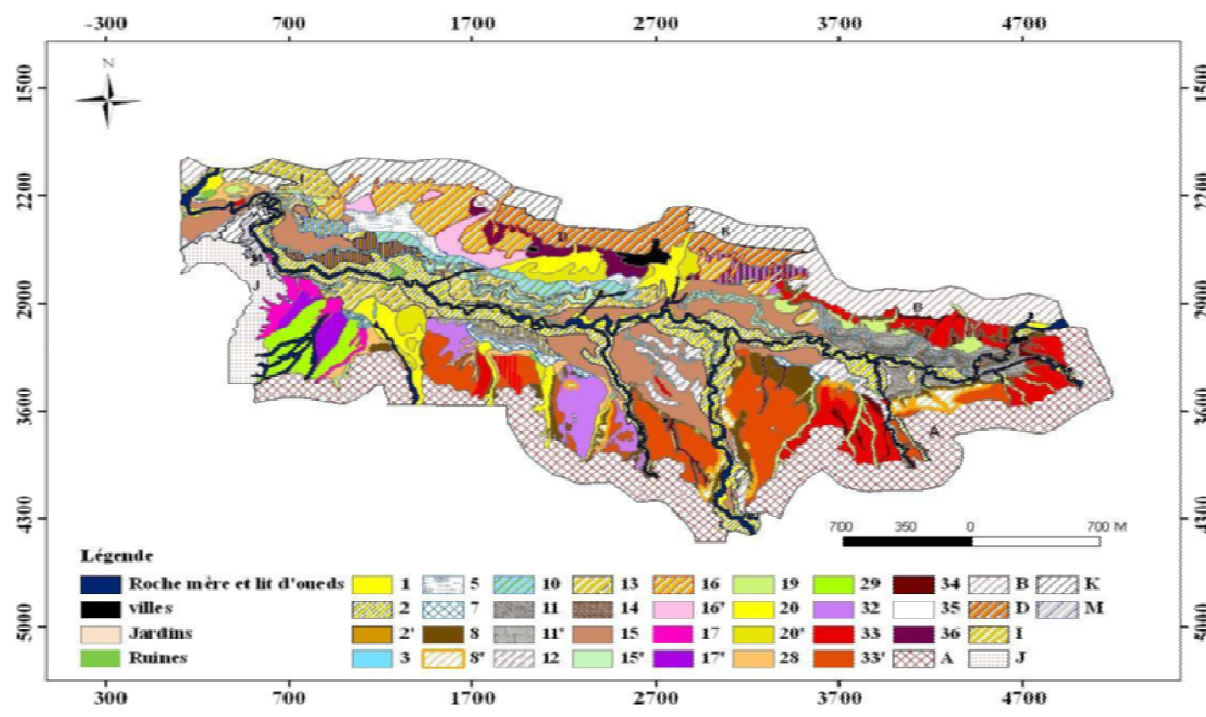


Figure 04. Carte des sols de la région du Haut Chélif (Boulaine, 1956).

I.5. Hydrogéologie et Hydrographie de la zone.

I.5.1. Hydrogéologie.

A- LES EAUX SOUTERRAINES

Les ressources en eau souterraines sont celles du massif de nappe alluviale du chélif, le massif du Zaccar constitue un excellent réservoir d'eau les eaux emmagasinées étaient restituées par des sources de débordement donc les importantes étaient à Miliana et le débit moyen était de l'ordre de 200 à 300 l/s

B- LES EAUX SUPERFICIELES

Il existe cependant un apport à la nappe par ruissellement superficiel. La forte pente du massif chisteux provoque le débordement de nombreux oueds en période de crue. Ces eaux viennent alimenter les cones de déjection situés plus en aval. Dans ces cones de lentilles d'argiles est susceptible de créer des poches d'eau dans lesquelles les paysans creusent les puits.

I.5.2. Hydrographie

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique important qui est formé par plusieurs cours d'eau qui sont plus denses. Il présente un régime d'écoulement intermittent, leurs sens d'écoulement se fait généralement du Sud-Nord vers le Est-Ouest.

Les principaux oueds sont : OUED Chellif, OUED DEURDEUR, OUED GHRIB, OUED HARBIL, HARRIZA, OUED EBDA, OUED ROUINA-ZEDDINE, ET OUED TIGHZEL

I.6. Le Climat

Le climat influe fortement sur les organismes vivants. La répartition géographique des végétaux et des animaux même l'évolution des caractères pédologiques du sol. Les plaines du Cheliff malgré leurs relatives proximités de la mer (50 km environs), 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 climatiques qui sont pris en compte sont : (la pluviométrie, la température et l'humidité, le vent, sirocco).

I.6.1 La pluviométrie

L'efficacité de la pluviométrie varie selon son importance, sa répartition, le substrat édaphique. Dans la région de Khemis Miliana, les pluies qui tombent sont caractérisées par un régime irrégulier suivant les mois et les années (ANRH, 2005).

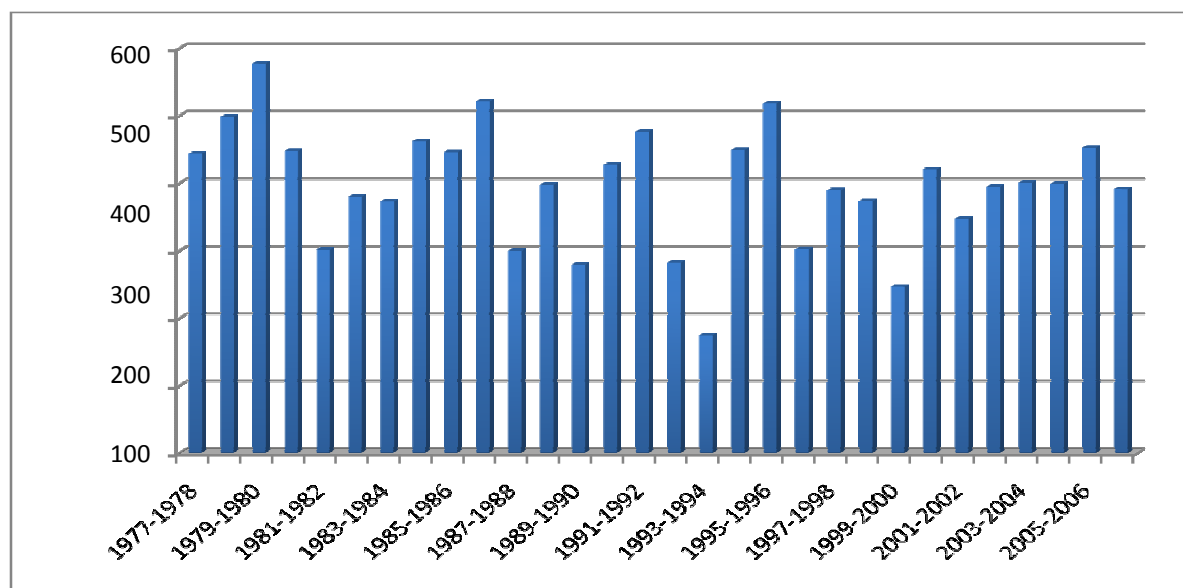


Figure 05: Variation interannuelle des précipitations (1977-2006) (ANRH).

D'après la figure 05 .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

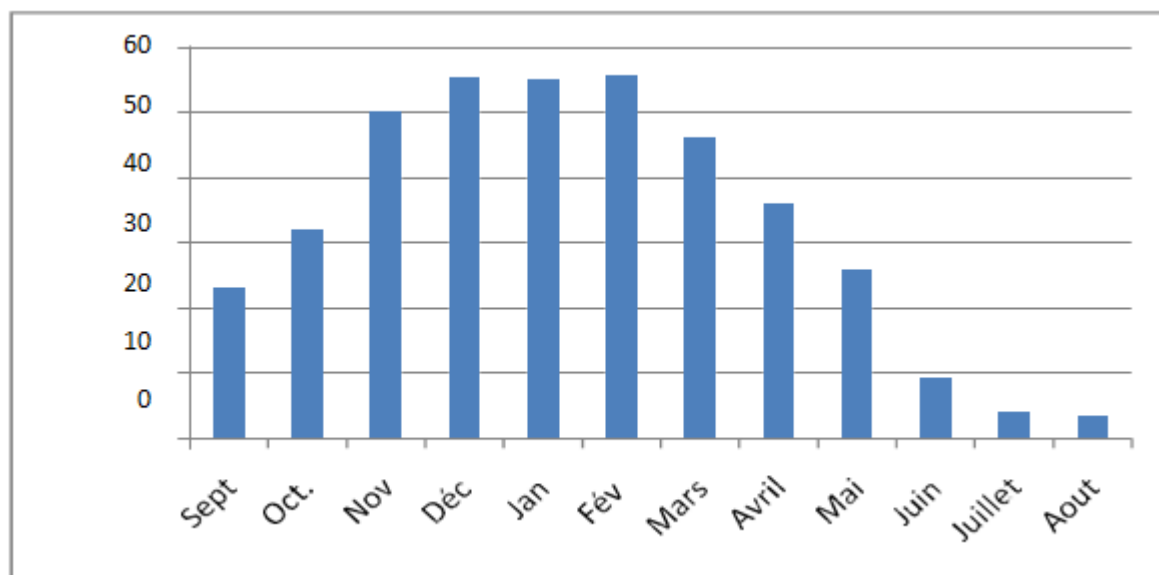


Figure 06. Variation interannuelle moyennes des précipitations (1977-2007).

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.6.2. 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°1.

Tableau 01: 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

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).

I.6.3. Humidité

L'humidité est liée inversement à la température d'air.

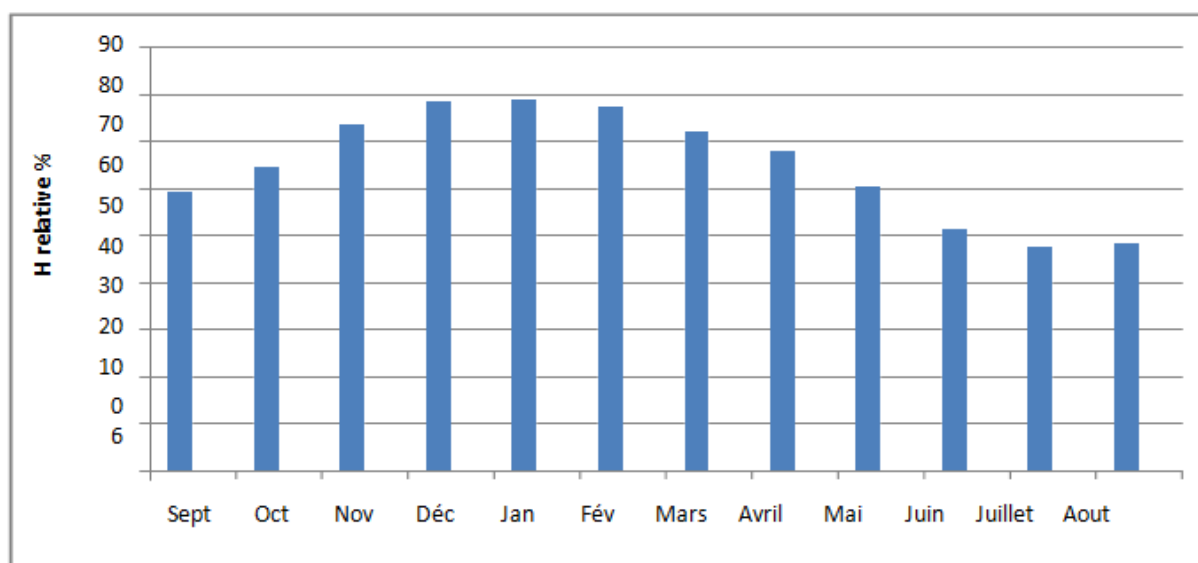


Figure 07. Variation de l'humidité mensuelle moyenne de la station de Khemis Miliana (1977 – 2007).

Dans l'hautchellif, 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.6. 4. Le vent

Dans l'haut chellif a 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. et les plus dominants sont de direction Est, leurs vitesse varie 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

Station météorologique d'el khemis (ITGC).

I.6.4.1. Sirocco

Un vent sec et chaud qui accélère la dissociation des végétaux fréquents surtout en été. Le sirocco est fréquent dans la zone d'étude, il se manifeste en juillet, voir tableau 03. 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

Station météorologique d'el khemis(ITGC).

I.6.5. Analyses climatiques

I.6.5.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

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.

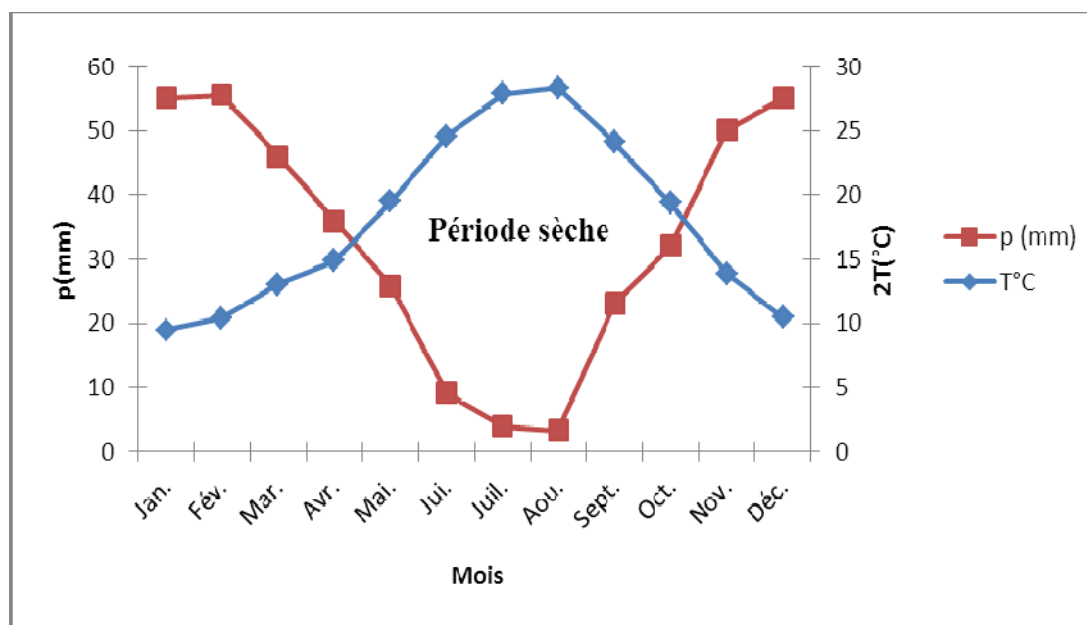


Figure 08. Diagramme Ombrothermique de (Gausson et Bagnouls) de la station de Khemis Miliana (1975-2007).

I.6.5.2. Indice d'aridité de Martonne (1927)

C'est le degré de sécheresse du climat de la région. Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région. Il est calculé par la formule suivante :

$$IA = P / T + 10$$

Avec:

IA: Indice climatique de Martonne. **P:** Précipitation moyenne annuelle (mm).

T: Température moyenne annuelle (°C).

Donc :

Tableau4: Les calculs de l'indices de Martonne

paramètres	P moy (mm)	T moy (°C)	Indiceclimatique de Martonne
Harreza BEG	383.9	18.34	13.54
Khemis ITGC	407.61	18.85	14.12

Tableau5: Les limites de climat d'après l'indice de Martonne

Valeurs d IA	Type de climat
$IA \leq 5$	Désertique
$5 < IA \leq 10$	Très sec
$10 < IA \leq 20$	Sec
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide
$IA > 30$	Humide

Après les calculs et la classification de l'indice d'aridité ci-dessus, les caractéristiques de la région (Haut Chélif) est soumise à un régime de climat relativement Sec dans les deux stations.

I.6.5.3 Climagramme d'Emberger

La technique est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER en 1955 a proposé une formule combinant :

$$Q_E = (100 * P) / ((M + m) * (M - m) / 2)$$

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Nous avons utilisé la formule d'Emberger modifiée par Stewart (1969) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

Q2: Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : moyenne annuelle des précipitations (mm).

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °K.

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °K.

Les valeurs d'estimations du quotient pluviométrique (**Q2=38 et 35.10**) pour les moyennes annuelles des précipitations de la station de barrage Harreza et la station L'ANRH de Khemis Miliana sur le climagramme d'Emberger nous a permis de situer notre région dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers tempéré (Fig.7).

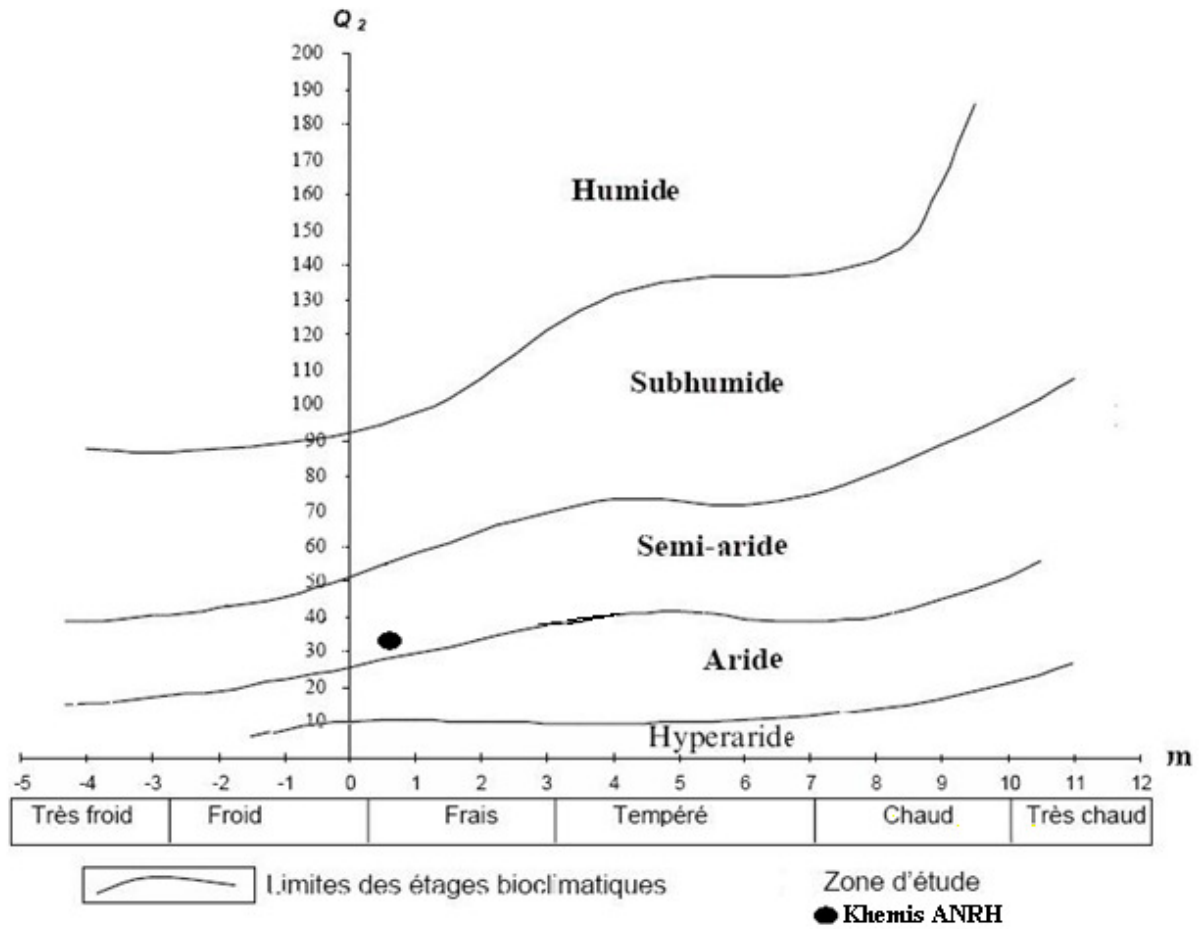


Figure 2: Localisation de la plaine du Haut Chermi sur le climagramme d'Emberger.

CHAPITRE II
PARTIE BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE II : PARTIE BIBLIOGRAPHIE

II.1. 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).

II.2. 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).

II.2.1. 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 magnésie ou entre calcium et magnésie, pouvant mener à des carences induites.

II.3. 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 donnée, 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 le 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 s'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 adsorbant. (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.

II.4. 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 liée 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.

II.4.1. Complexe adsorbant du sol

Le complexe argilo-humique (CAH), aussi appelé "complexe adsorbant", est l'ensemble des forces qui retiennent les cations échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , 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).

II.4.2. 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 absorbant joue un rôle tampon fondamental pour le maintien d'un pH stable dans les sols.

II.4.3. 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 H⁺ en g/l que l'on représente habituellement par: $pH = \log 1/ [H^+]$

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 complexe avec le Fer et devient insoluble.

Dans les sols basiques, il se complexe

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.

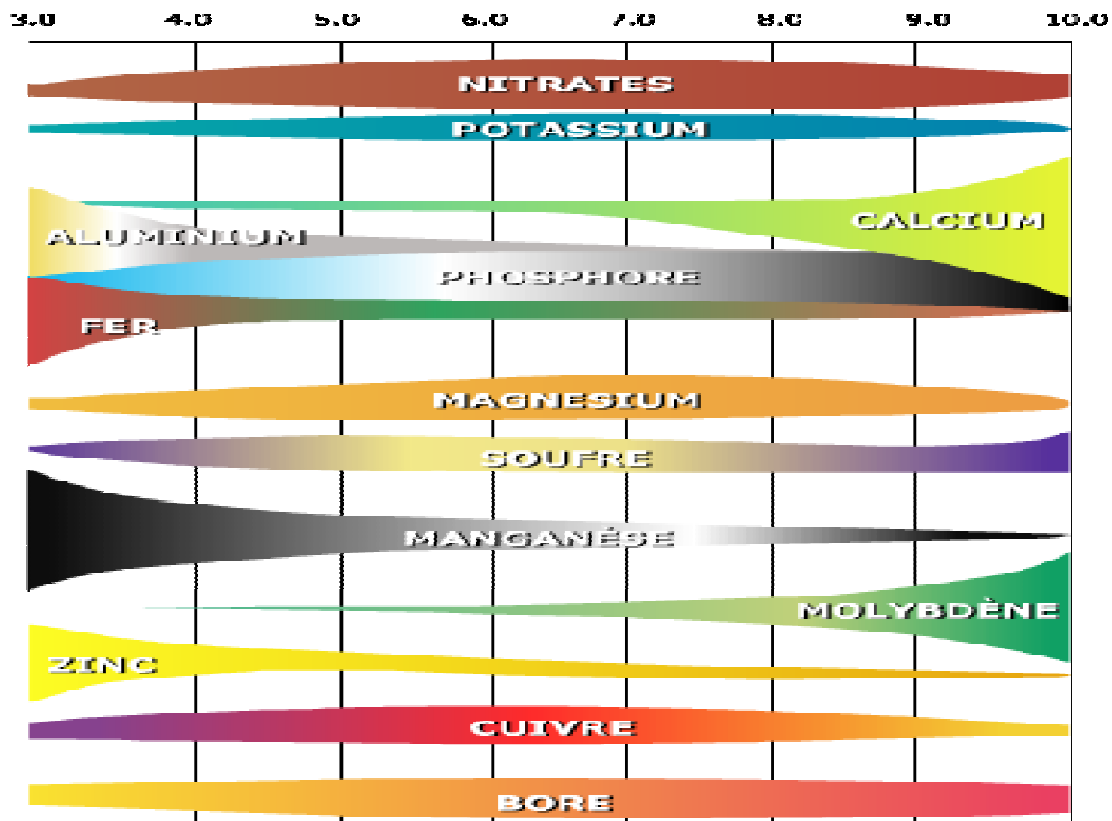


Figure 10. L'impact du pH sur la disponibilité des éléments nutritifs et la toxicité des métaux (Fox, 2008).

a. 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 $pH > 8$.

II.5. 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).

II.5.1. 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 05, donne quelques exemples de composition de la solution du sol en principaux ions, extraite de différents sol.

II.6. 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.6.1 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 CO₂ jusqu'à 3% (Lerot, 2006).

II.6.1.1. 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.6.1.2. 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 N₂.

Cette forme de l'azote est inutilisable directement par les plantes. Avec les orages, il se forme de l'acide nitrique (HNO₃) qui est entraîné au sol par les précipitations.

Les bactéries fixatrices d'azotes, libres ou associée 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 130 kg/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.6.1.3. 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).

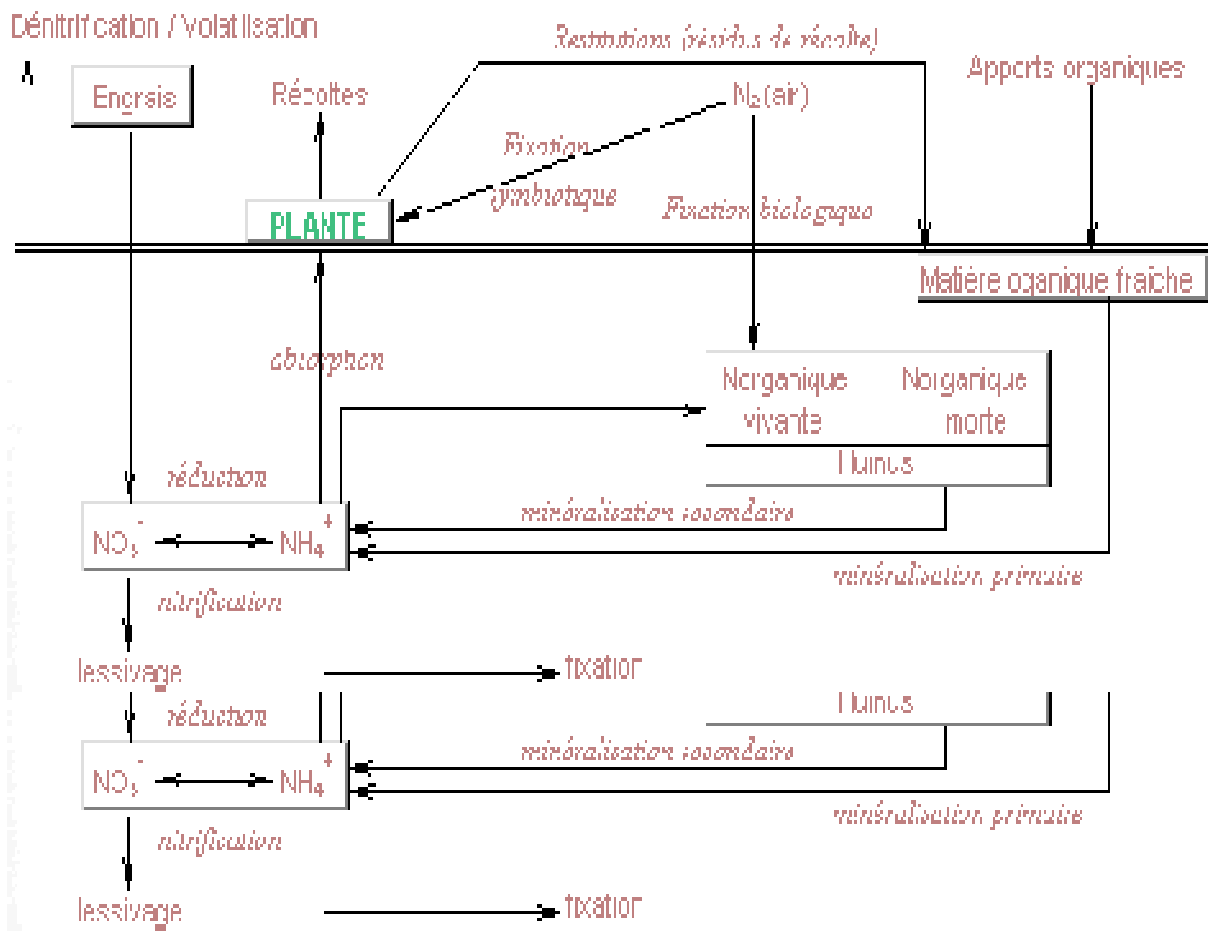


Figure11: principales transformations subies par l’azote sont rappelées par le cycle de l’azote (Pasquier, 2015)

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 NH_4^+ libres dans la solution ou retenus sur le complexe argilo-humique;

des ions nitrates NO_3^- libres dans la solution. Ils peuvent être facilement lessivés;

des ions 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 (NH_4^+ et 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.6.1.4. Les pertes d'azote

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

le lessivage hivernal: les nitrates 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 NO_3^- en azote moléculaire N_2 .

II.6.1.5. 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.6.2. Le phosphore (P)

Le phosphore est un élément isolé, 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 109t dont dix millièmes 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 PO_4H_3 . Certains de ces ions sont en solution dans l'eau du sol, d'autres sont accrochés à des cations Ca^{2+} déjà installés sur le complexe.

Les quantités de phosphore dans le sol s'expriment soit en P soit en P_2O_5 (anhydride phosphorique) (Soltner, 1988)

La teneur du sol en phosphore est généralement exprimée en % de P_2O_5 parfois en parties par million (ppm).

II.6.2.1. 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 Célime 2003).

Les roches d'origine ignée contiennent jusqu'à 37% du P_2O_5 et proviennent des terres très anciennes ou elles sont présentes sous forme 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.6.2.2. L'état du phosphore dans le sol

Le phosphore existe dans le sol sous deux états:

- Le phosphore minéral.
- Le phosphore organique.

1. Le phosphore minéral

Le phosphore minéral est principalement sous forme d'ions issus de l'acide ortho phosphorique PO_4H_3 , soit monovalents, bivalents ou trivalents.

Certains de ces ions son en solution dans l'eau du sol, d'autres sont accrochés à des cations Ca^{2+} déjà installés sur le complexe et se trouvent retenus (Lasnier-Lachaise, 1980).

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'humu-phosphates, 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.6.2.3. 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.6.3. 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.6.3.1. 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) ↔ K (échangeable) ↔ K (engrais) ↔ K (plante)

II.6.3.2. 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 (NO₃⁻ -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 CO₂ par la plante.

II.7. Les éléments secondaires ou méso-éléments**II.7.1. Le Calcium (Ca)**

Principalement actif sous forme de carbonate, Ca²⁺ est un aliment pour les plantes qui contiennent de 0,14 à 45 ‰ CaO (CaO = 1,4 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.7.1.1. formes du calcium dans le sol

Le calcium se trouve dans le sol sous plusieurs formes:

Le calcaire inactif est le carbonate de calcium (CaCO₃) à l'état grossier (blocs, graviers,).

Sous l'action de l'eau et de CO₂, il peut être dissout et fournir des ions Ca²⁺ 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 (CaCO_3) qui s'altère rapidement;
- le calcium soluble se trouve dans la solution sous diverses formes qui libèrent des ions 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 mono calciques $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;
- 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.7.1. 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 (Na^+ , K^+ et H^+).
- Régularisation du pH du substrat grâce à l'apport de bases liés au calcium dans les amendements.

II.7.2. 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 (MgO) par hectare (MgO = 1,66Mg).

II.7.2.1. 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 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.7.2.2. 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.7.3. Le soufre (S):

Composé la matière sèche à raison de 0.1 à 0.6% et est exprimé en SO_3 . Le soufre est considéré comme un élément plastique et catalytique (Pasquier, 2015).

II.7.3.1. 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 FeS_2 , CuFeS_2 (calcopryrite) et surtout le gypse (CaSO_4).

La forme SO_4^{2-} est fortement lixiviable.

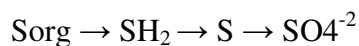
Les amendements organiques dans lequel le soufre est sous forme de protéines sulfureuses issus de la décomposition des animaux et végétaux.

Il constitue l'essentiel du soufre dans le sol.

L'atmosphère qui contient de l'anhydride sulfureux (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.7.3.2. 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.8. 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.8.1. 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.8.2. 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.8.3. 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.8.4. 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_2), 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 Leplatois Védie (2005), des plantes fourragères.

CHAPITRE III : Matériels et méthodes

III.1. Échantillonnage

Choix Du Site

On a choisi la commune de BIR OUALD KHLIFA lieu dit CHAAIB comme une zone d'étude Sachant que cette commune se trouve sur superficie de 6580 hectares, dont 5142 hectares représentent SAT et 4928 hectares représentent une addition, la zone irriguée est estimée à 2477 hectares, soit 80% de la zone SAU.

Elle est classée a La troisième place dans la production de pommes de terre pour l'année 2016 au niveau de la wilaya de AIN DEFLA, (source la subdivision)

Les échantillons du sol ont été prélevés à partir de quatre parcelles (sol nu, sol cultivé en céréale (blé dur), sol occupé par l'arboriculture fruitière (poire) et un sol occupé par la culture maraîchère (tomate), en réalisant un profil de 1x1x1m avec l'utilisation d'une pelle et Pioche.

Les échantillons de sol ont été prélevés au niveau de trois horizons (0-30cm), (30-60 cm) et (60-100cm).

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 douze, 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. Situation de la zone voir figure suivante

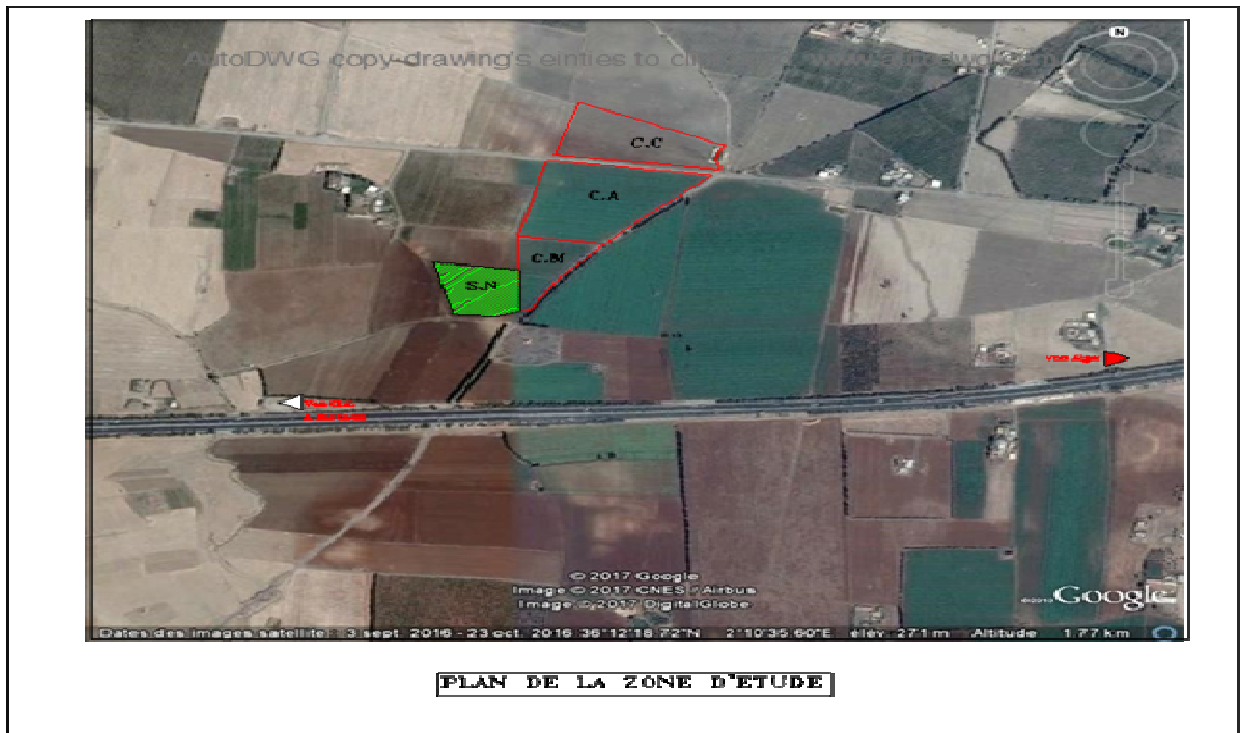


Figure 12: Plans de la situation de la zone d'étude (Google earth 2017)

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

III.2.1. Analyses physique

III.2.1.1. 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 metre l'échantillon en suspension par une solution dispersante (hexmétaphosphate de sodium), sel neutre qui élimine tous les ions maintenant les colloïdes à l'état floculé.
- Si la dispersion terminé, on some fait la séparation des différentes particules selon leur diamètre par: la sédimentation et siphonage (tamisage par l'eau)



Figure 13 : photo de tamisage

III.2.1.2. 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.



Figure 14: Photo reprisant le mesuré de PH

III.2.1.3. La conductivité électrique CE

- La salinité globale est exprimée par la conductivité électrique d'une solution entre deux électrodes de 1cm² de surface distance de 1cm, IL est connu que les solutions salines, a l'apposé des solutions pures sont plus conductrices de courant électrique.
- la conductivité électrique est mesurée par le conductimètre

Mode opératoire de la CE extrait dilué 1/5 :

Poser 10 g de terre (2mm) et sec.

Ajouter 50ml d'eau distillée dans un bécher.

Laisse agiter 1/2h et laisse repose jusqu'à ce qu'il y ait sédimentation de la terre

Traverser le liquide surnageant dans un bécher.

Faire les mesures par le conductimètre étalonné.

$$CE = CE_3 * f(t)/k$$

CE₃ = CE de la solution à analyser lu sur l'appareil à la température (t)

F(t) : Coefficient de correction de l'effet de la température

K = constante

$$K = CE_1 * f(t) / CE_2$$

CE₁ : valeur de la solution de KCl lu sur l'appareil à la température T.

CE₂ : CE de KCl (0,02 N à 25°C). Elle est égale à 2,76 (CE₂ ≤ 2,76 mmohs/cm)

La valeur k < à 1

Calcul de la CE₃ (de la solution à analyser) ; elle est lue sur l'appareil à la température t

Interprétation

CE 0,5 m mohs/cm : sol moins salé

0,5 < CE < 1 mmohs/cm : sol légèrement salé

1 < CE < 2 mmohs/cm : sol salé

2 < CE < 4 mmohs/cm : sol très salé

III.2.2. Analyses chimique

III.2.2.1. Matière organique MO

La matière organique est déterminée par le taux carbone organique d'un sol, en prélevant que le carbone organique représente 58% de la matière organique en suivant la méthode ANNE (1945).

Cette méthode consiste à oxyder à chaud le carbone de la matière organique contenu dans un échantillon de sol avec utilisation d'un oxydant: le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 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 (1 gramme)

Le taux de matière organique est calculé en teneur en carbone par un coefficient stable.

$$MO\% = C\% \cdot 1.72$$



Figure 15: Photo représentant la mesure de la MO

III.2.2.2. Calcaire total

Le Calcaire total 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.

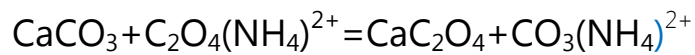
Le Calcaire total est calculé par la méthode on utilisant « calcimètre volumétrique » par mesure du volume de CO₂ dégagé suite à l'action d'un excès de l'acide chlorhydrique sur un poids connu d'échantillon du sol.

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

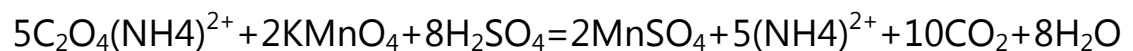


III.2.6. Calcaire actif

Le calcaire actif correspond au calcaire très fin, susceptible de libérer du calcium dans le sol pour le déterminer. 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.



Figure 16 : photo calcaire total

III.2.2.3. Capacité d'échange cationique CEC

La capacité d'échange cationique CEC est déterminée par la méthode de METSON.

Le sol subit un lavage par l'alcool éthylique pour éliminer l'excès des sels, le complexe absorbant après déplacement des bases échangeables est saturé par l'Ammonium NH_4^+ de la solution normale d'acétates d'Ammonium.

L'excès de NH_4^+ est éliminé par une solution normale de CaCl_2 Puis dosé par titrimétrie après distillation à l'appareil de buche (Baise2000)

III.2.2.4. Dosage de l'azote total

La méthode de Kjeldahl 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 (K_2SO_4 et CuSO_4).

L'utilisation de ce catalyseur permet une minéralisation plus rapide.

Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisat sous forme de NH_4^+ .

Le dosage de l'azote total est un dosage acide-base.

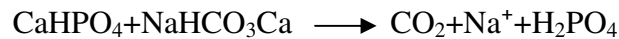
Les ions ammonium du minéralisat se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on peut les doser directement.

Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisat sous forme de NH₃ (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.2.2.5. Dosage du phosphore assimilable

Le dosage du phosphore assimilable se fait par la méthode [OLSEN]. qui basée sur le principe suivant.

- une extraction à l'aide de bicarbonate de sodium(0.5N) avec un PH DE8.5.



- une colorimétrie le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe de l'acide molybdique la présence de phosphore dans le milieu considéré provoque par chauffage le développement d'une coloration bleue.

Dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ortho phosphate, pour les valeurs comprises entre 1 et 31 ppm, on dira que le sol a un niveau moyen en phosphore

III.2.2.6. Dosage de potassium

La méthode consiste à extraire le potassium soluble et échangeable avec une solution d'acétate d'ammonium 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.2.2.7. Dosage du calcium assimilable

Le dosage du calcium se fait par la méthode volumétrique à l'EDTA sel disodique, en présence du calcium 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.

CHAPITRE IV: RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.1. La caractérisation des sols de la région

IV.1.1. l'analyse Granulométrique

Tableau 06. Paramètres statistiques de la composition granulométrique des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB) Nombre d'échantillon: 04

Profondeur (cm)	Granulométrie %					Classetexturale
	Argile	Limons fins	Limonsgrossiers	Sables fin	Sables Grossiers	
H1 La moyenne	36.03	27.9	22.98	8.41	4.66	limono - Argileux
H2 La moyenne	36.6	27.68	22.24	9.04	4.42	limono - Argileux
H3 La moyenne	37.62	23.86	25.01	10.02	5.17	limono - Argileux

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres.

Les resultants obtenus montre que les sols étudiés sont situés dans la classe de texture moyenne avec un type de texture limoneuse.

Les resultants statistiques portées sur le tableau 06 montre une augmentation du taux d'argiles en fonction de la profondeur ceci expliqué par le fait que l'eau de ruissellement ont drainé les argiles le bas ce qui rejoint les données de(Boulaine.1957).

Aussi que le taux des sables croient avec la profondeurce qui presenteque cette region a recontrée moins degrains de quartz provenants de fragmentation in-situ du substratum rocheux sous le fait des agenteinterieurs (Boulaine.1957).

Pour le taux des limons sa teneur dans les quatre echantillins baissent avec la profondeur ceci et expliquée par le memephenomene que celle de l'argile c'est à dire les limons transportes par les eaux de ruissellement.

La figure suivante résume les resultants du taux des limons au niveaux de la zone d'étude

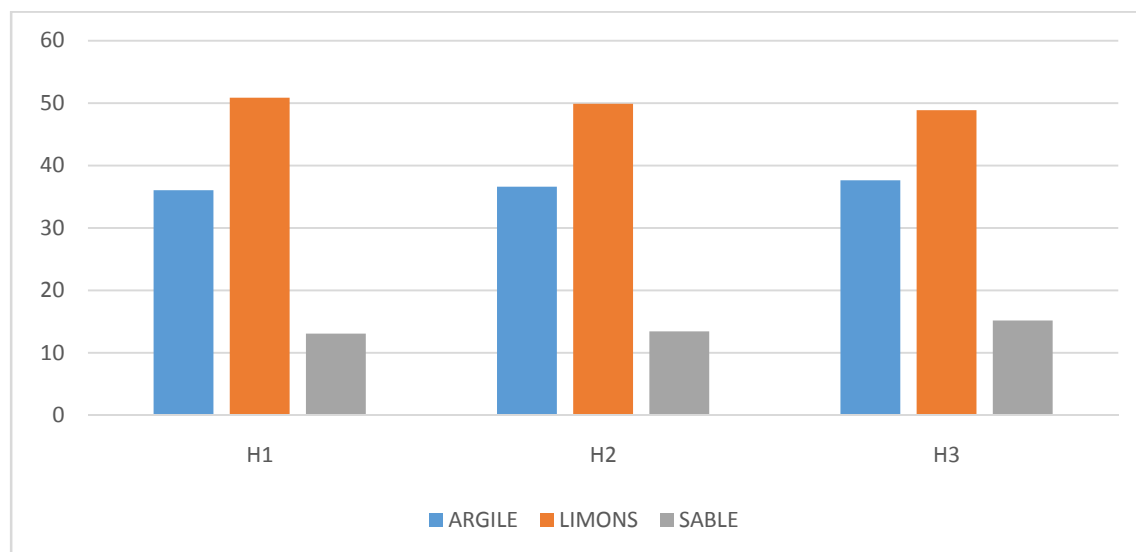


Figure 17: Variation de la composition granulométrique en fonction de la profondeur.

A partir de la figure 1, le taux des limons est très important dans les trois horizons pour les quatre échantillons et s'abaisse en fonction de la profondeur.

C'est un sol classe de texture moyenne et le type de texture limoneuse fine ce qui favorise la culture des différentes espèces.

IV.1.2. Le pH

Les valeurs de pH de notre sol d'étude sont presque égales pour les trois horizons.

Tableau 07: paramètre statistiques du pH des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB). Nombred'échantillon :04

Echantillon	H1	H2	H3
La moyenne	7.48	7.55	7.61

Les résultats illustrés par le tableau 07, nous montre que notre sol est basique (Baise 2000).

La figure suivante nous donne les variations du pH des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB). en fonction de la profondeur

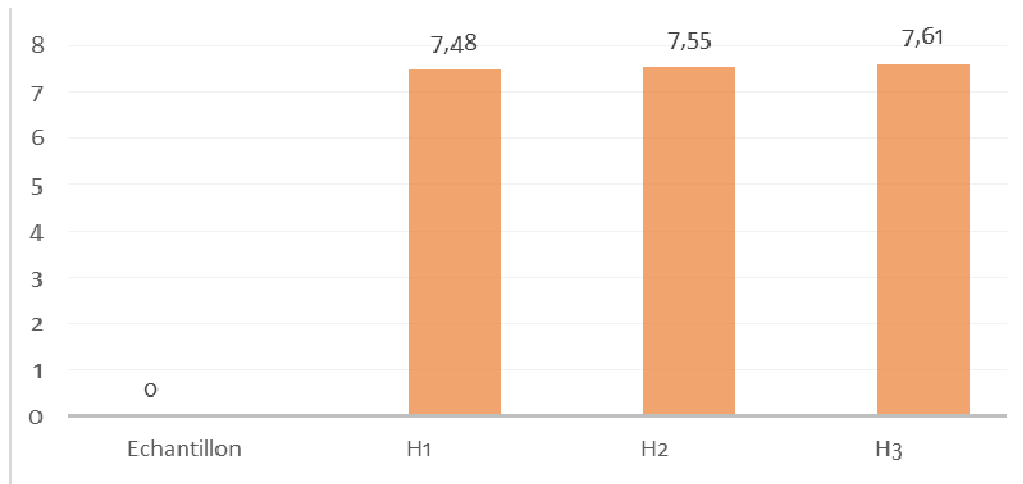


Figure 18: Variation du pH dans les sols en fonction de la profondeur.

Le pH peut être d'origine organique ou minérale et varie en fonction de la nature de la roche mère, les conditions climatiques, les apports en engrais. Les sols alcalins suggèrent la diminution de la disponibilité des éléments nutritifs mineurs Selon London (1991),

IV.1.3. La matière organique (MO)

La matière organique du sol a pour origine les débris végétaux et animaux de toute sorte, les exsudats racinaires et biomasse microbienne.

La (MO) joue un rôle très important dans le sol en améliorant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, 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

Tableau 08: paramètre statistiques de la teneur en matière organique des sols de la région (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB) Nombre d'échantillon: 04

Echantillon	C%			MO%		
	H3	H2	H1	H3	H2	H1
La moyenne	1.04	1.27	1.37	1.80	2.20	2.36

Les différents résultats d'analyses montrent que la teneur des sols de la zone d'étude en matière organique est généralement moyenne avec une teneur moyenne de 2.12 % pour les trios . (Schaffer.1975)

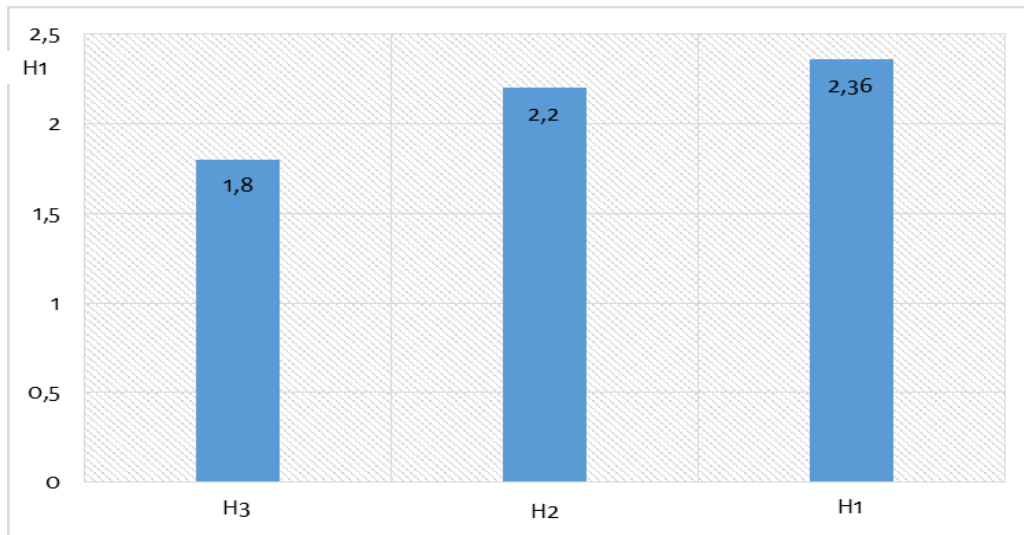


Figure 19: Variation de la teneur en matière organique en fonction de la profondeur

Cette Figure montre les résultats de la variation de la teneur en matière organique de notre région d'étude.

Le taux de la matière organique est élevé à la surface et diminue avec la profondeur, avec une teneur de 2.36 % pour l'horizon de surface H1 (voir Annexe).

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).

Tableau 09: paramètres statistiques de la conductivité électrique (ms/cm) des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA/ECHAAIB). Nombred'échantillon :04

Echantillon	H1	H2	H3
La moyenne	0.760 ds/m	0.575 ds/m	0.532 ds/m

On remarque que la valeur la plus élevée de la conductivité électrique est marquée celle de 0,76 ms/cm, en horizon de surface et de 0,532 ms/cm en dernies horizon.

Les sols de la région sont non salés, en se référant aux norme d'interprétation (Baize 2000), voir annexe.Ce qui indique alors que ces sols sont propices pour la plus part des cultures (Soltner, 2000).

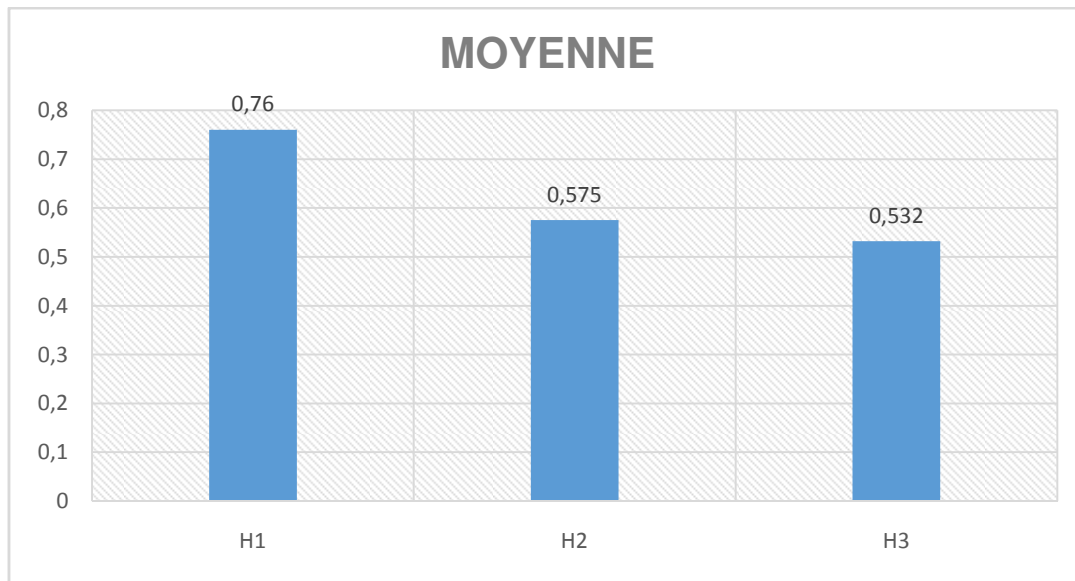


Figure 20: Variation de la conductivité électrique en fonction de la profondeur.

par la figure 15, nous remarquons que pour toute la 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).

IV.1.5. Calcaire total

Le calcaire total Regroupe les carbonates insolubles des sols ces carbonates de calcium et magnesium.

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) (Anonyme (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. Les résultats obtenus sont reportés dans tableau 10

Tableau 10: paramètre statistiques de la teneur en calcaire total (%) des sols de la région (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB). Nombred'échantillon :04

Echantillon	H1	H2	H3
La moyenne	8.50	9.69	12.08

En se référant aux normes d'interprétation Baize (2000), la classe des sols de la région est modérément calcaire avec une valeur moyenne de 10.09 %. pour les trois horizons

La figure suivante pesente les variations du taux du calcaire des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB). en fonction de la profondeur

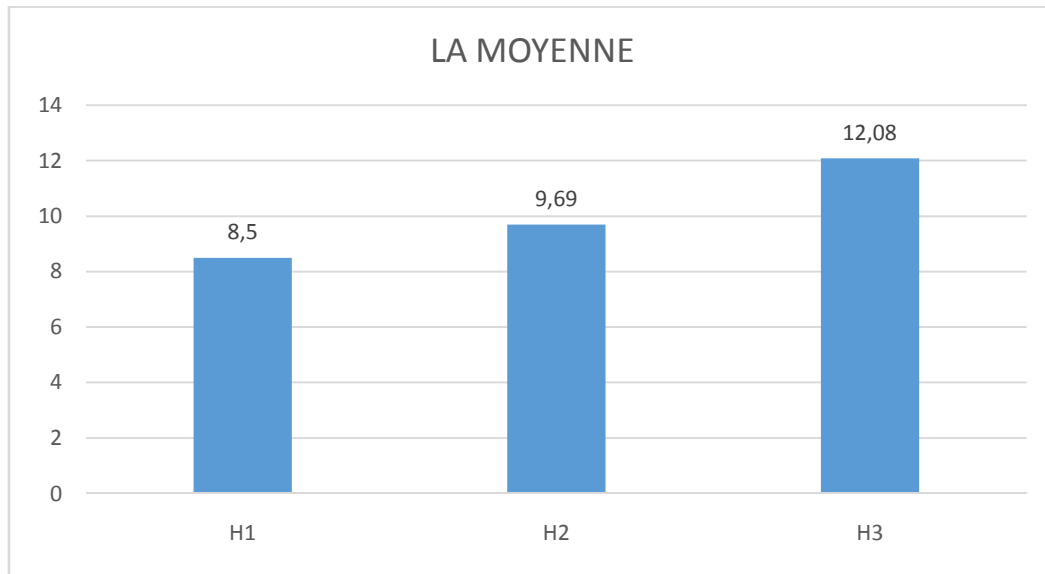


Figure 21: Variation de la teneur en calcaire total en fonction de la profondeur.

D'après la figure, on remarque 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 12.08% et 8.50 % (voir Annexe).

Le calcaire peut avoir des effets néfastes ou bénéfiques sur les plantes. Tout depend de l'environnement naturel.

IV.1.6. CALCAIRE ACTIF

le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Selon Anonyme (2015),

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.

Tableau 11: paramètre statistiques de la teneur en calcaire actif (%) des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB Nombre d'échantillon:04

Echantillon	H1	H2	H3
La moyenne	2.27	2.43	3.82.

D'après les résultats obtenus, les sols de la région ont des teneurs, considérés, comme

faibles avec une moyenne de 2.27% (H1) et une moyenne de 3.125% (H2 et H3) de calcaire actif.

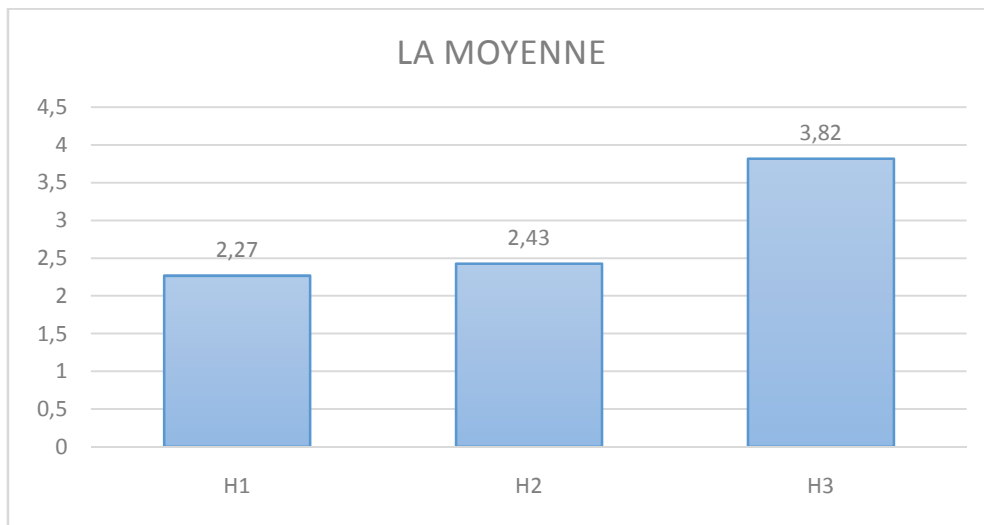


Figure 22: Variation de la teneur en calcaire actif en fonction de la profondeur.

De la figure 17 l’horizon profond enregistre la valeur la plus élevée du calcaire actif lors que la valeur la plus faible est marquée au niveau de l’horizon H1, ce qui diminue les risques de ’insolubilisation et de blocage de quelques éléments nutritifs dans le sol

IV.1.7. Capacité échange cationique CEC

La CEC 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).

Tableau 12: paramètre statistiques de la CEC des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA/ECHAAIB (meq/100g sol). Nombred’échantillon :04

échantillons	H1	H2	H3
La moyenne	20	20.3	19.63

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 H2 avec 20 mes/g sol. (voir Annexe).

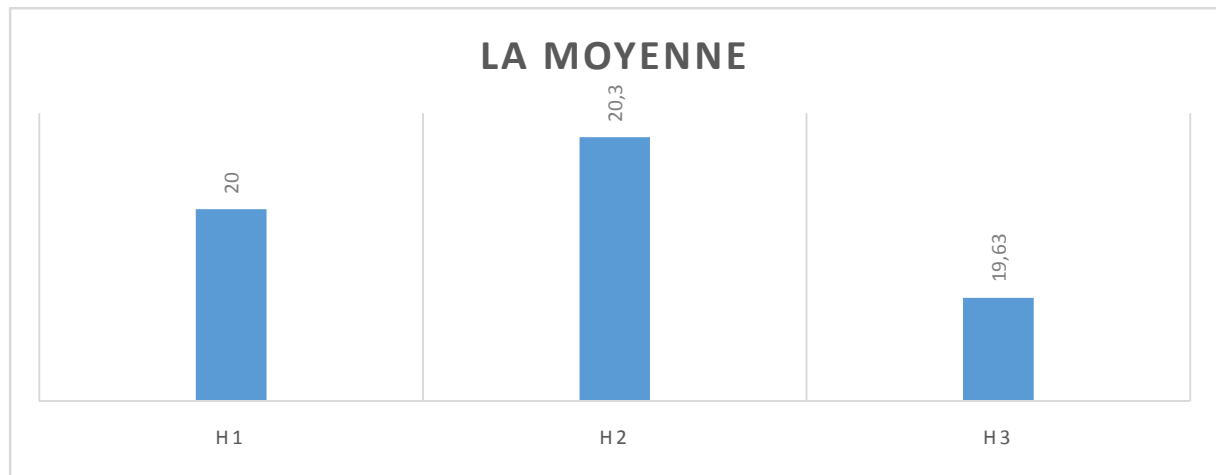


Figure 23: Variation de la CEC en fonction de la profondeur.

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, donc les concentrations de capacité d'échange cationique maximales soient plus élevées dans le cas des sols étudiés à texture fine (limoneuse).

IV.2. La teneur en éléments majeurs et secondaires(le calcium) 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 (Cne BIR OUALD KHLIFA/ECHAAIB). 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/TOMATE);
- Parcelle occupée par la culture céréalière (CC/BLE DUR);
- Parcelle occupée par l'arboriculture fruitière (CF/POIRIER);
- 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

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

IV.2.2.1. 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.
- Tableau 13: La teneur en azote total des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB) (N %).

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	0.003	0.002	0.002
CULTURE MARAICHERE	0.002	0.001	0.003
CEREALE CULTURE	0.010	0.008	0.011
ARBORICULTURE	0,009	0.009	0.008

Selon (Soltner, 2000), un sol contenant une teneur inférieure à 0.05, est un sol qui a des teneurs très faibles en azote.

Pour assurer une bonne production végétale et de rendements élevés, le recours à la fertilisation (minérale ou organique) est très indispensable. Nous remarquons aussi que notre sol est très pauvre en Azote (N) dans les trois horizons

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

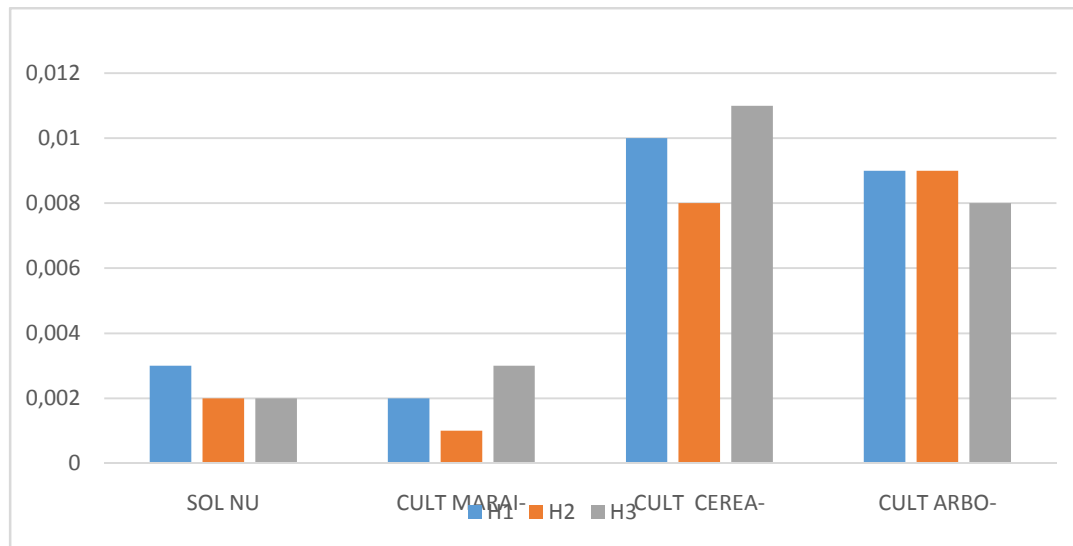


Figure 24: Variation de la teneur en azote total des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.

A la figure 19, 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 cerealeres 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.pour remplacer la carrence de l'azote dans le sol .

IV.2.2.2. Le phosphore assimilable

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

Tableau 14: La teneur en phosphore assimilable des sols de la région (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB) (P2O5 ppm).

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	46.5	40.2	39.5
CULTURE MARAICHERE	56.56	50.20	39.5
CEREALE CULTURE	76.75	70.40	59.40
ARBORICULTURE	81.75	80.50	60.50

Les résultats du tableau 14, indiquent selon les normes de Calvet (2003), que notre sol représente des teneurs élevées 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.

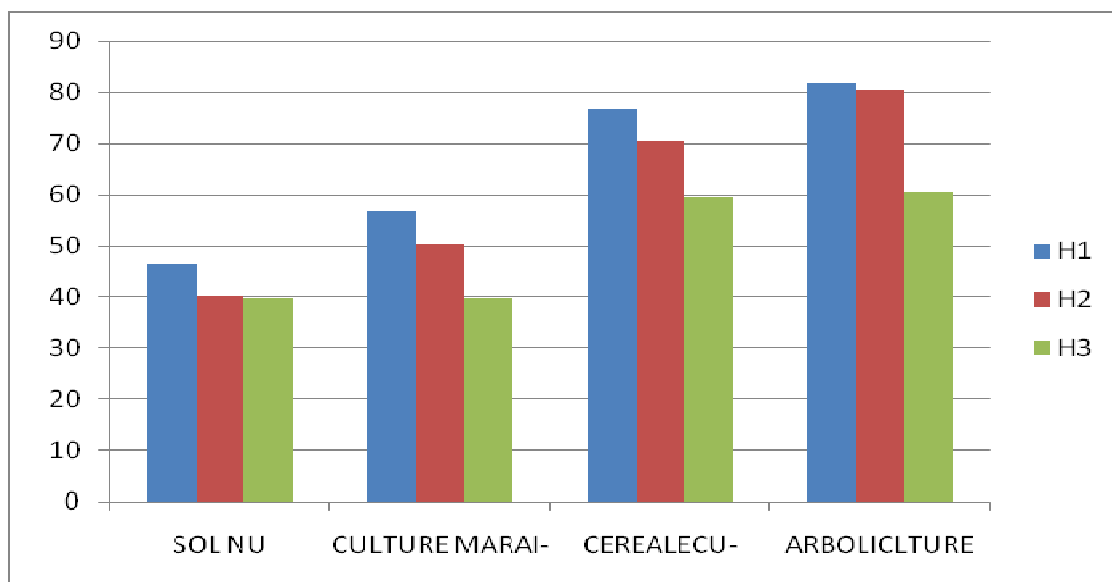


Figure 25: Variation de la teneur phosphore des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.

Cette figure, montre que les teneurs les plus élevées sont données par les parcelles cultivées, avec la plus grande valeur enregistrée par les cultures arboricoles.

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 Calvet (2003), 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 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.2.2.3. Le potassium

Le potassium participe directement à la formation et à la croissance des cellules.

D'après les 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 résultats obtenus sont donnés par le tableau suivant.

Tableau 15: La teneur en potassium assimilable des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB) (meq/100 g sol).

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	0.40	0.34	0.36
CULTURE MARAICHERE	0.39	0.44	0.50
CEREALE CULTURE	0.50	0.43	0.31
ARBORICULTURE	0.51	0.52	0.43

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 faible en potassium., ce qui constitue un mauvais approvisionnement des plantes en cet élément essentiel à leur croissance

Nous remarquons aussi que les horizons profonds représentent toujours les quantités les plus faibles.

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

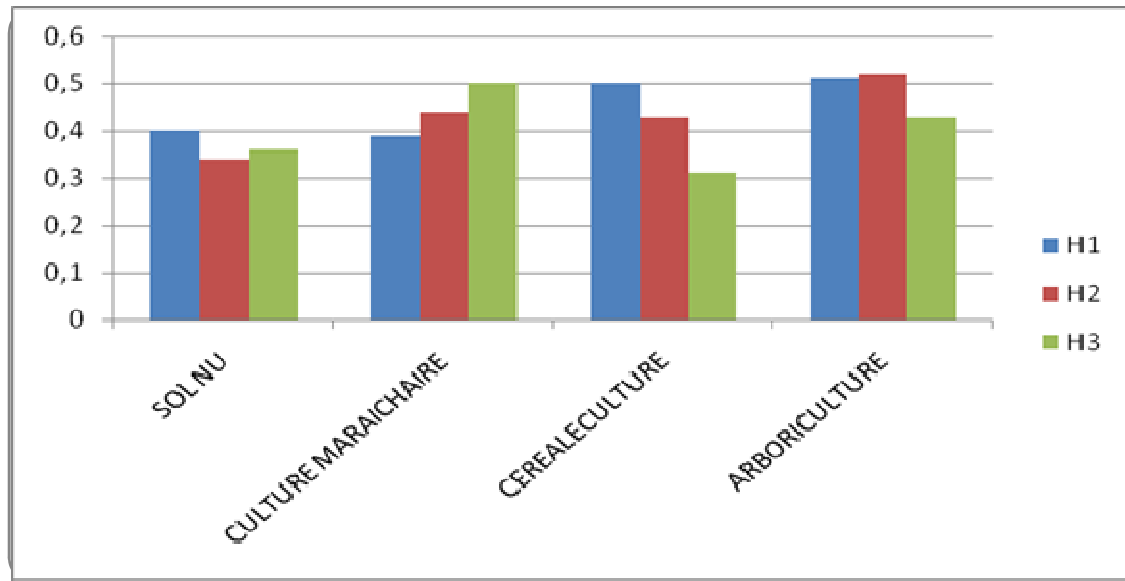


Figure 26: Variation de la teneur en potassium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.

De cette figure nous remarquons que c'est la parcelle occupée par la culture arboricole 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.

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.

IV. 3. La teneur du calcium(éléments secondaires)des sols de la région

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 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Tableau 16: La teneur en calcium assimilable du sol de la région de BIR OUELD KHELIFA (meq/100 gsol).

Echantillons	H1	H2	H3
sol arboricol	8.56	10.40	13.50
SOL NU	3.75	4.70	4.90
Sol de cérééal	8.75	13.50	16.57
Culture Maraichère	4.50	6.30	3.50

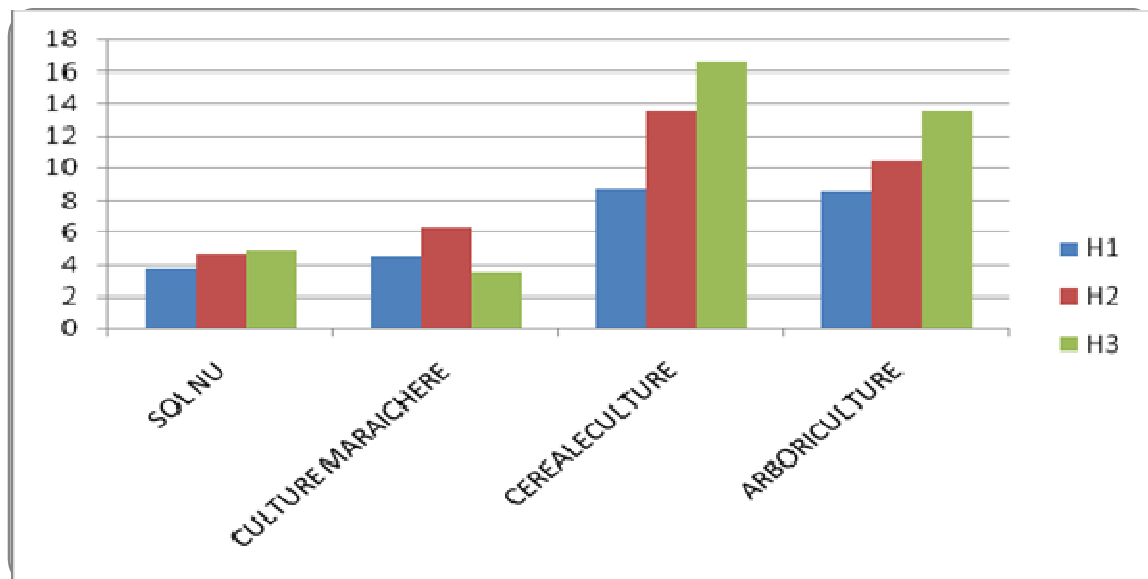


Figure 27: Variation de la teneur en calcium assimilable des parcelles étudiées en fonction de la profondeur.

La figure 27 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 élevés 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 optimales (voir Annexe)..

IV.4. Discussion

D'après les résultats obtenus on peut conclure les suivantes:

- L'analyse 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 propriété de battance due à la présence des taux élevés de limons.
- L'analyse chimique de ces sols sont 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 moyen, 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.
- 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.
- la texture fine de notre sol (Limoneux) 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.
- 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.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Notre étude ayant porté sur l'évaluation de l'état de fertilité chimique des sols de la région du haut Chellif cas de (Cne BIR OUALD KHLIFA / CHAAIB) a permis de déterminer les indicateurs de fertilité de cette région.

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 BIR OUELD KHLIFA.

Des résultats obtenus il ressort que les sols de la région sont 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 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

A travers ces résultats, nous pouvons conclure que notre sol est moyennement fertile,

CONCLUSION GENERALE

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).

ANNEXE 01: Travail sur le terrain (Chaaib, 2017)



Realisation d'un Profil (1x1x1) m



Materiels utilisé (pelle, pioche, Décamètre, etequettes, appareil photo)



Emballage des échantillons

ANNEXE N° 02. MATERIELS ET METHODES D'ANALYSE

Les analyses de sols sont des procédures visant à caractériser la composition et les Qualités physico-chimiques des sols. Ce sont des applications de la pédologie permettant D'avoir une idée sur l'impact et l'effet du type du sol sur la fertilité du sol.

- Analyses des propriétés physico-chimiques de sol, des parcelles agricoles de la région de BIR OUEKHLIFA .au niveau de laboratoire chimie d'université de Djilali Bounaama, Khemis Miliana. Le reste des analyses au Laboratoire de pédologie de l'INA HARRACHE.

1.L'échantillonnage :

Les échantillons du sol ont été prélevés à partir des quatre sols (sol 1 cultivé en tomate, sol 2 Cultivé en blé dur, sol 3 d'une arboriculture (le poirier) et un sol nu). Les échantillons sont prélevés On utilise un pioche, pelle qn réalisant des profils de différentes profondeurs comprise entre 0- 30 à 30-40 cm - 40cm-60

60à100cm. (12) échantillons ont été séché à l'air libre pendant quelques jours, puis broyé Et tamisé à 2mm de diamètre, et conservé dans des sacs en plastique bien fermé dans un endroit Sec et propre, le nombre total des échantillons est 12 échantillons, qui sont répartis de façon Aléatoire sur notre région d'étude. Les échantillons prélevés sont mis dans des sacs en plastique Étiquetés.

- Le dispositif de prélèvement voir la figure



Photo : Outil de prélèvement des échantillons de so

Préparation des échantillons du sol

L'objectif de la préparation de l'échantillon avant analyse est d'obtenir un échantillon Représentatif dans lequel la concentration en paramètre a analysé est aussi proche que celle Présenté dans le sol, c'est souvent l'étape la plus longue et celle qui génère le plus de sources, D'erreur dans la chaîne analytique selon (LOZET et Mathieu, 2002). Elle comprend :

- Séchage dans l'étuve pendant 24heurs.
- Broyage.
- Tamisage à 2mm.
-

L'échantillon est désagrégé mécaniquement et passé au travers du tamis de 2mm. La terre fine est conservée jusqu'au moment des analyses.

Stockage et transporte :



Photo : la conservation, transport et le stockage

Préparation de l'échantillon pour le laboratoire :



Photo : Numérotation des échantillons et des formulaires

Préparation des échantillons pour le séchage :

Séchage des échantillons à l'air ambiant ou dans une étuve à 105 °C



Photo : des échantillons dans l'étuve

Broyage et tamisage :

Les échantillons ont été broyés avec un mortier, et le tamisage est effectué avec un tamis de 2 mm.



Photo : broyage et tamisage des échantillons de sol à 2 mm

Les autres appareils utilisés pour les analyses :



- La balance électronique -



- Agitateur mécanique

Les analyses physico-chimiques pour la caractérisation du sol :

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire d'analyse de l'université de Djilali Bounaama (Khemis Miliana). et Laboratoire de pédologie de l'INA harrache

Les analyses Physique du sol

Sur la fraction broyée et tamisée nous avons effectué des paramètres physico-chimiques, et Sur la fraction non traitée, nous avons effectué les analyses suivantes.

ANNEXE 03 :

❖ Conductivités électriques :

(CE) Selon Du chaufour (1965) la conductivité électrique relate les teneurs en différents sels solubles contenues dans un milieu donné. Ces sels peuvent contenir des ions de sodium, de calcium, de magnésium, de chlore et autres.

Lorsque la concentration en sels est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie, on aboutit même à un dépérissement des plantes.

Principe : On a déterminé la conductivité électrique de la manière suivante : On procède à la mise de 10g de terre fine dans un bécher de 100 ml, on rajoute 50 ml d'eau distillée, et on met le bécher sous agitation pendant une demi-heure, après repos de 5 minutes on mesure la conductivité électrique à l'aide du « conductimètre » qui est exprimé en milli siemens / cm (ms /cm) (Pétard., 1993).



Photo. Le conductimètre

Tableau n°1 : Classification de la conductivité électrique :

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Salure
0 – 0,6	Non sale
0,6 – 1,4	Peu sale
1,4 – 2,4	Salé
2,4 – 6	Très sales

Tableau 2: Résultats du CE des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB)

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	0.650 ds/m	0.530 ds/m	0.470 ds/m
CULTURE MARAICHERE	0.610 ds/m	0.530 ds/m	0.435 ds/m
CEREALE CULTURE	0.940 ds/m	0.770 ds/m	0.610 ds/m
ARBORICULTURE	0.840 ds/m	0.575 ds/m	0.613 ds/m

(USSL, 1981)

ANNEXE 04 :❖ **PH :**

Le pH est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ion H⁺. Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes du sol (Mirsal., 2004).

Principe : La méthode la plus exacte pour mesurer le pH d'un sol consiste à utiliser un « pH mètre » électrique qui donne directement la valeur du pH quand on plonge des électrodes en verre dans une solution obtenue en mélangeant une part d'échantillon du sol avec deux parts d'eau distillée (Duchauf four, 2001). Le travail consiste à former une suspension de 20 g de sol dissous à l'aide d'un agitateur pendant 30 minutes dans 50 ml de solution de KCl 0.02N. Après l'agitation la lecture du résultat se fait après 5 minutes de repos de la solution avec -pH mètre-.



Photo. Le PH mètre

Tableau n° 3 : Classification de pH.

PH	4- 4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6	6,5 – 7,5	7,5 – 8,5	>8,5
Degré	Très acide	Acide	Peu acide	Neutre	Peu alcalin	Alcalin

Source : INSID, 2016).

Tableau 4: Résultats du PH des sols de larégion de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB)

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	7.40	7.30	7.35
CULTURE MARAICHERE	7.49	7.43	7.20
CEREALECULTURE	7.56	7.80	8.10
ARBORICULTURE	7.50	7.70	7.82

ANNEXE 05 :**❖ Granulométrie (Pipette de ROBINSON):**

La granulométrie est effectuée selon la méthode internationale, le prélèvement des argiles et limons fins a été effectué à l'aide de la pipette Robinson, les sables fins et grossiers ont été récupérés par tamisage, les limons grossiers ont été déduits par différence. (OUMERZOUK ET BOUHARAS, 1993).



Photo. La pipette Robinson

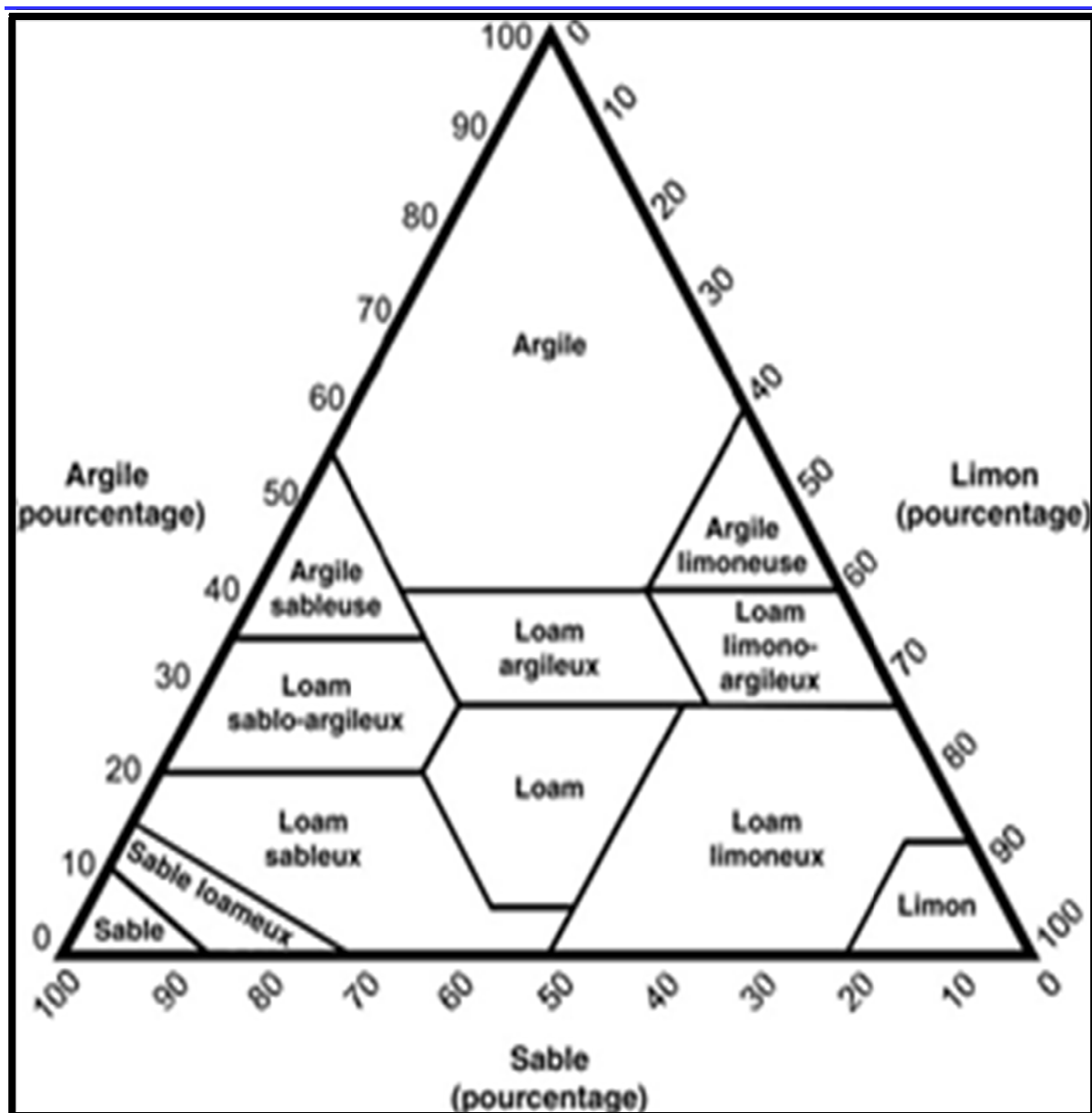


Diagramme de texture (JAMAGNE, 1980).

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Sable | 8. Limon léger |
| 2. Sable limoneux | 9. Limon moyen |
| 3. Sable argileux. | 10. Limon argileux |
| 4. Limon léger sableux. | 11. Argile sableuse. |
| 5. Moyen sableux | 12. Argile. |
| 6. Limon sableux argileux | 13. Argile limoneuse |
| 7. Limon argilo-sableux | 14. Argile lourde. |

La méthode du triangle textural qui répartit les particules de la façon suivante :

- Le limon regroupe toutes les particules dont le calibre est compris entre 0,002 Et 0,05 mm.
- L'argile comprend toutes les particules dont le calibre est inférieur à 0,002 m. (BONNEAU ET SOUCHIER, 1994).

-Tableau 05: Composition granulométrique du sol de la région de BIR OUELD
KHELIFA

Echantillons	Profondeur (cm)	Granulométrie					Classetexturale
		Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables Grossiers	
SOL NU	H1	29.50	40.50	20.50	5.30	4.20	Limono - Argileux
	H2	29.70	37.50	20.50	8.20	4.10	Lmono-Argileux
	H3	28.53	23.70	30.50	7.50	10.30	Limono-Argileux
CULTURE MARAICHERE	H1	28.75	30.50	33.50	5.35	1.9	Limono-Argileux
	H2	27.50	30.70	30.50	7.50	3.8	Limono-Argileux
	H3	28.70	31.50	30.75	7.80	1.25	Limono-Argileux
CEREALE CULTURE	H1	45.40	20.3	18.45	9.50	6.35	Argileu-limoneux
	H2	46.50	21.40	19.46	10.35	2.29	Argileu-limoneux
	H3	43.50	20.75	18.51	12.30	4.94	Argileu-limoneux
ARBORICULTURE	H1	40.5	20.30	19.50	13.5	6.2	Argileu-Limoneux
	H2	42.7	21.15	18.5	10.13	7.52	Argileu-Limoneux
	H3	43.50	19.50	20.30	12.50	4.20	Argileux-limoneux

ANNEXE 06 :

- ❖ **Matière organique (MO) :** 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).

Principe :

- **Pour l'échantillon :** dans un bécher ;1g de sol (0.2mm) +10ml de (k₂cr₂O₇) +20mld'acide sulferuqueocentré. Milanger et repose 30 minutes
 - **Pour le témoin :** dans un bécher on met 10ml de (k₂cr₂O₇) + +20ml d'acide sulferuqueocentré. Milanger et repose 30 minutes
- Mettre chaque préparation dans les fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée
-prélever 20ml de chacun + 1ml de H₃PO₄ + 3 gouttes de Diphénylamineet laisser agiter pendant 05minute dans agitayeur rotatif
- **Titration** On titre avec le sel de MOHER à 0.25 N titre jusqu'ail y aun virage du bleu foncé vers le vert, prendre le volume descende de burette pou le temoinaussi et pour l'échantillon
- $$C\% = (V_{\text{temoin}} - V_{\text{échantillon}}) \times 0.615 / P$$
- P Le poids du sol egale 1gramme**
- $$MO\% = C\% \times 1.72$$

Tableau°6 : Norme d'évaluations de la teneur en matière organique de la texture grosserie :

MO (%)	Sol
MO < 1	Très pauvre
1 < MO < 2	Pauvre
2 < MO < 4	Moyen
MO > 4	Riche

(Source : Shaffer, 1975)

Tableau7 : Résultats du MO % des sols de la région de (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB)

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	2.58	2.63	1.53
CULTURE MARAICHERE	2.40	2.30	1.86
CEREALE CULTURE	2.13	2.10	1.90
ARBORICULTURE	2.35	2.10	1.93

ANNEXE 07 :**Calcaire total :**

C'est l'ensemble du calcaire de sol représenté sous toutes dimensions, (toutes les tailles), Parmi les différents éléments chimiques qui entrent dans la composition du sol, le « calcaire » joue un rôle essentiel non seulement dans la nutrition des plantes mais encore dans la pédogenèse (Duchauffour, 1984).

Principe: Le principe de dosage du calcaire total est basé sur la mesure du CO₂ dégagé du calcaire (CaCO₃) se trouvant dans 0,5g de terre fine neutralisée par 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl). Le dispositif réactionnel est appelé « calcimètre de Bernard » ou « procédé gazométrique ».

**Photo.** Le calcimètre de Bernard

Tableau N°8 : Echelle d'interprétation de Calcaire Total :

CaCO₃ (%)	Sol
CaCO₃<1%	Non calcaire
<1CaCO₃<5%	Peu calcaire
5<CaCO₃<25%	Modérémentcalcaire
25<CaCO₃<50%	Fortement calcaire
50<CaCO₃<80%	Trèsfortementcalcaire
CaCO₃>80%	Excessivementcalcaire

(BAISE, 2000)

Tableau 9: Résultats du CaCO₃ % et lecalcaireactif des sols de la régionde (cne BIR OUALD KHLIFA / ECHAAIB)

Echantillons	Elements	H1	H2	H3
SOL NU	CaCO₃ %	7.50	4.30	5.17
	calcaireactif	2.56	4.20	5.30
CULTURE MARAICHERE	CaCO₃ %	6.80	5.40	2.70
	calcaireactif	1.70	1.05	0.00
CEREALECULTURE	CaCO₃ %	10.50	16.35	24.50
	calcaireactif	2.75	4.50	8.95
ARBORICULTURE	CaCO₃ %	9.40	12.5	16.43
	calcaireactif	2.56	4.20	5.30

ANNEXE 08 :**❖ La capacité d'échange cationique:****Tableau 10:**normed'interprétation pour la C.E.C

CEC (meq/100g)	Trèsfaible	Faible	Moyenne	Elevée	Trèsélevée
	<5	5-10	10-15	15-20	>20

Source:calvet et villement, 1986

Tableau 11: Variation de la CEC du sol de la région de BIR OUELD KHELIFA (meq/100g sol).

Echantillons	H1	H2	H3
SOL NU	17.50	17.20	16.33
CULTURE MARAICHERE	16.50	17.20	16.45
CEREALECULTURE	23.50	23.40	22.75
ARBORICULTURE	22.50	23.40	23.50

ANNEXE 09:**Resultats des Analyses Chimiques des Cultures Etudiees****1: L'azote:****Tableau 12:**normesd'interprétation pour l'azote.

Azote (KJELDAHL)	Trèspauvre	Pauvre	Moyenne	Riche	Très riche
	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.15	0.15-0.25	>0.25

Source : (gros, 1979)

Tableau 13: La teneur en azote total du sol de la région de BIR OUELD KHELIFA (N %).

Echantillons	H1	H2	H3
sol arboricol	0,009%	0.009%	0.009%
SOL NU	0,003%	0.002%	0.002%
Sol de céréal	0.010	0.008	0.011
Culture Maraichère	0.002	0.001	0.003

ANNEXE 10 :**2: Le phosphore:**

Les mesures du phosphore ont été faites par colorimétrie.

L'extraction a été effectuée sur le phosphore assimilable selon la méthode Olsen. Cette méthode permet de déterminer le phosphore alcano-soluble extrait par (NaHCO₃) 0,5N a pH=8,5 (Mathieu et Pielan, 2003).

Le dosage est basé sur la formation d'un complexe de l'acide phosphorique et l'acide molybdique (Petard., 1993). Dans un milieu où il y a le phosphore, l'addition de l'acide ascorbique provoque par chauffage une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ortho phosphate

La lecture se fait au colorimètre a une longueur d'onde de 660 nm. (Non disponible).

Tableau 14: classed'appréciation pour le phosphoreassimilable.

Classe	P ² O ₅ assimilable (%)
Terrespauvres	<0.12
Terresmoyennes	0.12-0.30
Terres riches	>0.30

Source: ministère de la coopération de la républiquefrançaise (1974)

Tableau 15: La teneurenphosphoreassimilable des sols de la région de BIR OUELD KHELIFA (P₂O₅ ppm).

Echantillons	H1	H2	H3
sol arboricol	81.75	80.50	60.50
SOL NU	46.50	40.20	39.50
Sol de céréal	76.75	70.40	59.40
Culture Maraichère	56.50	50.20	39.50

ANNEXE 11 :**3: Le potacium:**

Les dosages sont réalisés par spectrophotomètre d'émission atomique (photomètre à flamme). La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalin –terreux, les éléments à analyser (sodium, potassium, lithium, calcium etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Tableau 16: La teneur en potassium assimilable du sol de la région de BIR OUELD KHELIFA (meq/100 g sol).

Echantillons	H1	H2	H3
sol arboricole	0.51	0.52	0.43
SOL NU	0.40	0.34	0.36
Sol de céréale	0.50	0.43	0.31
Culture Maraîchère	0.39	0.44	0.50

ANNEXE 12 :

4. La teneur en calcium (élément secondaire)

Principe : Titrage molaire des ions calcium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Tableau 17: La teneur en calcium assimilable du sol de la région de BIR OUELD KHELIFA (meq/100 g sol).

Echantillons	H1	H2	H3
sol arboricole	8.56	10.40	13.50
SOL NU	3.75	4.70	4.90
Sol de céréale	8.75	13.50	16.57
Culture Maraîchère	4.50	6.30	3.50

Référence bibliographique

- **Anonyme.(2015).**Lecalciumentmagnésium.
<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.
- **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
- **CDAQ. (2005).** Quelques notions de fertilisation. Publier par CDAQ, 50 p.
- **Dumon R. (1980).** Le phosphore et les composés phosphatés. MASSON édition. 1^{er} trimestre. 171 p.
- **Deffeyes G. et Célimène C. (2003).** Appel pour refertiliser les sols de notre planète. 24 p.
- **FOUCARD.J.C.(1994).** Filière pépinière de la production à la plantation : Innovations Techniques Productions Marchés. Ed. Tec Doc Lavoisier, Paris, 427 p
- **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>
- **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^{ème} 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.
- **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 evaluationin 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.
- **Morel R. (1996)**, Les sols cultivés. 2^{ème} 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,P aris, 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).
- **Soltner D.(1988)**. Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol, collection sciences et technique agricole. 16^{ème} 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^{ème} édition. 467 p.
- **Soltner ,2005**.les bases de la vigne ; 61p www.domainedevenus.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. Agrie. Fr 85 (2), 32 p.
- **UNIFA, (2007)**, L'apport du soufre en pratique. 2p 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^{ème} édition, Lavoisier, Paris 358 p.
- **Vilain M. (1997)**, La production végétale. Volume 2 : les composantes de la production. 2^{ème} 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. 4p