



Mémoire

Présenté par

BELLILI Karim

Pour l'obtention du diplôme de *Magister*

Filière: Sciences de la Nature

Option: Ecologie et Environnement

Thème

**Evaluation physico-chimique des sols de la région de
la Soummam
en vue de l'amélioration de leurs potentialités agro-pédologiques**

Soutenu le :

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr. Mokrane IGUEROUDA

Professeur

Univ. de Béjaïa

Président

Mr. Hachemi SIDI

Maitre de Conférences A

Univ. de Béjaïa

Promoteur

Mme. Aïcha ZEBBOUDJ

Maitre de Conférences A

Univ. de Béjaïa

Examinatrice

Mr. Farid BEKDOUCHE

Maitre de Conférences A

Univ. de Béjaïa

Examinateur

Année Universitaire : 2013/2014

Remerciements

A travers cet espace, je tiens à exprimer mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à réaliser ce travail, de la prospection jusqu'à l'impression du document, sans omettre l'ensemble des propriétaires des terres agricoles sur lesquelles l'étude s'est faite.

La primauté revient à Monsieur **SIDI H.** Docteur chargé de cours à l'UAM de Bejaia en sa qualité de promoteur de ma thèse. J'exprime ma gratitude pour sa disponibilité, ses remarques pertinentes et ses corrections.

Je ne remercierai jamais assez Monsieur **BENABDELMOUMEN M.S** pour sa disponibilité, et d'avoir accepté de porter ses remarques et ses orientations.

Je tiens, aussi, à vivement remercier Monsieur **IGUEROUDA M.** (Professeur à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa) d'avoir si aimablement accepté de présider ce jury, malgré ses innombrables occupations.

Mes sincères remerciements vont également à Madame **ZEBBOUDJ A.** (Professeur à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa) et Monsieur **BEKDOUCHE F.** (Maître de conférences à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa) d'avoir si agréablement accepté d'examiner ce travail malgré leurs lourdes tâches administratives.

Et je n'oublierai pas d'exprimer ma gratitude pour : Monsieur **AIT SIDHOUM Dj.**, Monsieur **BACHIR S**, Monsieur **SADOUKI Mouhamed** et les ingénieurs du laboratoire de recherches d'Ecologie et Environnement,

Signification des abréviations

°C : degré Celsius

°K : degré Kelvin

A : argiles

ANRH : Agence Nationale des Ressources
Hydrauliques

C : carbone

Cac : calcaire actif

Cat : calcaire total

CE : conductivité électrique

cm : centimètre

cm/h : centimètre par heure

Is : indice d'instabilité

K : indice de perméabilité

Km : kilomètre

Km² : kilomètre carré

L : limons

log₁₀ : logarithme décimal

m : mètre

M (°C) : température maximale mensuelle

m (°C) : température minimale mensuelle

meq/100g : microéquivalent par 100
grammes

MO : matière organique

ms/cm : millisiemens par centimètre

Mm³/an : million de mètre cube par an

N : Azote

P : phosphore

P (mm) : précipitations mensuelle en
millimètre

ppm : partie par million

S : sables totaux

SF : sables fins

SG : sables grossiers

SnHn' : station n, horizon n'

Liste des figures

Figure n° 01 : les trois phases du sol en poids et en volume

Figure n° 02 : Classification des composants de la terre fine

Figure N° 03 : Triangle des textures USDA

Figure n° 04 : Répartition de la fraction organique

Figure n° 05 : Rôles et fonctions de la matière organique

Figure n° 06 : le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol

Figure n° 07: Structure du complexe argilo-humique

Figure N° 08 : Cycle du calcium et du magnésium dans le sol

Figure n°09: Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam

Figure n°10: Carte géologique bassin versant de la vallée de la Soummam

Figure n° 11 : Carte des sols de la région de la Soummam

Figure n° 12: Répartition des précipitations moyennes mensuelles pour les trois stations d'étude

(Béjaïa 1 : période 1913-1938 ; Bejaia 2 : période 1978-2012)

Figure n° 13 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen pour les trois stations d'étude et les deux périodes pour les différentes stations

Figure n° 14 : Climagramme pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart (1969) pour les stations étudiées

Figure n° 15 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station d'Allaghene

Figure n° 16: Evolution de l'indice de stabilité structurale (**Is**) en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

Figure n° 17: Variation des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

Figure n° 18 : Variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

Figure n° 19 : Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station d'Allaghene

Figure n° 20 : Variation des calcaires total et actif en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Allaghene

Figure n° 21: Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Allaghene

Figure n° 22 : Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Allaghene

Figure n° 23 : Variation des taux des fractions granulométriques par horizon pour la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 24 : Evolution de l'indice de stabilité structurale en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 25 : Variation des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 26 : Variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 27: Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station Ifri Agriculture

Figure n° 28 : Variation du taux des calcaires total et actif en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 29 : Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

Figure n° 30: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Ifri agriculture

Figure n° 31 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station d'Aghernouz

Figure n° 32 : Evolution de l'indice de stabilité structurale (**Is**) en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Figure n° 33 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Figure n° 34: Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Figure n° 35 : Courbe de variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station d'Aghernouz

Figure n° 36 : courbe de variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Aghernouz

Figure n° 37: Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Aghernouz

Figure n° 38: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Aghernouz

Figure n° 39 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station de Remila

Figure n°40: Evolution de l'indice de ($\log_{10} Is$) en fonction de la profondeur pour la station de Remila

Figure n° 41 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station de Remila

Figure n° 42: Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station de Remila

Figure n° 43 : Courbe de variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station de Remila

Figure n° 44 : courbe de variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station de Remila

Figure n° 45: Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station de Remila

Figure n° 46: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station de Remila

Figure n° 47 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station de Smaoun

Figure n° 48 : Evolution de l'indice de stabilité structurale (**Is**) en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

Figure n° 49 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

Figure n° 50 : Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

Figure n° 51 : Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station de Smaoun

Figure n° 52: Variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station de Smaoun

Figure n° 53 : Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station de Smaoun

Figure n° 54 : Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station de Smaoun

Figure n° 55 : Cercle de corrélation des variables édaphiques Plan 1×2 (20 variables× 26 horizons)

Figure n° 56 : Schématisation de l'évolution des profils étudiés sur le cercle de corrélation

Plan 1×2 (26 horizons × 20 variables)

Liste des tableaux

Tableau n° I : les principaux constituants du sol

Tableau n° II : Classement et nomenclature des éléments grossiers

Tableau n° III : Propriétés et effets de l'humus sur le sol

Tableau n° IV : Les données climatiques pour la station de Bejaïa pour la période de 1913 à 1938

Tableau n° V : Les données climatiques pour la station de Sidi-Aïch pour la période de 1913 à 1938

Tableau n° VI : Les données climatiques pour la station de maillot (M'chedallah) pour la période de 1913 à 1938

Tableau n° VII : Les données climatiques de la station de Bejaia pour la période de 1978 à 2012

Tableau n° VIII: Régime saisonnier des précipitations pour les stations étudiées

Tableau n° IX : Valeurs de Q_2 et m, et étages climatiques des stations étudiées

Tableau n° X : Analyses physico-chimiques du profil n° 01 - *Ferme Hamimi(ALLAGHENE)*

Tableau n° XI: Analyses physico-chimiques du profil n° 02 - *Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)*

Tableau n° XII: Analyses physico-chimiques du profil n° 03 - *Ferme Sahli et frères, AGHERNOUZ*

Tableau n° XIII: Analyses physico-chimiques du profil n° 04 - *Remila (SIDI-AICH)*

Tableau n° XIV : Analyses physico-chimiques du profil n° 05 - SMAOUN

Tableau n° XV : Valeurs propres des dix premiers axes factoriels (ACP 20 Var. et 26 Obs.)

Tableau n° XVI: Matrice de corrélation des deux premiers horizons pour les cinq profils étudiés

Tableau n° XVII : Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques étudiés

Liste des photos

Photo n° 01 : Photo aérienne des cinq sites d'échantillonnage

Photo n° 02 : Site d'échantillonnage - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

Photo n° 03: Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

Photo n° 04 : Site d'échantillonnage - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

Photo n° 05 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

Photo n° 06 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Sahli et frères (AGHERNOUZ)

Photo n° 07: Site d'échantillonnage - Ferme Sahli et frères (AGHERNOUZ)

Photo n° 08 : Vue aérienne du quatrième site - Remila (SIDI-AICH)

Photo n° 09 : Site d'échantillonnage - Remila (SIDI-AICH)

Photo n° 10 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Brahmi (SMAOUN)

Photo n° 11 : Site d'échantillonnage - Ferme Brahmi (SMAOUN)

Photo n° 12 : Profil pédologique de la station *Ferme Hamimi (ALLAGHENE)*

Photo n° 13 : Profil pédologique de la station *Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)*

Photo n° 14 : Profil pédologique de la station - *Ferme Sahli et frères, Aghernouz*

Photo n° 15 : Profil pédologique de la station - *Remila (SIDI-AICH)*

Photo n° 16 : Profil pédologique de la station - *SMAOUN*

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
<i>CHAPITRE I : Synthèse bibliographique</i>	
1.1.DEFINITION DU SOL	3
1.2. LES FONCTIONS DU SOL	3
1.3. LE SOL : CONSTITUANTS ET ORGANISATION	4
1.3.1. La phase solide du sol (matrice du sol)	5
1.3.2. La phase liquide du sol (solution du sol)	6
1.3.3. La phase gazeuse du sol (Atmosphère du sol)	6
1.3.4. Les organismes vivants du sol	6
1.4. LA FRACTION MINERALE DU SOL	7
1.4.1. Origine et processus de formation	7
1.4.2. La texture	8
1.4.2.1. La fraction grossière et la fraction fine	8
1.4.2.2. Le triangle des textures	10
1.4.3. La structure du sol et la notion de stabilité structurale	11
1.4.3.1. Les composantes de la structure du sol	11
1.4.3.2. Facteurs influençant la stabilité structurale	13
1.4.3.3. Mesure de la stabilité structurale	14
1.4.4. La perméabilité	15
1.5. LA FRACTION ORGANIQUE DU SOL	15
1.5.1. Définition de la matière organique du sol	16
1.5.2. La dynamique de la matière organique	16
1.5.3. Rôle et fonctions de la matière organique	17
1.6. LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE	19
1.6.1. Définition	19
1.6.2. Structure du complexe argilo-humique	19
1.6.3. Les cations basiques échangeables	19
1.6.4. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+})	21
1.6.5. Le Potassium (K^+)	22
1.6.5.1. Origine du K^+	22
1.6.5.2. Les formes du potassium dans le sol	23
1.6.6. L'azote et sa biodisponibilité	23
1.6.6.1. Formes de l'azote dans le sol	23
1.6.6.2. Cycle de l'azote	24
1.6.6.3. Les gains d'azote	24
1.6.6.4. Les pertes d'azote	24
1.6.7. Le phosphore	25

1.6.7.1. Le phosphore et sa biodisponibilité	25
1.6.7.2. Formes du phosphore dans le sol	25
1.7. La fertilité des sols	26
1.7.1. Notion de fertilité	26
1.7.2. La fertilité physique	27
1.7.3. La fertilité chimique	27
1.7.4. La fertilité biologique	27
1.7.5. Les valeurs indicatives de la fertilité des sols	27

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	28
2.2. APERÇU TOPOGRAPHIQUE	28
2.3. APERÇU GEOLOGIQUE	30
2.4. APERÇU PEDOLOGIQUE	31
2.5. RESSOURCES HYDRIQUES	32
2.6. LE CLIMAT	33
2.6.1. Les données climatiques	33
2.6.1.1. Les Précipitations	35
2.6.1.2. Les températures	36
2.6.2. La synthèse climatique	37
2.6.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	37
2.6.2.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger	40
2.6.3. Conclusion	42
2.7. PRESENTATION DES SITES D'ECHANTILLONNAGE	43

CHAPITRE III : Prospection de la zone d'étude et méthodes d'analyse

3.1. PROSPECTION DE LA ZONE D'ETUDE	49
3.1.1. Identification de la zone d'étude	49
3.1.2. Réalisation des fosses pédologiques	50
3.1.3. Description morphologique des profils <i>in situ</i>	51

3.1.4. L'échantillonnage	51
3.2. METHODES D'ANALYSE	52
3.2.1. Préparation de la terre fine	52
3.2.2. Les analyses chimiques	52
3.2.2.1. Acidité du sol (pH)	52
3.2.2.2. Dosage du carbone organique (Méthode Anne)	52
3.2.2.3. Dosage de l'azote total (méthode de Kjeldahl)	53
3.2.2.4. Dosage du calcaire total	53
3.2.2.5. Dosage du calcaire actif	53
3.2.2.6. La conductivité électrique	54
3.2.2.7. Extraction des bases échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)	54
3.2.2.8. Dosage du phosphore assimilable (Méthode Olsen)	54
3.2.3. Les analyses physiques	55
3.2.3.1. Analyse granulométrique	55
3.2.3.2. Test de stabilité structurale (Méthode de Henin)	56
3.2.3.3. Test de perméabilité	58

CHAPITRE IV : Résultats et interprétations

4.1. STATION D'ETUDE - <i>FERME HAMIMI (ALLAGHENE)</i>	60
4.1.1. Présentation des résultats	60
4-1-2-Granulométrie	62
4-1-3- Stabilité structurale	63
4-1-4- Perméabilité	63
4-1-5- Matière organique	64
4.1.6. Les paramètres physico-chimiques	65
4.1.6.1. Le pH	65
4.1.6.2. Le calcaire	65
4.1.6.3. La Conductivité électrique	66
4.1.6.4. Les bases échangeables	66
4.1.6.5. Phosphore et Azote	68
4.1.7. Conclusion	69
4.2. STATION D'ETUDE - <i>IFRI AGRICULTURE (IGHZER AMOKRANE)</i>	70

4.2.1. Présentation des résultats	70
4.2.2. Granulométrie	72
4.2.3. Stabilité structurale	73
4.2.4. Perméabilité	73
4.2.5. Matière organique	74
4.2.6. Les paramètres physico-chimiques	75
4.2.6.1. Le pH	75
4.2.6.2. Le calcaire	75
4.2.6.3. La Conductivité électrique	76
4.2.6.4. Les bases échangeables	76
4.2.6.5. Phosphore et Azote	78
4.2.7. Conclusion	79
4.3. STATION D'ETUDE - <i>Ferme Sahli et frères, Aghernouz</i>	80
4.3.1. Présentation des résultats	80
4.3.2. Granulométrie	82
4.3.3. Stabilité structurale	83
4.3.4. Perméabilité	83
4.3.5. Matière organique	84
4.3.6. Les paramètres physico-chimiques	85
4.3.6.1. Le pH	85
4.3.6.2. Le calcaire	85
4.3.6.3. La Conductivité électrique	86
4.3.6.4. Les bases échangeables	86
4.3.6.5. Phosphore et Azote	88
4.3.7. Conclusion	89
4.4. STATION D'ETUDE - <i>Remila (Sidi-Aïch)</i>	90

4.4.1. Présentation des résultats	90
4.4.2. Granulométrie	92
4.4.3. Stabilité structurale	92
4.4.4. Perméabilité	93
4.4.5. Matière organique	94
4.4.6. Les paramètres physico-chimiques	94
4.4.6.1. Le pH	94
4.4.6.2. Le calcaire	95
4.4.6.3. La Conductivité électrique	96
4.4.6.4. Les bases échangeables	96
4.4.6.5. Phosphore et Azote	97
4.4.7. Conclusion	98
4.5. STATION D'ETUDE – <i>Smaoun</i>	99
4.5.1. Présentation des résultats	99
4.5.2. Granulométrie	101
4.5.3. Stabilité structurale	102
4.5.4. Perméabilité	102
4.5.5. Matière organique	103
4.5.6. Les paramètres physico-chimiques	104
4.5.6.1. Le pH	104
4.5.6.2. Le calcaire	104
4.5.6.3. La Conductivité électrique	105
4.5.6.4. Les bases échangeables	105
4.5.6.5. Phosphore et Azote	107
4.5.7. Conclusion	108
4.6. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS	109
4.6.1. L'Analyse en Composante Principale	109

4.6.2. Matrice de corrélation	111
CONCLUSION	114
ANNEXES	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

En Algérie, les ressources en sol sont des facteurs majeurs limitant le développement agricole, l'essor économique et le bien être social. En effet, l'environnement physique dans cette région est caractérisé par une pluviométrie faible, aléatoire et agressive, et par des sols généralement pentus pour ceux de la montagne et marécageux pour ceux des plaines. Ces sols sont souvent peu productifs, car ils sont travaillés de façon aléatoire et parfois par des techniques inadaptées, par méconnaissance de leurs caractéristiques physiques et chimiques.

Le défi majeur du pays est double : assurer une sécurité alimentaire pour une population à fort taux démographique et amortir la dégradation des ressources naturelles. Notre pays a besoin, plus que jamais, de revoir son mode d'utilisation des terres pour assurer une sécurité alimentaire et un développement agricole durable.

La Kabylie, région paysanne à vocation agricole, bénéficie de conditions agronomiques privilégiées en pluviométrie. Elle se caractérise par une économie agraire presque exclusivement arboricole en montagne et céréalière dans les vallées et les hautes plaines.

Les vallées étaient les espaces nourriciers où se développaient des activités agricoles très diverses telles que la céréaliculture, une riche arboriculture, des cultures maraichères variées et des légumes secs. Chacune de ces deux entités distinctes étaient complémentaires, montagne-vallée combinaient les potentialités aux nombreuses contraintes du milieu physique.

Dans la région de Bejaia, à titre d'exemple, les sols situés sur des pentes supérieures à 25% occupent une superficie totale de 66,42%. Par conséquent, ils sont très vulnérables à l'érosion hydrique. En effet, l'érosion des sols constitue un aspect majeur de la dégradation des sols dans les environnements Nord-africains (**Halitim, 1988**).

Les terres de la vallée de la Soummam, longeant l'Oued Soummam, sont des plaines fertiles et d'un grand potentiel agricole (**PATW, 2013**). Néanmoins, l'absence d'études récentes de caractérisation des véritables potentialités agro-pédologiques ainsi que leurs carences est très marquante. Nous voudrions, par des analyses pédologiques des différents types de sol de cette

région, apporter des éclairages sur les potentialités agricoles de ces terres pour une meilleure prise en charge et de leur mise en valeur.

S'inscrivant dans cette perspective, ce présent travail tente d'apporter, par l'analyse des différents paramètres physico-chimiques des sols, un aperçu général à cette problématique à travers l'étude de cinq sites appartenant aux différentes conditions physiques caractérisant la vallée de la Soummam, en adoptant un plan de travail basé sur les grands axes que sont :

1. Une synthèse bibliographique des différents paramètres physico-chimiques du sol concernés par les analyses.
2. Une présentation de la zone d'étude, suivie de la description des sites d'échantillonnage.
3. Une description de la démarche expérimentale et des méthodes d'analyse.
4. Une présentation des résultats obtenus, leurs discussions et leurs interprétations appuyée par une étude statistique à travers laquelle on essaiera d'étudier les interactions entre les paramètres analysés, et de trouver une corrélation entre les différents sites de la zone d'étude.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

1.1. DEFINITION DU SOL

Le mot « **sol** », est un concept banal que chacun utilise très fréquemment, sans être nécessairement conscient de sa signification (**Calvet, 2003**). Il est considéré par certains comme un support mécanique, celui des pas, le substrat où l'on marche mais aussi celui des bâtiments, des machines et des engins motorisés, et par d'autres comme un support des plantes, c'est donc un milieu de culture comme cité par plusieurs auteurs du début du 20^{ème} siècle.

Cette conception peut être rapprochée de celles de chimistes tel **Justus Von Liebig (1940)** pour qui le sol est assimilable à un milieu contenant les éléments nutritifs des plantes (**Buol et al, 1973**).

Albert Demolon, l'a défini comme étant la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants.

Sposito (1989) définit le sol comme étant un système ouvert de composition multiple, et système biogéochimique contenant des solides, des liquides et des gaz dérivés de phénomènes biologiques, géologiques et hydrologiques.

1.2. LES FONCTIONS DU SOL

Calvet (2003) à regroupé les nombreuses fonctions du sol dans trois ensembles interdépendants, écologiques, technologiques, et socio-économiques.

En effet, selon **Gobat (2010)**, le sol est un régulateur des échanges et des flux dans l'écosystème, abritant une biodiversité très riche, constituant un réservoir et un milieu de transformation des matières minérales et organiques, mais aussi un épurateur des substances toxiques.

En outre, il est un miroir de l'histoire des civilisations et des cultures, un stock de matières premières et de déchets et demeure une des bases essentielles de la vie humaine permettant entre autres la production agricole et forestière.

1.3. LE SOL : CONSTITUANTS ET ORGANISATION

Le sol est un milieu tridimensionnel organisé, structuré, qui peut être observé sur des échelles dont les dimensions varient de plusieurs ordres de grandeur, depuis l'agencement des feuillets minéraux des argiles qui composent sa phase solide, jusqu'à l'agencement complexe des couches de sol qui constituent la couverture pédologique. Le sol est constitué de 3 phases, solide, liquide et gazeuse. Chacune d'elles peut être caractérisée indépendamment des autres, mais elles sont en réalité intimement mêlées. (Moeys, 2007).

Calvet (2003) dissocie les organismes vivants de la matière organique du sol et considère le sol comme étant un système composé de quatre compartiments, les trois phases sus-citées ajoutées aux organismes vivants.

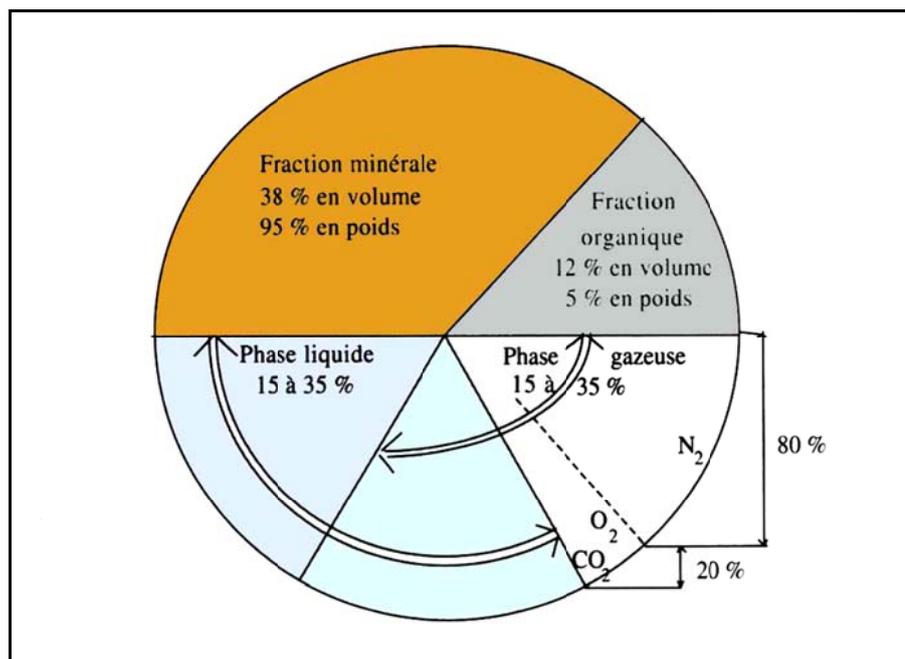


Figure n° 01 : Les trois phases du sol en poids et en volume (Morel, 1989)

Tableau n° I : les principaux constituants du sol (Soltner, 2005)

	Constituants solides		Constituants liquides (solution du sol)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organiques		
Origine	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, matières en décomposition, respiration
Critères de classement	Taille (granulométrie) Qualité (minéralogie)	Etat (vivant, mort) Qualité chimique (originelle, transformée)	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique) Qualité chimique	Origine (air, organismes) Qualité chimique
Catégories	Selon granulométrie : .Squelette (sup. 2mm) .Terre fine (inf. 2mm) Selon minéralogie .quartz . minéraux silicatés . minéraux carbonatés	.organismes vivants .organismes morts .matières organiques héritées : cellulose, lignine, résine . matières organiques humifiées : acides fulviques, humines	. eau . substances dissoutes : glucides, alcools, acides organiques et minéraux, cations et anions	.gaz de l'air : N ₂ , O ₂ , CO ₂ .gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₃

1.3.1. La phase solide du sol (matrice du sol)

Constitué par des minéraux et des matières organiques en proportions variables, la nature des minéraux du sol est déterminée à la fois par les roches sur lesquelles ils se sont formés et par le processus de pédogenèse.

Les matières organiques proviennent principalement des résidus végétaux qui subissent diverses transformations physiques et chimiques, et leur abondance dans le sol dépend en premier lieu du climat mais aussi de la végétation et des modalités d'utilisation des sols.

La teneur en matières organiques est toujours plus grande en surface et décroît en profondeur et s'annule souvent à la roche mère.

1.3.2. La phase liquide du sol (solution du sol)

Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques ionisées et non ionisées dont la nature et la concentration dépendent de plusieurs phénomènes. Généralement, elle est difficile à décrire et à étudier en raison des variabilités spatiales et temporelles de sorte qu'il n'existe pas de composition type. Cependant **Sposito (1989)** a distingué deux grandes catégories de solutés :

- Les micro-éléments dont la concentration est inférieure à 10^{-6} mol.L⁻¹, il s'agit d'éléments traces métalliques.
- Les macro-éléments dont la concentration est supérieure à cette limite, les éléments les plus fréquents et les espèces chimiques correspondant sont : C (HCO₃⁻), N (NO₃⁻), Na (Na⁺), Mg (Mg⁺²), Si (Si (OH)₄), S (SO₄⁻²), Cl (Cl⁻), K (K⁺), Ca (Ca²⁺)...

Elle contient aussi des ions H⁺ et OH⁻ dont les concentrations déterminant le pH de la solution du sol est variable à cause notamment des sols salés ou des sols irrigués par des eaux saumâtres et l'épandage des fertilisants.

1.3.3. La phase gazeuse du sol (Atmosphère du sol)

Sa composition est souvent voisine de celle de l'air, mais elle peut varier dans l'espace et dans le temps. Elle dépend de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère c'est-à-dire la profondeur dans le sol et de l'activité biologique (**Sposito, 1989**).

Elle est composée notamment de : CO₂, NO, NO₂, NH₃, CH₄, H₂S et parfois de composés organiques volatils.

1.3.4. Les organismes vivants du sol

Ils sont variés et nombreux et confèrent aux sols des caractéristiques qui en font des objets naturels particuliers à divers titres et on peut dire qu'il n'existe pas de sols en leur absence, on y trouve des organismes végétaux et des organismes animaux des micro-organismes aux macro-organismes (**Calvet, 2003**).

1.4. LA FRACTION MINERALE DU SOL

1.4.1. Origine et processus de formation

Les constituants minéraux du sol proviennent, soit de la désagrégation physique de la roche mère dont sont hérités les minéraux primaires, soit de la transformation chimique des précédents, ils sont appelés, dès lors, les minéraux secondaires. L'ensemble des minéraux secondaires sont appelés « complexe d'altération » (**Duchaufour, 1984 ; Gobat et al, 2003**).

Lors de la désagrégation physique, les agents climatiques tels que le vent, le gel, l'eau ainsi que les glaciers fractionnent la roche en morceaux de plus en plus petits, tout en conservant la composition minéralogique de départ. La vitesse de transformation est particulièrement rapide sous les climats contrastés (**Gobat et al, 2003**).

Selon **Duchaufour (1984)**, l'altération biogéochimique des roches fait intervenir d'autres processus :

. **Héritage** : simple microdivision sans transformation chimique (exemple : quartz)

. **Transformation** : intéresse les micas, dont la microdivision est accompagnée de processus chimiques mineurs (perte de certains ions). La structure initiale des cristaux étant conservée (ensemble des argiles « micacées » : illites et vermiculites)

. **Solubilisation** : les éléments constitutifs de minéraux primaires sont libérés à l'état soluble ou pseudo-soluble, ils restent sous cette forme un certain temps ; certains sont perdus par drainage, d'autres évoluent lentement vers des gels amorphes ou para-cristallins (allophanes : amorphisation), le plus souvent après avoir subi une redistribution dans le profil.

. **Néoformation** : il ya, la encore, libération des constituants, certains sont entraînés hors du profil, mais la plus grande partie évolue rapidement, sur place, vers une forme cristalline : les argiles de néoformation (montmorillonite ou kaolinite, suivant le milieu).

1.4.2. La texture

La texture correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur (en fait diamètre, les particules étant supposées sphériques) (**Duchaufour, 1984**). Elle est directement liée à celle de la composition granulométrique déterminée au laboratoire après destruction des ciments et annulation de toutes les forces de cohésion (**Baize et Jabiol, 1995**).

La composition granulométrique peut s'exprimer en utilisant un diagramme triangulaire divisé en classes texturales (**Baize, 1988**) correspondant chacune à des proportions spécifiques des trois principales fractions granulométriques : argiles, limons et sables.

Sur le terrain, en absence de toute analyse, un diagnostic tactile de la texture reste possible (pétrissage entre les doigts), tout en s'aidant des sensations optiques et auditives. Il permet de décrire un solum, et de porter un jugement immédiat. Une personne expérimentée peut parvenir à une estimation extrêmement précise et fidele (**Baize, 2000 ; Delaunois, 2006**).

1.4.2.1. La fraction grossière et la fraction fine

Par convention internationale, elle regroupe les constituants minéraux individualisés d'une dimension supérieure à 2 mm, la plupart des analyses pédologiques néglige cette fraction et s'intéresse d'une manière générale à la fraction dite « terre fine ». L'analyse granulométrique et la plupart des analyses en pédologie s'intéressent à cette fraction, elle correspond à l'ensemble des éléments de dimension inférieure à 2 mm.

- La fraction fine

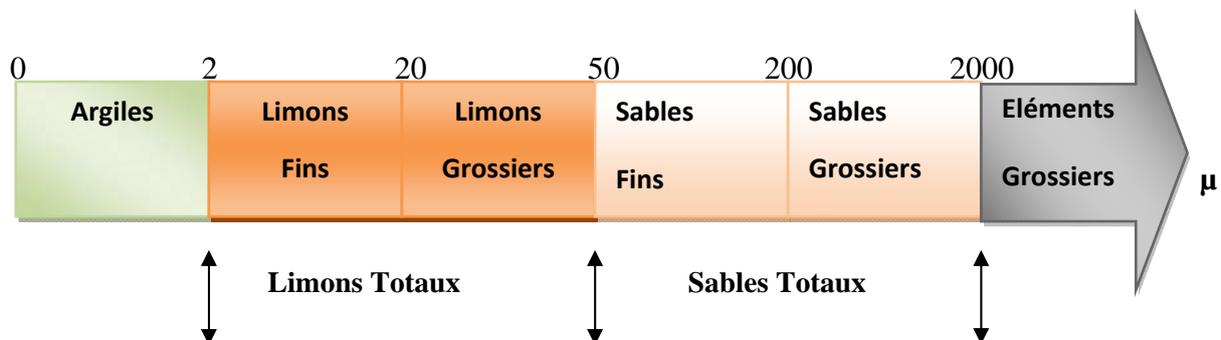


Figure n° 02 : Classification des composants de la terre fine (**Baize et Jabiol, 1995**)

Les sables : sont généralement siliceux, formés de grains de quartz très résistants et subsistant longtemps, même en cas d'acidification intense du sol, les sables carbonatés, vite altérés, sont rares et limités à certains sols peu évolués (**Gobat et al, 2010**).

Les sables grossiers facilitent la pénétration de l'eau et de l'air (perméabilité), retiennent peu l'eau (filtration), et ne peuvent s'agglomérer en mottes, le sol est, donc, léger, sensible à l'érosion et facilement pénétrable par les racines, (**Anonyme, 2010**).

Les limons : comme les sables, proviennent de la désagrégation physique des roches. Ils contiennent :

- Du quartz pratiquement inaltérable.
- D'autres silicates, altérables lentement et constituant une réserve nutritive à long terme, comme les pyroxènes, les amphiboles, les micas ou les feldspaths.
- Des minéraux carbonatés, altérables rapidement par l'eau chargée en CO₂ et fournissant le calcium et le magnésium au complexe adsorbant.

Les argiles : formées en majeure partie d'argiles minéralogiques différenciées selon le nombre de couches constituant les feuillets (kaolinite, illites, vermiculites, chlorites et argiles gonflantes : Smectites, montmorillonites), mais elles contiennent aussi des oxydes métalliques ou des gels colloïdaux.

Il est rare de trouver un seul type d'argile dans un sol. Souvent, la fraction argileuse se compose de plusieurs types d'argile en fonction de l'histoire pédologique de chaque sol (**Mhiri, 2002**).

- **La fraction grossière**

Les éléments grossiers forment le squelette du sol. Quand ils constituent la part essentielle dans la composition du sol, ils donnent ce que l'on peut appeler des sols squelettiques (certains sols de montagne).

Tableau n° II: Classement et nomenclature des éléments grossiers (Baize et Jabiol, 1995)

Catégorie	Limites (cm)
Blocs	Supérieur à 20
Pierres	5 - 20
Cailloux	2 – 5
Graviers	0,2 – 2

Leurs rôles peuvent être résumés en :

- . Réserve minérale du sol : leur altération chimique libère des éléments minéraux qui contribuent à l'alimentation des plantes.
- . Augmente la perméabilité du sol à l'eau et à l'air.
- . Réservoir de chaleur
- . Constitution de réserves d'eau : certaines roches poreuses peuvent retenir l'eau (exemple du calcaire).

1.4.2.2. Le triangle des textures

Les compositions granulométriques sont pratiquement, toujours, à trois fractions : argile, limon et sable, la somme de ces trois fractions est égale à 100%. Il existe de nombreux modèles de représentation triangulaire, mais le principe est toujours le même, que le triangle soit équilatéral (Baize, 2000).

On positionne la composition granulométrique selon deux des trois fractions, la troisième est égale au complément à 100% et se trouve ainsi fixée. Chaque point du triangle correspond donc à une répartition granulométrique bien définie des constituants du sol (Richer De Forges, 2008).

Au cours de ce mémoire, nous ferons usage du diagramme USDA (United States Department of Agriculture) qui fait référence dans le monde entier, il comprend 12 classes texturales.

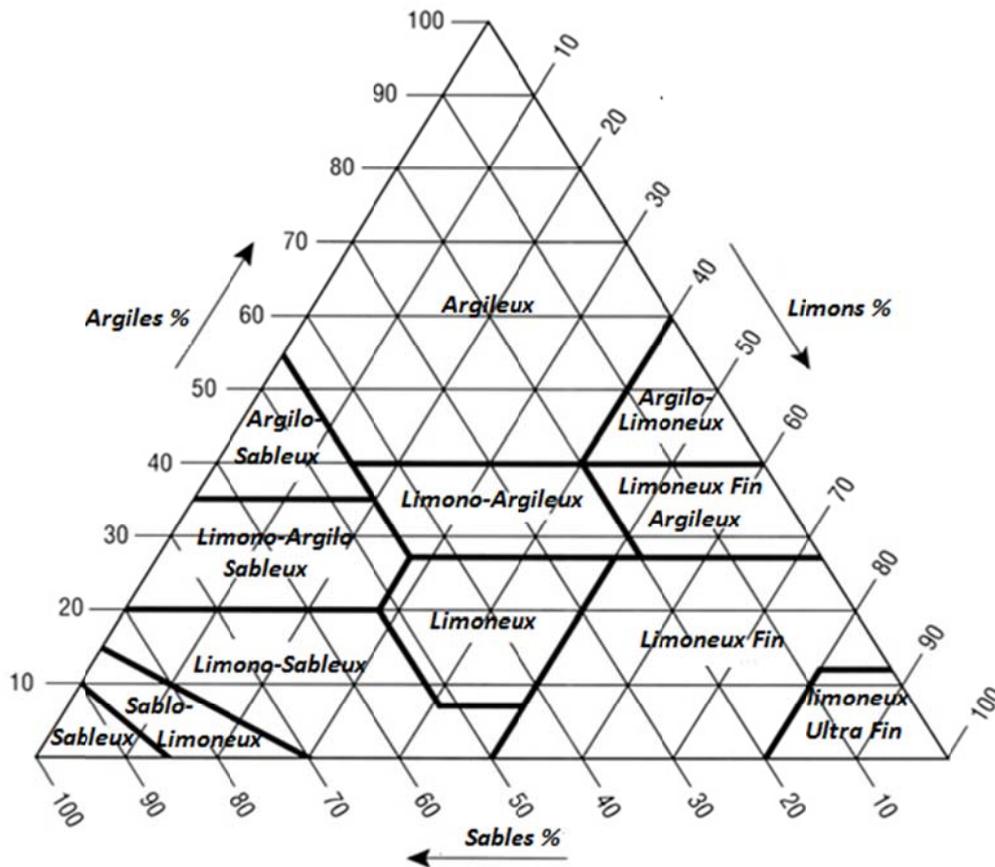


Figure n° 03 : Triangle des textures USDA

1.4.3. La structure du sol et la notion de stabilité structurale

La structure du sol définit la façon dont le sol est organisé dans l'espace (Dexter, 1988) et dans le temps (Roger-Estrade, 1995). Kay (1990), cité par Abiven (2004), proposait une description de la structure du sol en trois composantes : la forme, la résilience et la stabilité.

1.4.3.1. Les composantes de la structure du sol

- La forme structurale

Décrit l'arrangement hétérogène des solides et des vides existants dans le sol en un temps donné. La porosité totale, la distribution des tailles de pores, la continuité du système poreux, l'arrangement des particules solides entre elles, l'organisation des zones de fractures sont des exemples de caractéristiques de cette forme structurale (Mc Cauley, 2005).

Henin (1976), en tenant compte de la forme des particules et de leur constitution, a proposé la nomenclature suivante :

Structure à éléments particuliers

Structure continue ou fondue

Structure fragmentaire

Dans cette dernière, il distingue :

Type anguleux : cubique, prismatique, colonnaire, lamellaire, en plaquettes

Type arrondi : grenue, nuciforme, sphéroïdale

Type polyédrique : anguleuse ou subanguleuse (**Delecourt, 1978**)

Type grumeleux : contours irréguliers mais arrondis

- La résilience structurale

Définit la capacité d'un sol à retrouver sa forme structurale initiale grâce à des processus naturels lorsque les contraintes physiques s'atténuent ou cessent d'être appliquées. D'après **Kay et Rasiah (1994), cité par Abiven (2004)**, les processus en jeu peuvent être nombreux : activité biologique (racines, macrofaune et microflore), cycles dessiccation/réhumectation et gel/dégel.

- La stabilité structurale

Correspond à la capacité d'un sol à conserver son arrangement entre particules solides et vides lorsqu'il est exposé à différentes contraintes. Ces contraintes peuvent être de différentes intensités, comme par exemple l'impact d'une pièce d'un outil de travail du sol, l'impact de gouttes de pluies ou l'humectation (**Le bissonnais, 1996a**).

A partir de ces trois composantes, il est possible de définir les évolutions de la structure du sol dans le temps et dans l'espace et de définir une vulnérabilité du sol à son environnement (**Kay, 1990 cité par Abiven, 2004**). Un sol instable avec une faible résilience va être particulièrement vulnérable aux contraintes extérieures.

Néanmoins, d'entre les composantes de la structure, la stabilité structurale demeure la plus importante étant donné qu'elle permet de définir la sensibilité du sol à la dégradation au cours du temps. La résistance des agrégats à des contraintes physiques détermine la sensibilité d'un sol à la battance et à l'érosion (**Le bissonnais, 1996a**).

Elle est, de ce fait, particulièrement à prendre en compte dans les questions touchant à la fertilité physique et aux paramètres environnementaux liés au sol.

1.4.3.2. Facteurs influençant la stabilité structurale

Les principales propriétés du sol influençant la stabilité structurale ont fait l'objet de nombreuses études et revues, les principales sont les suivantes :

- La texture du sol

La stabilité structurale augmente avec la teneur en argile, sans toutefois qu'il soit possible d'établir des corrélations significatives généralisables à tous les types de sols (**Le Bissonnais, 1996b**). Les sols limoneux et sableux sont plus fragiles que les sols argileux (**Abiven, 2004**).

- La minéralogie des argiles

Le type d'argile joue un rôle ambivalent sur la stabilité structurale. Les argiles avec une capacité d'échange cationique forte induisent des agrégats plus résistants, car elles offrent une surface de contact plus importante, mais elles peuvent se disperser plus facilement quand les conditions s'y prêtent (**Abiven, 2004**).

- La matière organique

La matière organique influence la stabilité structurale par plusieurs mécanismes. Elle joue le rôle de liant entre les particules et modifie les propriétés hydriques du sol. Certaines études montrent une relation directe entre la teneur en carbone total et la stabilité structurale (**Dutartre, 1993; Le bissonnais et al, 2002**). D'autres suggèrent que la relation n'est probablement pas linéaire et dépend de la nature des interactions particules de sol-matière organique (**Le bissonnais, 1996b**).

- La teneur en cations (notamment le sodium et le calcium)

La teneur et la nature des cations échangeables influencent la stabilité structurale par leur effet sur les processus de dispersion/floculation des argiles. Cette caractéristique est fortement liée à la texture du sol et au type d'argile.

- La teneur en calcaire

L'apport du CaCO_3 a un effet favorable sur la stabilité structurale. Cependant, son action n'est significative que lorsque la teneur en argile est suffisante. L'effet du calcaire est principalement dû à l'effet de l'ion Ca^{2+} .

1.4.3.3. Mesure de la stabilité structurale

Il existe au niveau international de très nombreuses méthodes de mesure de la stabilité structurale, ce qui montre à la fois l'intérêt porté à cette notion et l'absence d'une standardisation pour son évolution. Plusieurs méthodes ont été élaborées, ayant en commun l'immersion de la fraction de sol étudiée dans un excès d'eau : **Yoder (1936), Henin (1958), De leehneer et De Boodt (1959), Pojasok et Kay (1990). (Le bissonnais et Le souder, 1995).**

Dans la présente étude, nous avons opté pour la méthode de Henin, qui a pour principe de déterminer le pourcentage d'agrégats supérieur à 200μ qui ont résisté en contact avec l'eau dans des conditions différentes (prétraitements à l'éthane et au benzène mais aussi, sans prétraitements) et parallèlement de mesurer la quantité d'éléments fins ($0-20 \mu$) qui, sans dispersion préalable se sont mis en suspension au cours de ces manipulations.

Ce test fait apparaître les deux mécanismes principaux de la désagrégation, la pression exercée sur les agrégats par l'air piégé au moment où l'eau tend à pénétrer par capillarité dans les pores, et la baisse de cohésion à l'état humide (**Monnier et Fies, 1983 cité par Herve, 1995).**

1.4.4. La perméabilité

La nutrition minérale et l'alimentation hydrique du végétal dépendent étroitement de l'état physique du sol. L'amélioration de ce dernier suppose la connaissance et l'estimation de certains paramètres propres à le caractériser. On s'accorde généralement pour dire que c'est l'état structural qui détermine la circulation de l'air et de l'eau dans un sol et, par voie de conséquence, le développement racinaire.

La nature même du matériau et sa porosité complexe rendent difficile et fixent des conditions strictes à l'application des lois physiques classiques destinées à expliquer la circulation des fluides dans un tel milieu.

Une des méthodes d'appréciation des qualités physiques d'un sol consiste ainsi à mesurer sa perméabilité dans des conditions de saturation qui autorisent l'application de la loi de DARCY. Les techniques utilisées sont basées sur la percolation de l'eau à travers un poids de terre donné. On mesure ainsi ce que certains auteurs appellent un coefficient de perméabilité, d'autres une vitesse de filtration (**Talineau, 1969**).

1.5. LA FRACTION ORGANIQUE DU SOL

La fraction organique représente généralement 1 à 5% de la fraction solide du sol. Elle peut être définie comme une matière hydrocarbonée provenant d'êtres vivants végétaux et animaux. Elle est composée d'éléments principaux (C, H, O, N) et d'éléments secondaires (S, P, K, Ca, Mg) (**Flogeac, 2004**).

La fraction organique est constituée à plus de 80% de matière organique (MO) morte (tissus végétaux, résidus d'organismes). La MO morte subit de nombreuses transformations dans le sol : elle est fragmentée, altérée chimiquement mais aussi biologiquement car, au cours de la minéralisation, elle sert de source d'énergie pour les organismes vivants du sol. Certaines molécules non minéralisées vont subir une humification, c'est-à-dire une réorganisation en molécules plus ou moins complexes qui constituent les substances humiques.

Dans la fraction organique, on trouve aussi des organismes vivants : des bactéries, les actinomycètes, les champignons mais aussi des racines ou encore la faune (protozoaires, nématodes, certains insectes, vers de terre). Bactéries et champignons sont les principaux responsables de la minéralisation des MO mais ils participent aussi à l'humification notamment par l'excrétion d'enzymes dans le sol ainsi qu'à la formation des complexes organo-minéraux (Quenea, 2004).

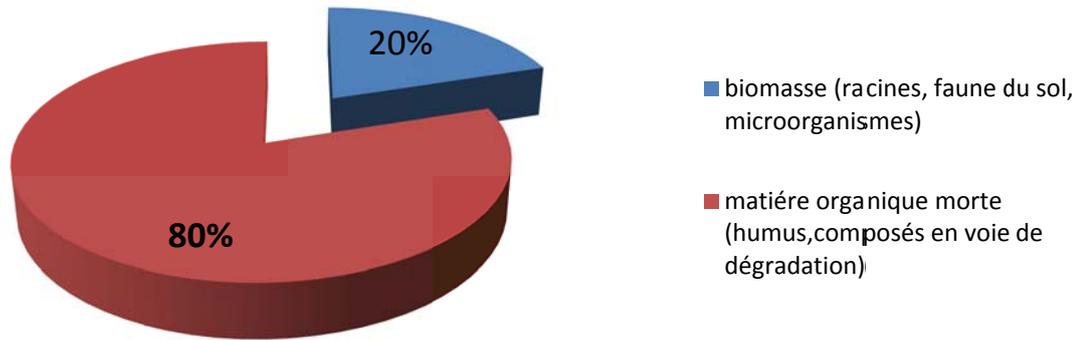


Figure n° 04 : Répartition de la fraction organique (Flogeac, 2004 et Quenea, 2004)

1.5.1. Définition de la matière organique du sol

Par le terme « MO des sols (MOS) » on entend l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation. Les quantités de MOS et de carbone organique sont corrélées. Il est arbitrairement admis que la MOS est le double du carbone organique dans un sol non cultivé et que dans un sol cultivé, elle est égale à 1.73 fois la teneur en carbone organique (Duchaufour, 2001). D'après Oades, (1993), la majorité du carbone organique du sol provient des plantes vasculaires (racines et feuillages).

1.5.2. La dynamique de la matière organique

La matière organique qui constitue une source de carbone, d'énergie et de nutriments pour les organismes vivants du sol, est biodégradée, bio-transformée et bio-minéralisée par des processus biochimiques impliquant pour la plus grande part des micro-organismes

(Duchaufour, 1997 ; Girard et al, 2005). Selon les mêmes auteurs, la matière organique, à son arrivée au sol, subit trois types de transformation :

- **L'humification** : transformation par voie biologique ou physico-chimique de la matière organique fraîche en composés humiques, plus résistants à la biodégradation et qui peuvent contracter avec les composés minéraux des liaisons qui accentueront d'avantage leur stabilité, (Jocteur Monrozier et Duchaufour, 1986).

- **La minéralisation** : il s'agit de processus physique, chimique et biologique transformant les constituants organiques en constituants minéraux. Il s'agit donc de l'ultime phase de transformation des substances organiques ; elle se traduit par la libération dans l'atmosphère et le sol de produits minéraux tels l'eau, le gaz carbonique, l'acide nitrique, l'ammoniac, les sels minéraux (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ,) (Anonyme, 2010).

- **L'assimilation** : à l'extrémité des chaînes des détritiques, par les micro-organismes, ultime maillon des consommateurs.

1.5.3. Rôle et fonctions de la matière organique

La matière organique du sol représente l'indicateur principal de la qualité des sols, à la fois pour des fonctions agricoles (c'est-à-dire la production et l'économie) et pour les fonctions environnementales (parmi elles la séquestration du carbone et la qualité de l'air). La matière organique est le principal déterminant de l'activité biologique, la quantité, la diversité et l'activité de la faune et des micro-organismes sont en relation directe avec la présence de la matière organique (Van Wesemael et Brahy, 2013).

Robert (1996), souligne l'influence majeure de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Les conséquences directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. Le carbone des sols affecte aussi la dynamique et la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs. (FAO, 2002).

De nombreuses autres fonctions sont assumées par les matières organiques du sol : elles sont résumées dans la figure n°05 et le tableau n°III :

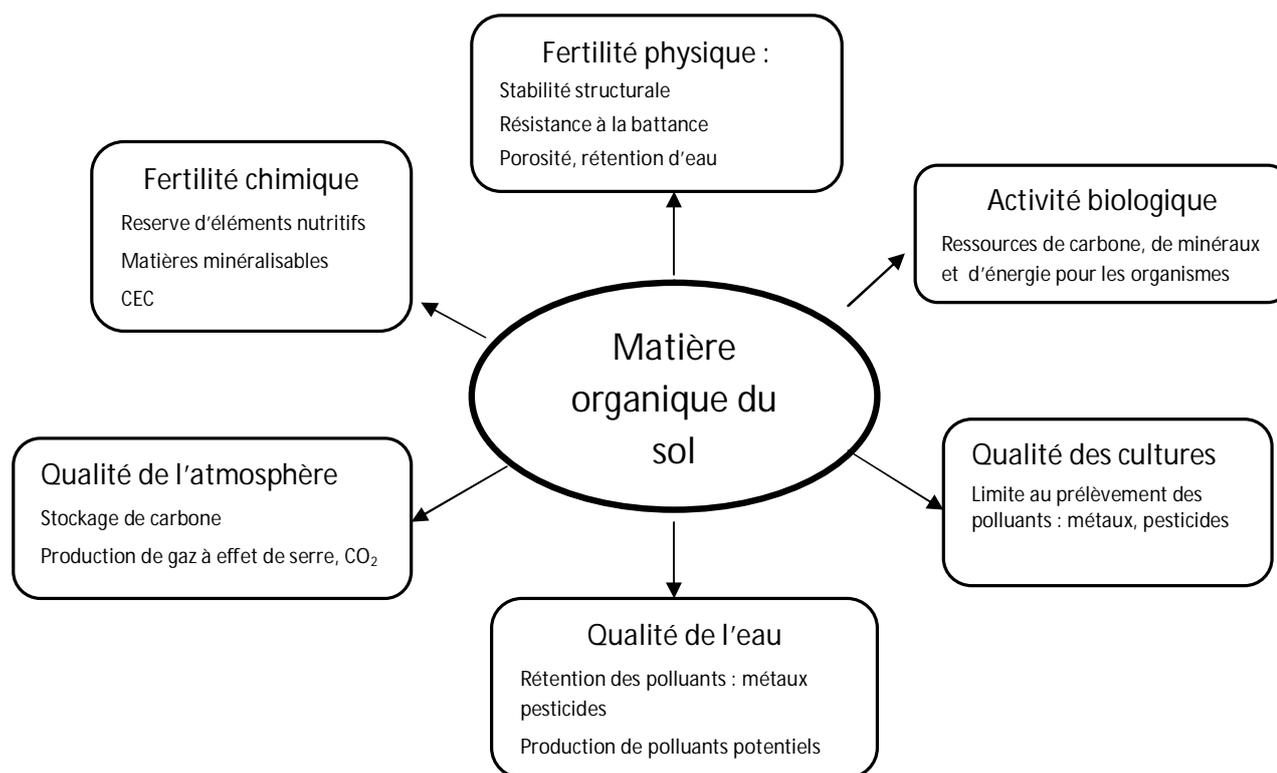


Figure n° 05 : Rôles et fonctions de la matière organique (Agriculture et territoires, 2011)

Tableau n° III : Propriétés et effets de l'humus sur le sol (Stevenson, 1994)

<u>Propriétés</u>	<u>Remarques</u>	<u>Effets sur le sol</u>
Couleur	La couleur typiquement noire de nombreux sols est due à leur teneur en matière organique	Le sol se réchauffe plus vite, et la levée est plus rapide
Rétention en eau	La matière organique retient jusqu'à 20 fois son propre poids en eau	Evite que le sol se dessèche et se crevasse Améliore la rétention en eau des sols sablonneux : permet de réduire l'irrigation
Combinaison avec les argiles	Cimente les particules du sols en unités structurales appelées « agrégats »	Facilite les échanges gazeux et augmente la perméabilité (oxygène) Stabilise la structure : diminue l'érosion et le glaçage des sols
Chélation	Forme des complexes stables avec Cu ⁺⁺ , Mn ⁺⁺ , Zn ⁺⁺ et les autres cations polyvalents	Augmente la bio-disponibilité du Phosphore et de certains oligo-éléments
Insolubilité dans l'eau	L'insolubilité de la matière organique est due à son association avec les argiles	La matière organique ne se lessive que très lentement ; des apports réguliers permettent une élévation progressive du taux d'humus
Pouvoir tampon	La matière organique tamponne les pH acides, neutres et basiques	Diminue fortement les blocages et antagonismes entre éléments nutritifs
Echange cationique	La CEC de l'humus se situe entre 200 et 1400 cmol/kg	Augmente la Capacité d'Echange Cationique des sols (20 à 70% de la CEC dépend de la matière organique)

1.6. LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE

1.6.1. Définition

Dans l'écosystème, le sol est le siège privilégié de la rencontre entre les mondes minéral et organique (**Gobat et al, 2010**). C'est ainsi que l'association des argiles et de l'humus donne naissance à ce qu'on appelle communément le complexe argilo-humique ou complexe adsorbant. **Duchaufour (1984)** l'a défini comme étant l'ensemble des colloïdes au sens large du terme, composés humiques et argiles dotés de charges négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises.

1.6.2. Structure du complexe argilo-humique

Argile et humus sont reliés entre eux par le calcium (Ca^{2+}) ou le fer (Fe^{2+} , Fe^{3+}), en formant un pont entre les deux. Le calcium donne des liaisons solides, très stables, qui empêchent une minéralisation trop rapide de la matière organique humifiée et qui s'opposent à la dispersion des argiles, le complexe humus-calcium-argile confère au sol une teinte noire, bien visible dans les sols carbonatés. Le Fer remplace peu ou prou le calcium dans les sols décalcifiés ou dans les sols calciques riches en fer, la liaison y est plus fragile. Le complexe humus-fer-argile colore le sol en brun.

La formation et la stabilité du complexe adsorbant dépendent ainsi de la quantité et de la qualité de la matière organique, de la présence de certaines argiles, notamment les smectites, et de cations de liaison ; elles sont favorisées par la faune et la microflore (**Gobat, 2010**).

1.6.3. Les cations basiques échangeables

Le sol possède la propriété de retenir diverses substances. En effet, les cations et les anions peuvent être retenus par le complexe adsorbant du sol, c'est-à-dire l'ensemble des colloïdes dotés de charges négatives ou positives.

Les ions y seront retenus sous forme échangeable. En d'autres termes, si on traite un sol par une solution contenant des ions différents de ceux retenus par le complexe, il y aura échange entre les ions du complexe adsorbant et ceux de la solution (échange réversible).



Les cations sont fixés à la surface des colloïdes sur les plages où se développent des charges négatives (Massenet, 2013).

Dans la plupart des climats à saison humide, les cations retenus se classent dans l'ordre :

Ca > Mg > K > Na

Le calcium représentant à lui seul 70 à 80% de la somme des bases échangeables, et même plus de 90% dans la plupart des rendzines, à forte réserve calcique (Duchaufour, 1984).

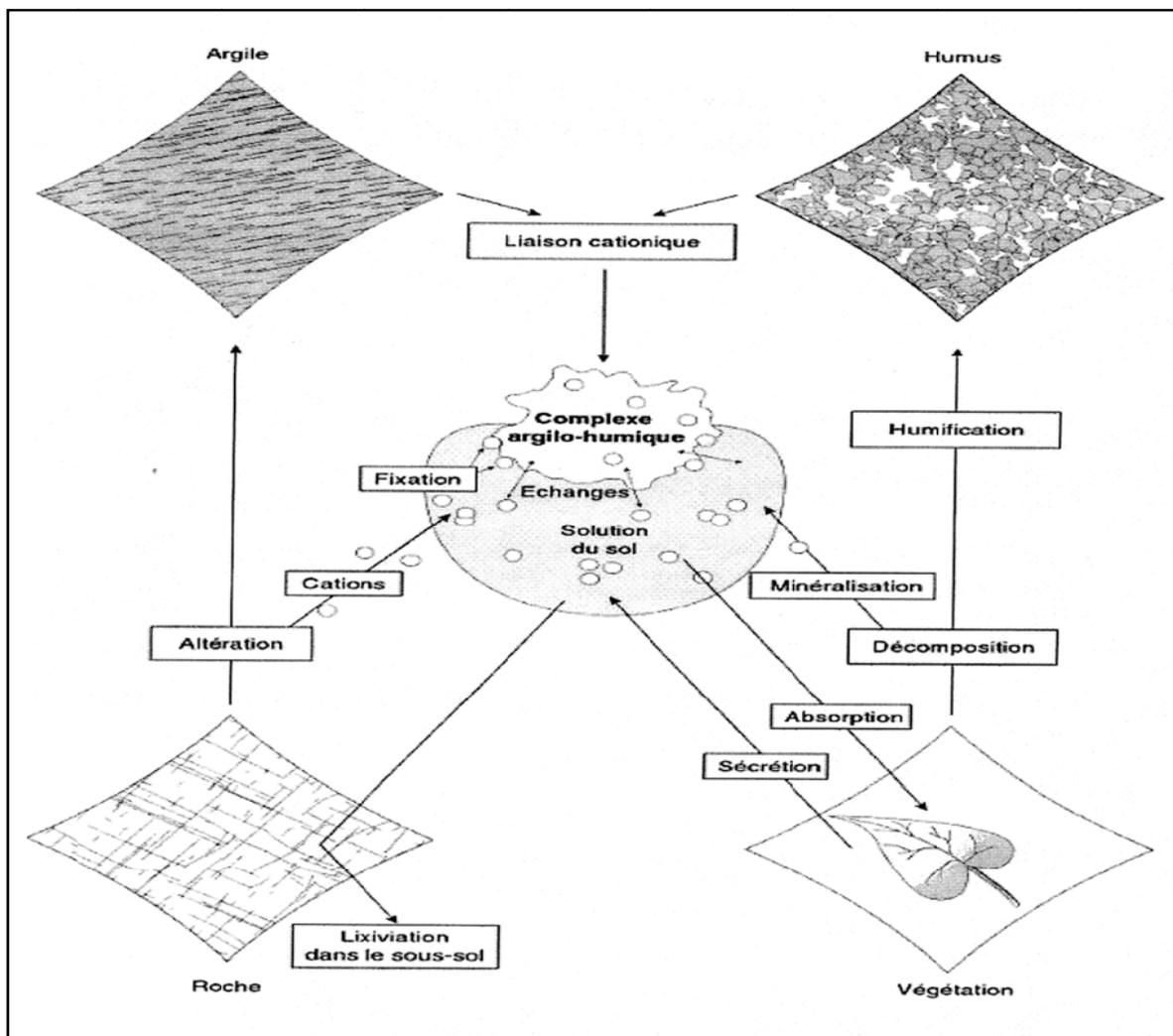


Figure n° 06 : le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol (Gobat et al, 2010)

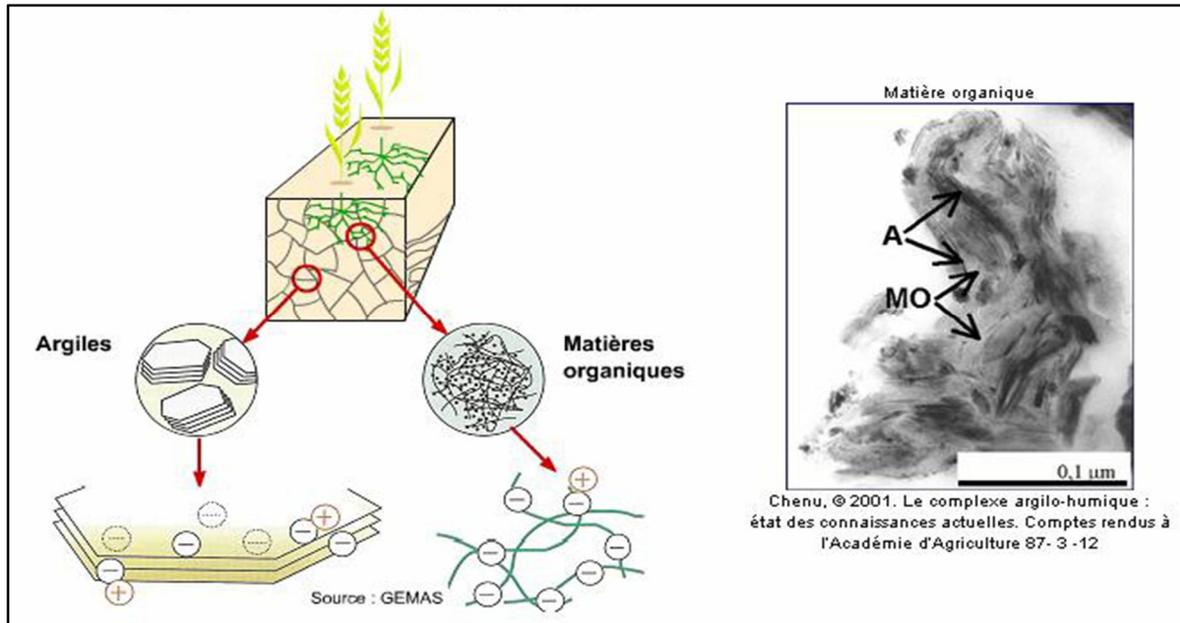


Figure n° 07: Structure du complexe argilo-humique (source : UNIFA, 2005)

1.6.4. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+})

Boyer (1978), note que la présence de calcium et de magnésium dans le sol peut provenir de la roche mère. Les sources pouvant fournir ces deux éléments sont :

- **Les roches sédimentaires** : dont les plus importantes demeurent le calcaire (CaCO_3) et la dolomite (carbonate double de calcium et de magnésium $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$).
- **Les roches éruptives** : on rassemble ici sous ce vocable et les roches plutoniques bien cristallisées formées en profondeur et les roches effusives (laves) dont la masse reste vitreuse, totalement ou partiellement.
- **Les roches métamorphiques** : le métamorphisme n'affecte, généralement pas, la composition minéralogique des roches.
- **L'atmosphère** : par l'intermédiaire des eaux de pluie (aérosols)
- **La végétation** : la biomasse végétale accumule toujours une certaine quantité de calcium et de magnésium qu'elle peut, suivant les circonstances, restituer au sol en totalité ou en partie.

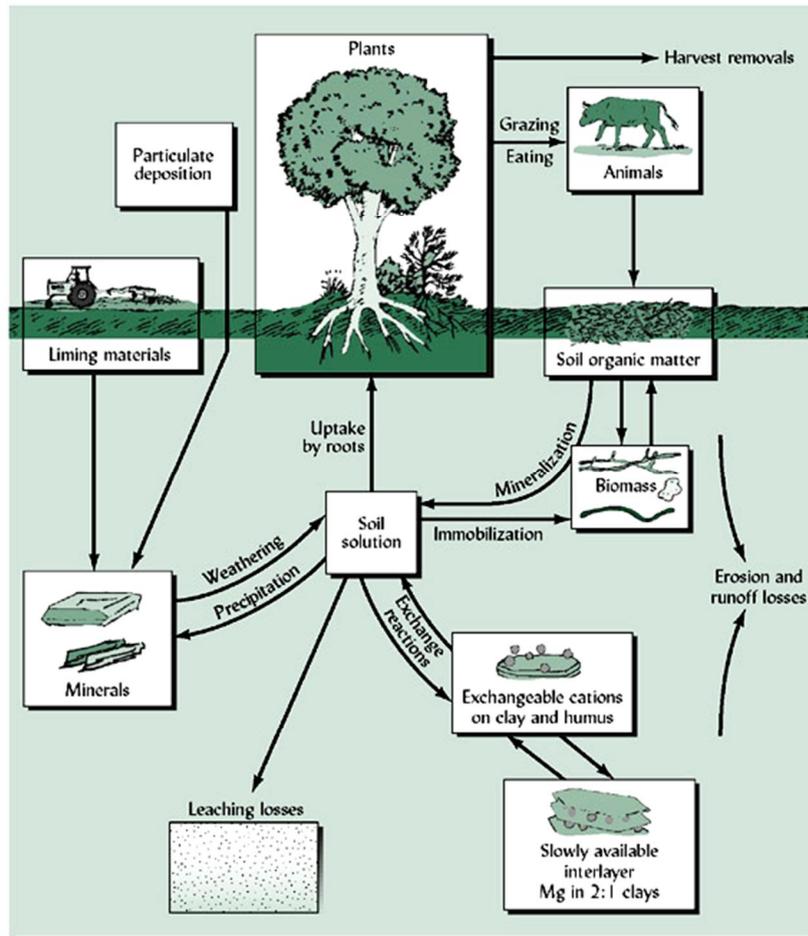


Figure n° 08 : Cycle du calcium et du magnésium dans le sol (Brady et Ray, 2002)

1.6.5. Le Potassium (K^+)

1.6.5.1. Origine du K^+

De nombreux constituants minéraux du sol contiennent du potassium à l'état natif. La teneur moyenne de l'écorce terrestre en K_2O est évaluée à 3,2 %. Les minéraux silicatés (feldspaths potassiques, micas, argiles,...) en sont les principales sources. Dans les sols, ce sont surtout les minéraux argileux qui constituent à la fois le principal réservoir et le piège à potassium. Les minéraux d'altération des sols se distinguent les uns des autres par leurs teneurs en bases dont le potassium (Mhiri, 2002).

Par ailleurs, l'humus du sol peut constituer une source non négligeable de potassium. La teneur et le type d'humus déterminent le potentiel de ce gisement potassique. Pour l'agriculture biologique, il est la source principale d'entretien de la fertilité du sol.

A l'exception de certains sols franchement sableux, riches en feldspaths potassiques (sable arkosique), les sols à texture fine (textures argileuse, argilo-limoneuse,...) sont potentiellement plus riches en K total que les sols à texture grossière. Mais la teneur en K total d'un sol ne préjuge pas du niveau de bio-disponibilité de cet élément pour la plante cultivée, (Mhiri, 2002).

1.6.5.2. Les formes du potassium dans le sol

Mhiri (2002), a défini les trois formes suivantes :

- **Potassium échangeable.** Il comprend le potassium de la solution du sol et le potassium adsorbé sur les surfaces externes des minéraux argileux en particulier. Des échanges ioniques incessants et rapides s'établissent entre ces deux formes.

- **Potassium de constitution** : à l'intérieur de l'édifice cristallin des argiles. Il représente plus de 95 % du potassium total des sols argileux.

- **Potassium fixé (ou rétrogradé)** : constitue un volant de réserve. Entre les différentes formes, des échanges lents peuvent se réaliser dans certaines conditions avec le potassium échangeable.

1.6.6. L'azote et sa biodisponibilité

L'atmosphère est la principale source d'azote. On le rencontre principalement sous sa forme diatomique (N_2). Il s'agit d'une molécule très stable. La plupart de l'azote du sol est constitué d'azote organique. Il est rendu disponible pour les plantes par minéralisation liée à l'activité des micro-organismes. La matière organique constitue la principale réserve d'azote du sol (Scheiner, 2005).

1.6.6.1. Formes de l'azote dans le sol

Scheiner (2005), définit les formes suivantes :

- **L'azote organique** : constitue 85 à 95% de l'azote total du sol.

- *L'azote inorganique* : constitue la fraction disponible pour les cultures. Le sol en contient rarement plus de 10% de l'azote inorganique total.

C'est sous la forme de nitrates (NO_3^-) qu'il est principalement absorbé par les cultures exception faite de certains cas où la culture se développe en conditions d'anoxie (cas des rizières : NH_4^+).

1.6.6.2. Cycle de l'azote

Il intègre les diverses formes de l'azote du sol et de l'atmosphère, et toutes les transformations entre ces différentes formes. Le passage du N_2 (gazeux) aux formes combinées se fait au moyen de la fixation biologique, et le passage des formes organiques aux formes inorganiques se fait au travers de la minéralisation.

Dans le cycle global de l'azote, on peut différencier la partie propre au sol. La caractéristique principale de ce cycle interne est qu'il peut se résumer en deux processus biologiques opposés : la minéralisation et l'immobilisation.

- *La minéralisation* : contenant deux processus, l'ammonification et la nitrification.
- *La nitrification* : c'est la conversion de l'azote inorganique en formes organiques constitutives des micro-organismes.

1.6.6.3. Les gains d'azote

La fixation biologique de l'azote atmosphérique par les bactéries représente environ 60% de l'azote total. Le rayonnement ultraviolet et la foudre contribuent pour 15%. Le reste provient de l'industrie des Engrais (**Mengel et Kirkby, 2001**).

1.6.6.4. Les pertes d'azote

Se font à travers trois processus :

. *La dénitrification* : par l'action des bactéries anaérobies, passant des nitrates aux nitrites, puis en composés ammoniacaux et enfin en azote gazeux et oxydes d'azote.

. **La volatilisation** : cette voie des pertes est favorisée dans les sols alcalins, les sols de faible capacité d'échange cationique ou les sols secs (**Hargrove, 1988 cité par Scheiner, 2005**).

. **La lixiviation** : l'azote sous forme NO_3^- , très vulnérable à la lixiviation, s'accumulant dans les horizons de surface peuvent être entraînés en profondeur. Dans les sols agricoles, ce risque de perte est dépendant de la présence de nitrates dans le profil et d'un volume d'eau capable de le transporter (**Scheiner, 2005**).

1.6.7. Le phosphore

1.6.7.1. Le phosphore et sa biodisponibilité

Le phosphore constitue l'un des trois éléments majeurs indispensables à l'alimentation des cultures et un facteur qui peut sérieusement limiter la production agricole. En effet, le phosphore est fondamental dans le métabolisme de la matière vivante (ATP, ADP, AMP) ; il fait partie aussi des éléments constituant toutes les membranes cellulaires.

Dans le sol, la teneur en phosphore est de l'ordre de 0,02 à 3%. L'analyse du statut phosphaté du sol est donc destinée à évaluer le phosphore biodisponible, (**Lilia, 2004**).

1.6.7.2. Formes du phosphore dans le sol

Les formes du phosphore dans le sol sont multiples et variées. La présence de chacune de ces formes dépend des conditions d'acidité, de basicité, d'alcalinité ainsi que de l'activité biologique du sol considéré. **Baise (2000)**, considère les formes suivantes :

- Phosphore total

C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'elles soient minérales ou organiques.

- Phosphore minéral

C'est le phosphore inclut dans des minéraux comme les apatites (phosphates calciques), dans tous les composés d'oxy-hydroxydes de fer et d'aluminium, ainsi que dans les phosphates tricalciques associés à un calcaire actif (très insolubles dans les milieux calcaires).

- Phosphore organique

Le phosphore organique correspond à celui que l'on retrouve dans la matière organique fraîche et l'humus. Dans les sols cultivés de longue date, sa proportion varie entre 25 et 30 % du phosphore total. Cette forme de phosphore est susceptible de devenir assimilable grâce à l'action des micro-organismes et à la minéralisation de l'humus.

- Le phosphore assimilable :

Appelé aussi « fraction labile », c'est le phosphore susceptible d'être absorbé par les racines ; on y trouve différentes formes d'anions (PO_4^- , PO_4H_2^- , PO_4H^{2-}) soit dans la solution du sol, sur les surfaces externes des minéraux argileux ou bien sur les surfaces sorbantes des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium.

1.7. LA FERTILITE DES SOLS

1.7.1. Notion de fertilité :

La notion de fertilité d'un sol se rapporte à l'aptitude de ce sol à produire des récoltes plus ou moins abondantes grâce à l'action de l'agriculteur. Toutefois, cette aptitude ne dépend pas uniquement des propriétés du sol (fertilité propre ou intrinsèque), mais également des caractéristiques climatiques de la région étudiée (**Morel, 1989**)

Le climat et le sol concourent à un environnement pédoclimatique, c'est-à-dire un ensemble de conditions favorables ou contraignantes pour la croissance végétale (lumière, température, humidité, éléments nutritifs,...etc.) ; il s'agit bien d'une potentialité propre à un contexte, et sur lequel l'homme peut agir (travail du sol, fertilisation, choix d'espèces,...etc.) (**Genot et al, 2007**). La fertilité englobe trois composantes, physique, chimique et biologique.

1.7.2. La fertilité physique :

Les facteurs physiques essentiels de la fertilité des sols constituent l'état structural et la capacité de rétention de l'eau. L'état structural d'un sol correspond au mode d'assemblage des constituants minéraux et organiques du sol, elle détermine l'aération dont dépendent la croissance du végétal et l'activité biologique du sol. Le niveau d'épanouissement du système racinaire ainsi que le niveau de transfert de l'eau, oxygène et les éléments minéraux justifient l'état structural d'un sol. Elle est fonction d'une part de la texture et de la structure et d'autre part des facteurs agro-climatiques et anthropiques ainsi que de la topographie, de la profondeur et de la disposition des horizons (**Soltner, 1996**).

1.7.3. La fertilité chimique :

Pieri (1989), indique que la capacité d'un sol à se maintenir chimiquement fertile est déterminée par l'importance des réserves totales et leur passage sous forme assimilable. En effet, un sol fertile doit permettre de fixer les éléments nutritifs et assurer leurs échanges entre la phase liquide et solide, mais aussi entre la plante et le sol.

La nature de la roche mère et la quantité d'éléments mobilisables déterminent l'abondance des éléments nutritifs dans le sol. La baisse du niveau des éléments chimiques s'accompagnent d'une acidification et de toxicités diverses. (**Boyer, 1983**)

1.7.4. La fertilité biologique

Elle à pour objectif de favoriser l'activité biologique, d'aider aux transferts des nutriments du sol à la plante et de favoriser la minéralisation des matières organiques. Elle peut être vue comme une conséquence des fertilités physique et chimique. (**Merelle, 1998**)

1.7.5. Les valeurs indicatives de la fertilité des sols

Afin d'évaluer la fertilité des sols, des valeurs et des caractéristiques des différents paramètres physico-chimiques sont adoptées par les auteurs et les laboratoires d'analyses.

Dans la partie « Annexes », sont consignées dans des tableaux, les normes d'interprétation de chacun des paramètres étudiées et des éléments dosés.

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région de la Soummam (vallée de la Soummam), correspondant au bassin versant de l'oued Soummam, se situe dans le nord-est algérien. Elle occupe une grande partie du bassin versant de l'oued Sahel-Soummam qui se trouve être le plus important de Kabylie. Il s'étend sur une superficie de 9125 Km² (**Bennabi, 1985**). Distante de 230 Km de la capitale, elle appartient administrativement à la wilaya de Bejaïa et ses limites approximatives sont :

- Au Nord, les monts du Djurdjura
- Au Sud, les monts du Hodna et le plateau Sétifien
- A l'est, la méditerranéen
- A l'Ouest, le plateau de Bouira

Elle longe la partie basse de l'oued Sahel (Tazmalt-Akbou) et l'oued Soummam qui prend son nom au niveau d'Akbou à la confluence de l'oued Boussellam et se jette dans la mer Méditerranée 80 Kilomètres plus loin, avec une orientation Sud-ouest/Nord- Est, (**Mouni et al, 2009**). Le bassin versant de l'oued Soummam est composé de plusieurs sous bassins, dont pour la wilaya de Bejaïa (**PATW, 20013**) :

- ***Le sous bassin de l'oued Sahel Aval*** : correspond au territoire des communes de : Tazmalt, Akbou, Béni Mélikech, et Ighram.

- ***Le sous bassin de l'oued Soummam maritime*** : couvre principalement le territoire des communes de : Chellata, Ouzellaguen, Chemini, Akfadou, Tifra, Tinebdar, Tibane, Sidi-Aïch, Souk Oufella. Ifenain Ilmathen, Leflaye, Sidi Ayad, El-Kseur, Oued-Ghir, Amalou, Seddouk, Sidi Said, Timzrit, Béni Djellil, Semaoun, Ferraoun, Barbacha, Amizour et Tala Hamza

- ***Le sous bassin de l'oued Bou Sellam aval*** : correspond au territoire des communes de : Ighil Ali, Ait Rzine, Tamokra et Bouhamza. Il abrite le barrage de Tichihaf.

- ***Le sous bassin de l'oued Bou Sellam Moyen*** : correspond au territoire de la commune de Béni Maouche.

2.2. APERÇU TOPOGRAPHIQUE

La région étudiée, essentiellement montagneuse, est caractérisée par un réseau hydrographique très marqué et bien alimenté, ayant provoqué des érosions profondes. Les montagnes s'arrêtent à quelques kilomètres de la mer. Le versant nord, le plus abrupt, est souvent bordé de terrasses alluviales fertiles. La première ligne de crête culmine aux environs

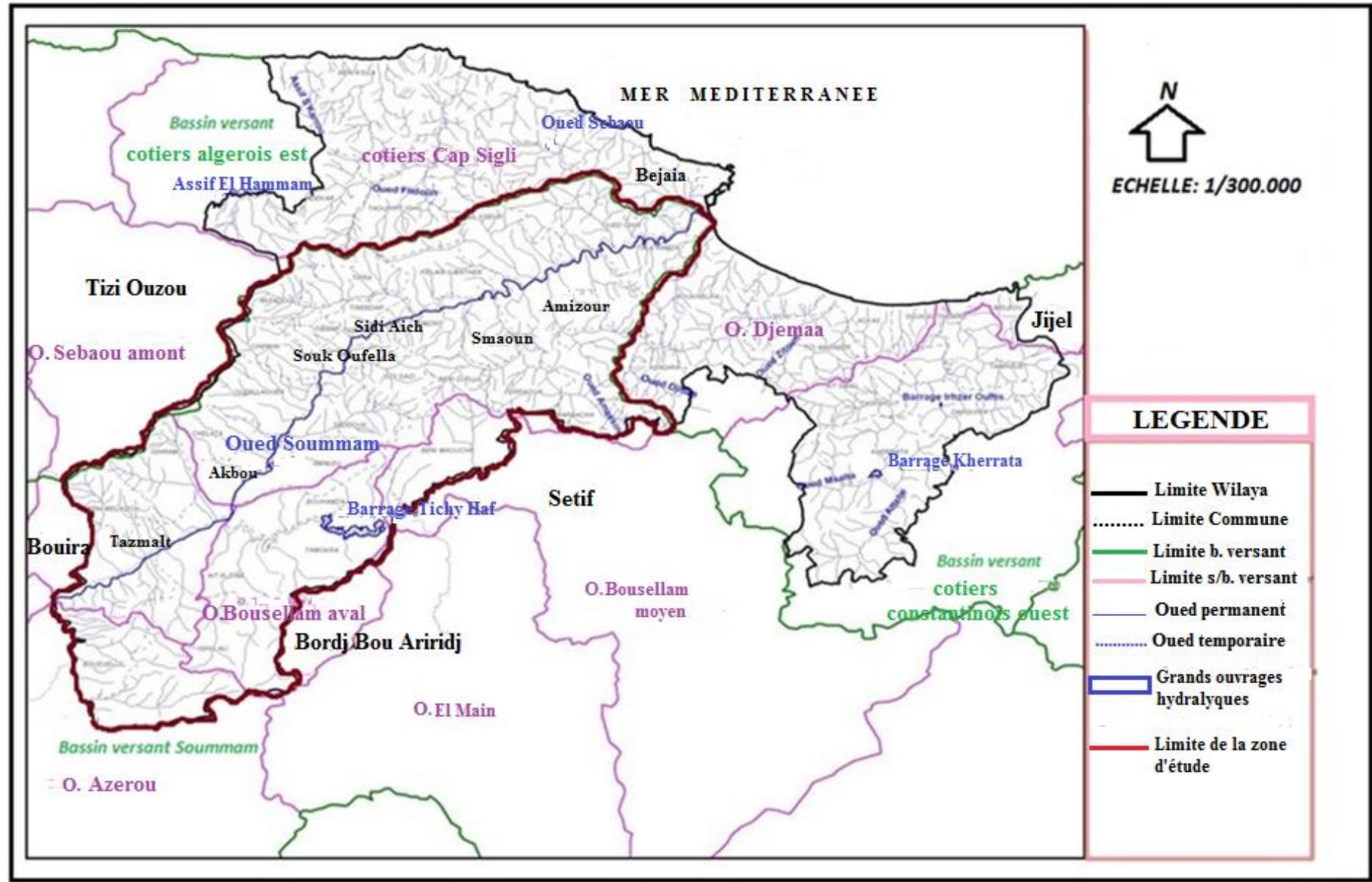


Figure n°09: Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam (PATW, 2013)

de 1000 m et les pentes varient entre 15% et 30%. De nombreux torrents de faible bassin versant, exception faite de l'oued Roumila, dévalent les lignes de plus grandes pentes.

Le versant Sud est constitué de collines plus basses s'élevant progressivement par une succession de croupes, il est plus irrégulier et creusé par des oueds (Seddouk, Imoula, Amassine, Amizour) plus importants. Ces pentes sont plus variables et souvent plus importantes que celles du versant opposé ; en revanche les terrasses alluviales sont très rares.

2.3. APERÇU GEOLOGIQUE

Le bassin versant de l'oued Soummam est dans ses grandes lignes constitué, sur la rive gauche, par l'oligocène traversé par des formations du crétacé inférieur. Du miocène apparaît dans la partie aval en bordure de l'oued.

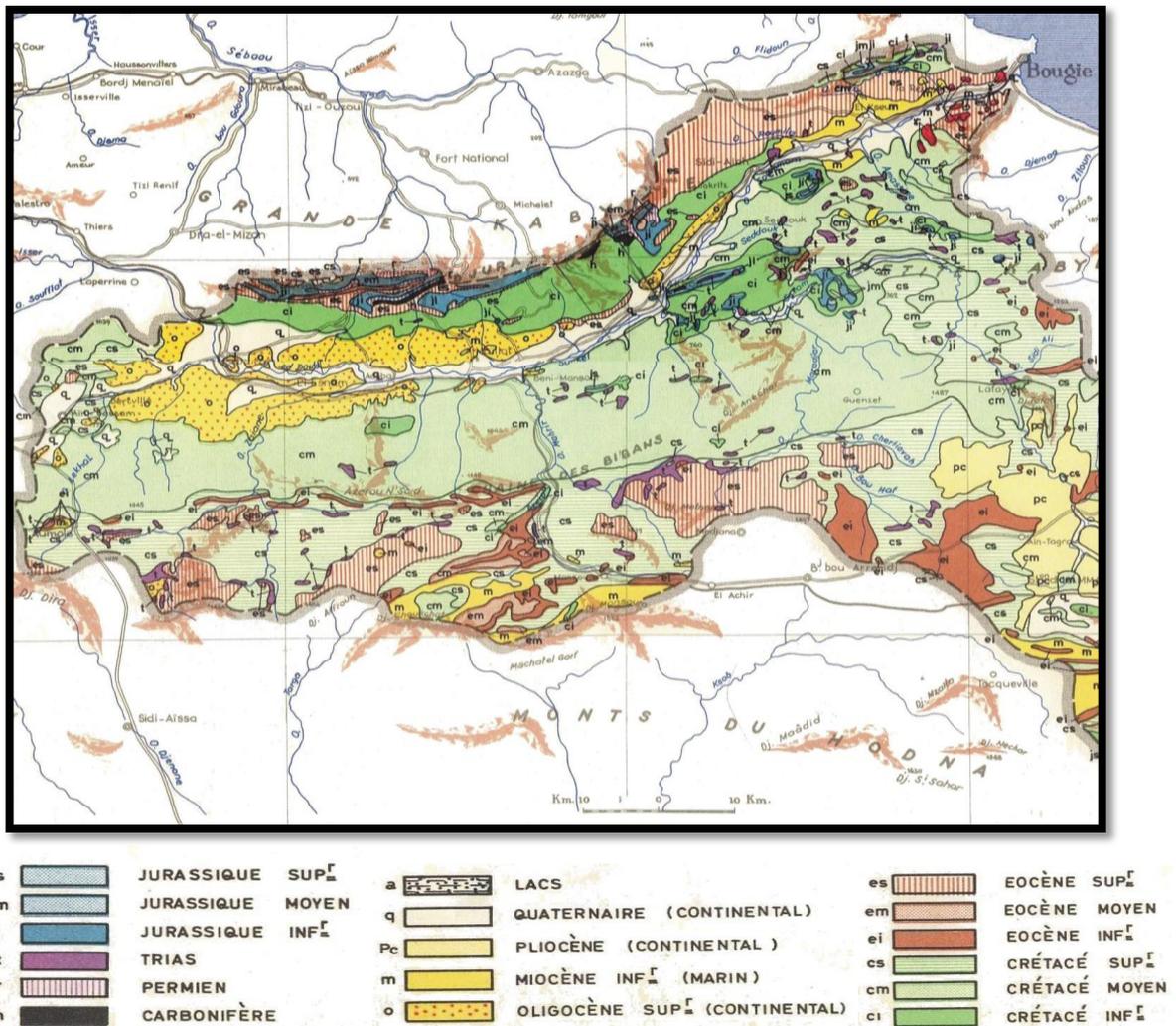


Figure n° 10: Carte géologique bassin versant de la vallée de la Soummam (1/500000)
(services géologiques de l'algerie, 1934-1938)

Des terrasses alluviales importantes tapissent en général le pied des pentes sauf dans la région de Sidi-Aïch, où le crétacé apparaît jusque dans le lit. Sur la rive droite, il est en majeure partie formé de crétacé inférieur moyen et supérieur. Les terrasses alluviales sont beaucoup plus restreintes, (Mouni, 2009).

2.4. APERÇU PEDOLOGIQUE

Il paraît assez difficile de définir d'une manière claire et précise les divers domaines pédologiques de la région de la Soummam, tant que les données liées à la science du sol qui existent sur cette région sont assez peu nombreuses et se référant à des travaux effectués il y a plus d'un demi-siècle.

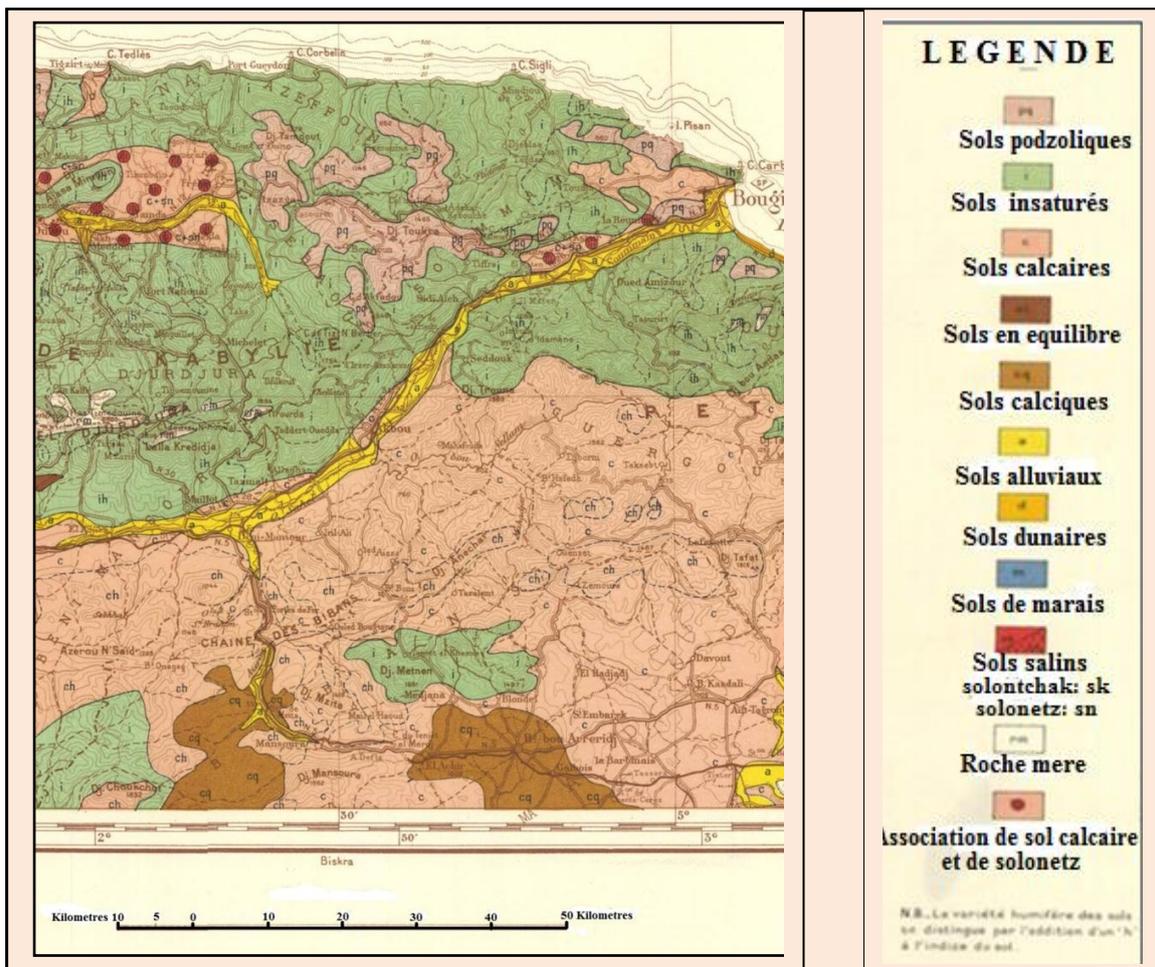


Figure n° 11 : Carte des sols de la région de la Soummam (extraite de la carte des sols d'Algérie 1927 complétée en 1949)

Les sols les plus largement répandus sont les sols insaturés. En effet, la majorité des terrains de montagnes sont des sols acides, insaturés, gris ou bruns, peu épais, de type rendzine, bien différenciés par rapport à la roche mère sous-jacente (**Peillon, 1978**). Ils sont localement humifères, sur le bas des versants, comme dans la région de Toudja (**Meddour, 2012**).

Le même auteur, souligne que les sols calcaires apparaissent sur le versant sud du Djurdjura jusqu'à Akbou au piémont du massif de Chellata. Cette classe de sol est également présente dans la partie extrême orientale du territoire, selon l'axe El Kseur-Toudja-Béjaïa.

Les sols podzoliques sont présents dans certains secteurs des forêts de chênes comme celle de l'Akfadou. Sous ces forêts de chêne, les sols bruns forestiers évolués sont les plus dominants. Ils ont des profondeurs supérieures à 50 cm, de type brun lessivé, présentant un profil de type ABC.

Quant aux vallées et plaines alluvionnaires (Sahel-Soummam), elles possèdent des sols zonaux, correspondant aux conditions de leurs formations : des sols alluviaux peu évolués, gris et légers, de texture variable, et des sols bruns limono-argileux. Ces derniers sont plus riches, quoique très argileux et hydromorphes, ils s'égouttent mal et conservent, souvent tard dans la saison, les eaux de pluie de printemps.

2.5. RESSOURCES HYDRIQUES

Pour les eaux souterraines, il a été mis en évidence la présence, sous les alluvions, d'un réservoir s'étalant de Tazmalt à Sidi-Aïch et de Sidi-Aïch à Béjaïa. Les deux nappes alluviales de la Soummam (Haute et Basse Soummam) offre un potentiel mobilisable estimé à **62 Mm³/an**.

L'alimentation des deux nappes se fait par l'oued Sahel, l'oued Soummam, leurs affluents et les précipitations ainsi que les affluents miocènes. En ce qui concerne les ressources superficielles, le bassin versant de l'oued Soummam est entaillé de nombreux cours d'eaux, dont le principal est l'oued Soummam avec des débits qui montrent de grandes irrégularités inter-mensuelles et saisonnières. A son embouchure, il présente un apport annuel moyen de **733m³/an**, (**D.P.A.T, 2003**).

2.6. LE CLIMAT

Le climat est l'ensemble des conditions météorologiques qui caractérisent l'atmosphère en un lieu donné. Parmi les facteurs climatiques qu'on peut distinguer, on trouve les facteurs énergétiques, constitués par la lumière et les températures, les facteurs hydrologiques (précipitations et hygrométrie) et les facteurs mécaniques (vent, enneigement) (**Ramade, 1994**). Il intervient fortement dans la formation et l'évolution du sol. Raymond (1972), décrit le climat comme étant le facteur principal de la podzolisation, de la ferralitisation et de la calcification. C'est un élément essentiel dans l'étude des différentes régions du monde et est le facteur qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques (**Thinthoin, 1948 cité par Dahmani, 2012**).

Le climat méditerranéen est généralement caractérisé par une longue saison estivale, des températures hivernales relativement clémentes et une pluviométrie faible et extrêmement variable, (**Skouri, 1994**).

2.6.1. Les données climatiques

D'après **Barylenger et al. (1979)**, la pluie et la température sont les charnières du climat, Afin d'étudier ces deux paramètres, nous avons choisi de nous baser sur les données climatiques de trois stations météorologiques : Béjaïa, Sidi-Aïch et Maillot pour cerner, au mieux, la région d'étude, même si les données exploitées sont extraites de l'œuvre de **Seltzer (1946)**. Une étude actualisée des facteurs climatiques sera menée en parallèle pour la station de Béjaïa, seule station offrant des données récentes continues et régulières sans interruptions, dans le but de situer l'évolution de ces facteurs dans le temps.

Tableau n° 1V : Les données climatiques pour la station de Bejaïa pour la période de 1913 à 1938 (**Seltzer, 1946**)

Paramètre	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
m (°C)	8,1	8,5	10,1	11,5	14,5	18	20,8	21,7	20,1	16,1	12,3	9,2
M (°C)	15,7	17,1	19,1	21,1	23,5	26,5	29,2	30,9	29,4	25,3	20,2	16,8
M+m/2(°C)	11,9	12,8	14,6	16,3	19	22,2	25,2	26,3	24,7	20,7	16,2	13
Moy P(mm)	152,4	107,1	84,2	73,8	52,6	24,2	4,0	13,4	51,3	103,3	136	161,9

Tableau n° V : Les données climatiques pour la station de **Sidi-Aïch** pour la période de 1913 à 1938 (Seltzer, 1946)

Paramètre	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
m (°C)	6,2	6,7	8,3	11,2	13,4	17,3	20,4	21,4	19,1	14,3	10,2	6,8
M (°C)	15,8	17,4	20,7	23,3	26,4	30,9	35	35	32,7	26,8	21,1	15,6
M+m/2(°C)	11	12	14,5	17,2	19,9	24,1	27,7	28,2	25,9	20,6	15,6	11,2
Moy P(mm)	120	82,9	73,5	51,3	42,1	17,5	2,3	10,5	32,7	57,8	79,8	111

Tableau n° VI : Les données climatiques pour la station de **maillot (M'chedallah)** pour la période de 1913 à 1938 (Seltzer, 1946)

Paramètre	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
m (°C)	3,3	4,4	6,3	8,3	11,9	15,8	19	19,3	16,7	12,3	8,1	4,2
M (°C)	13,7	15,6	18,3	21,6	27,1	32,1	37	37	32,3	25,2	18,7	14,2
M+m/2(°C)	8,5	10	12,3	14,9	19,5	23,9	28	28,1	24,5	18,7	13,4	9,2
Moy P(mm)	86,8	58,6	57,8	43,6	41,6	20,8	6,3	9,0	32	43	61,5	78,4

Tableau n° VII : Les données climatiques de la station de Bejaia pour la période de 1978 à 2012 (ANRH)

Paramètre	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
m (°C)	7,5	7,6	9	10,8	14	17,7	20,4	21,2	19	15,8	11,7	8,7
M (°C)	16,5	17	18,6	20,3	22,9	26,4	29,5	30,2	28,1	25,3	20,8	17,6
M+m/2(°C)	12	12,3	13,8	15,6	18,5	22,1	25	25,7	23,6	20,6	16,3	13,2
Moy P(mm)	110	88,8	79,5	71,2	42,1	15	5,6	10	58	75,4	103,1	134,5

2.6.1.1. Les Précipitations

Dans le but de faciliter le traitement des données climatiques, un découpage en saison de la pluviosité annuelle est indispensable. **Musset (1935)**, définit le premier la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme des précipitations par saison, puis il a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissant.

Tableau n° VIII : Régime saisonnier des précipitations pour les stations étudiées

Station	Période	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Régime
Bejaia	1913	290,6	421,4	210,6	41,6	HAPE
Sidi-Aich	-	170,3	313,9	166,9	30,3	HAPE
Maillot	1938	136,5	223,8	143	36,1	HPAE
Bejaia	1978-2012	236,5	333,3	192,8	30,6	HAPE

Les chiffres de répartition mensuelle et saisonnière des précipitations des trois stations pour la période allant de 1913 à 1938, font ressortir une concentration des pluies pendant les trois mois d'Hiver (43,7% pour la station de Béjaïa, 46% pour la station de Sidi-Aïch, et 41,5% pour la station de Maillot). Le contraste est frappant par rapport à la saison estivale qui ne procure qu'une proportion minimale en matière de pluviosité, en effet, les taux enregistrés sont respectivement 4,3% ; 4,5% et 6,7% du total des précipitations annuelles.

Le Printemps et l'Automne présentent des proportions approximativement égales dans les trois stations, avec une légère supériorité de l'automne dans les premières stations. L'apport de ces deux saisons est très conséquent.

L'éloignement de la mer semble être un élément déterminant pour ce facteur climatique. La station de Béjaïa située à quelques encablures de la mer méditerranéenne reçoit un total annuel moyen de 964,2 mm/an. Au fur et à mesure qu'on se dirige à l'intérieur des terres, cette moyenne a tendance à diminuer, c'est le cas de la station de Sidi-Aïch qui se situe à environ 45 Km de la mer et qui reçoit 681,4 mm/an. Une trajectoire descendante, qui se confirme au niveau de la station de Maillot distante d'une centaine de kilomètres et recevant 539,4 mm/an, soit 425,2 mm/an de moins par rapport à la première station.

S'agissant de la période allant de 1978 à 2012, et à titre comparatif, le constat est pratiquement le même, l'Hiver demeure la saison la plus prolifique avec 42% du total annuel, et l'Eté est toujours le moins loti avec 3,85%. Les 56% restantes sont réparties entre le Printemps et l'Automne avec un léger avantage pour ce dernier.

Néanmoins, un phénomène très important est à signaler, il s'agit de la diminution de la moyenne annuelle des précipitations par rapport à la première période d'étude. Une différence de 171 mm/an en l'espace d'un demi-siècle environ. Cette diminution affecte, certainement, l'ensemble du territoire de la zone d'étude.

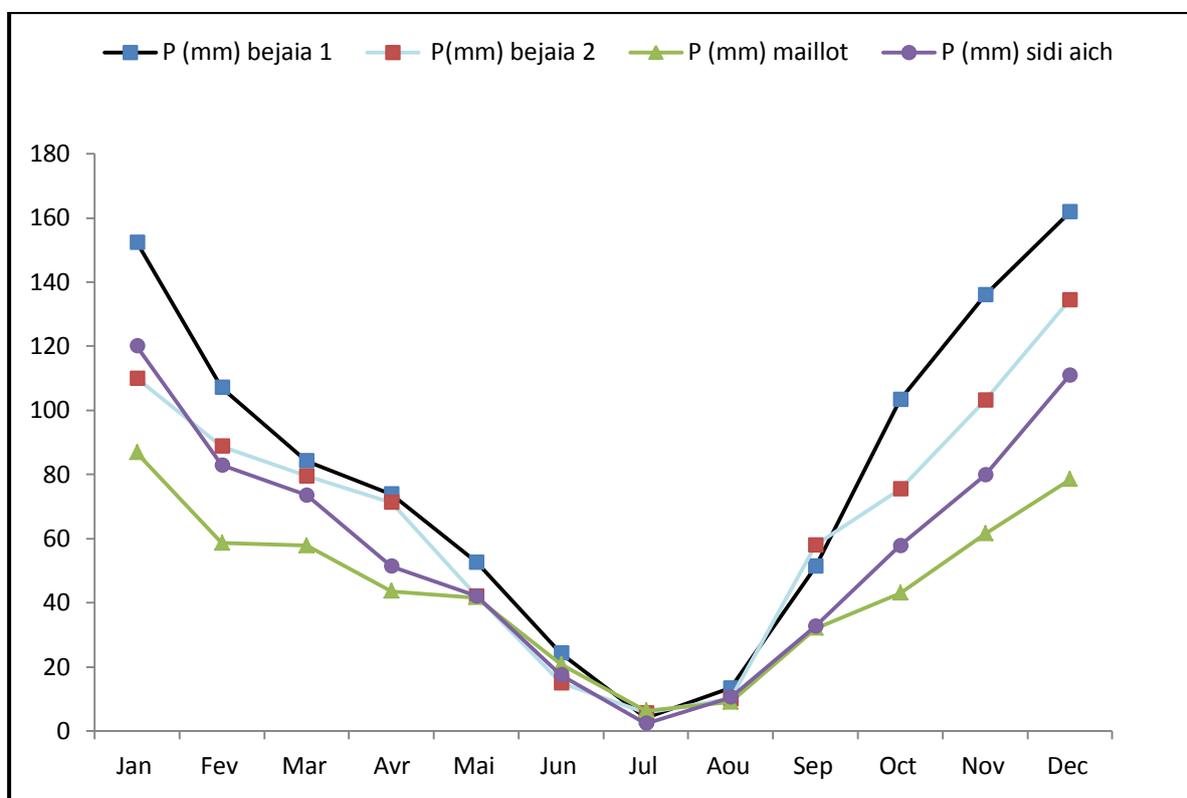


Figure n° 12: Répartition des précipitations moyennes mensuelles pour les trois stations d'étude (Béjaïa 1 : période 1913-1938 ; Bejaia 2 : période 1978-2012)

2.6.1.2. Les températures

Les mois les plus chauds sont : Juin, Juillet, Aout et Septembre au niveau de toutes les stations. Le mois de Septembre est plus chaud que le mois de Juin. Les mois les plus froids sont : Décembre, Janvier, Février et Mars. Les températures minimales suivent la même trajectoire.

Durant la période chaude, les températures maximales ont tendance à s'élever en s'éloignant de la mer et inversement durant la période froide. Les températures minimales diminuent avec l'éloignement de la mer durant toute l'année.

S'agissant des données récentes de L'ANRH pour la station de Béjaïa, les températures maximales et minimales ont connu une légère baisse oscillant entre 0,1° et 1,3°.

2.6.2. La synthèse climatique

Il existe de nombreux indices climatiques ayant pour objectif la détermination de la nature du climat et la durée de la période sèche, néanmoins les plus importants restent le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson, et le quotient pluviothermique d'Emberger.

2.6.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Bagnouls et Gausson (1953) ont élaboré un classement climatique satisfaisant aux nécessités de l'écologie végétale. Pour cela, ils ont imaginé de confronter des courbes de pluies (courbes ombriques) et températures (courbes thermiques), il en résulte les diagrammes ombrothermique. Ces deux auteurs considèrent un mois sec lorsque le double de la température moyenne mensuelle est supérieur ou égal aux précipitations mensuelles, soit :

$$P \leq 2T \text{ (P en mm et T en } ^\circ\text{C)}$$

Pour visualiser ces diagrammes, Bagnouls et Gausson proposent une méthode qui consiste à porter sur un même graphe la température et la pluviométrie de sorte que l'échelle des températures soit le double des précipitations (1°C=2 mm) ; en considérant la période de sécheresse lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures. L'examen des diagrammes ombrothermique des stations météorologiques (**figure n° 13**) montre que :

- *Pour la station de Béjaïa, selon les anciennes données de Seltzer*, la saison sèche s'étend sur 03 mois et demi, du début Juin à la mi- Septembre. Pour la période récente, elle est de 04 mois, s'étalant de la mi- Mai à mi- septembre.

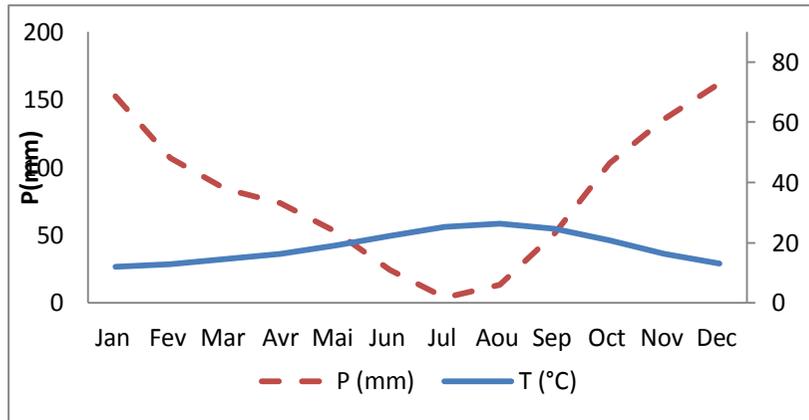
- *Pour la station de Sidi-Aïch, selon les données de Seltzer*, la saison sèche s'étale sur 04 mois, soit de mi- Mai à mi- Septembre.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

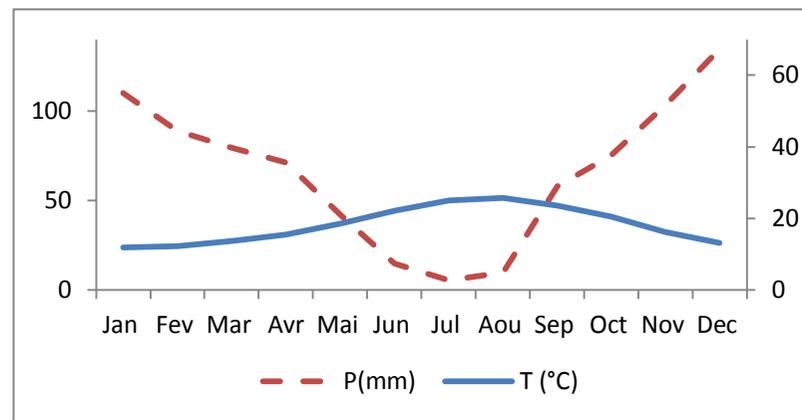
- Pour la station de Maillot, selon les données de Seltzer, l'étendue de la sécheresse est encore plus grande, elle est de 04 mois et demi débutant à la mi- Mai jusqu'à début Octobre.

Généralement, la durée de la sécheresse au niveau de la zone d'étude augmente avec l'éloignement de la mer, elle englobe une partie du Printemps, tout l'été et une partie de l'Automne.

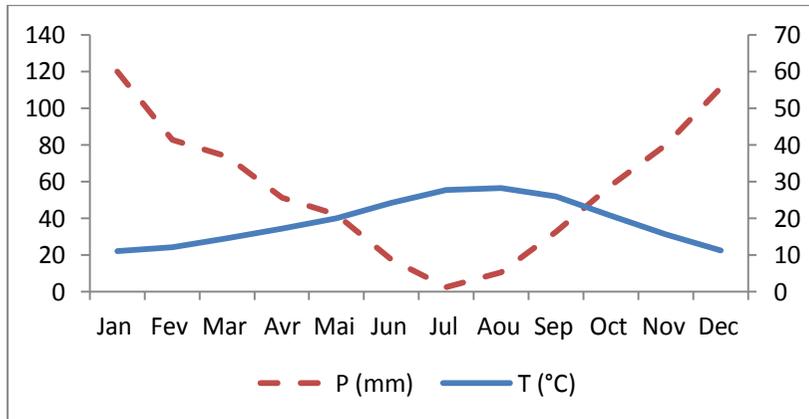
Station Béjaïa (1913-1938)



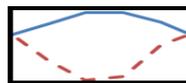
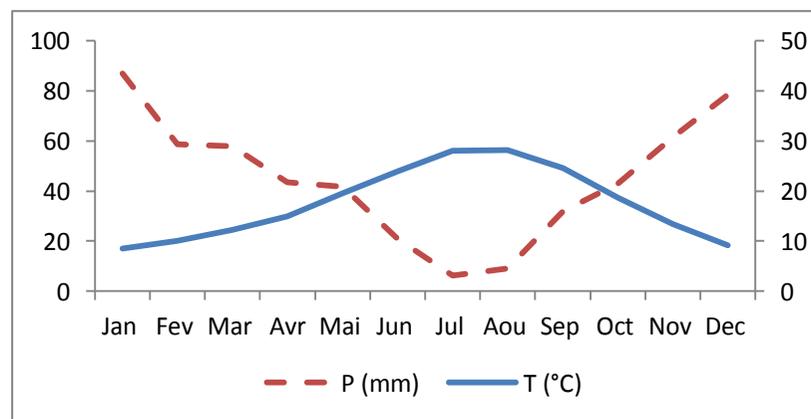
Station Béjaïa (1978-2012)



Station Sidi-Aïch (1913-1938)



Station Maillot (1913-1938)



Saison sèche

Figure n° 13 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson pour les trois stations d'étude et les deux périodes pour les différentes stations

2.6.2.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) est déterminé par la combinaison des précipitations et des températures. Il est donné par la formule :

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2) ; \quad P : \text{en mm} ; M \text{ et } m : \text{en } ^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,2$$

La valeur de Q_2 ne peut à elle seule déterminer l'étage climatique d'une région donnée, Emberger a introduit la notion du froid hivernal comme facteur différentiel (température minimale du mois le plus froid), sur ces bases, il a défini des étages climatiques mis sur un diagramme appelé « Climagramme pluviothermique d'Emberger ».

En Algérie, **Stewart (1969) cité par Meddour (2010)**, a montré que le quotient pluviothermique d'Emberger après simplification, peut s'écrire :

$$Q_2 = 3,43 P / (M - m) ; \quad M \text{ et } m : \text{en } ^\circ\text{C}$$

Pour les stations d'étude, on obtient les valeurs suivantes :

Tableau n° IX : Valeurs de Q_2 et m , et étages climatiques des stations étudiées

Station	Période	Q_2	m	Etage climatique
Béjaia	1913 - 1938	145,05	8,1	Humide à Hiver chaud
Sidi-Aich		81,15	6,2	Semi aride à Hiver doux
Maillot		54,9	3,3	Semi aride à Hiver frais à doux
Béjaia	1978 - 2012	119,8	7,5	Subhumide à Hiver doux

En se référant aux résultats inscrits dans le **tableau n° IX**, on note :

- La région de la Soummam se situe entre l'étage semi-aride à Hiver frais et l'étage humide à hiver chaud.
- La situation bioclimatique de l'ancienne période, données Seltzer (1913-1938), est bien différente de l'actuelle. En effet, la station de Béjaïa régresse d'un sous étage passant de l'humide au subhumide. Les valeurs de « m » connaissent une légère baisse.

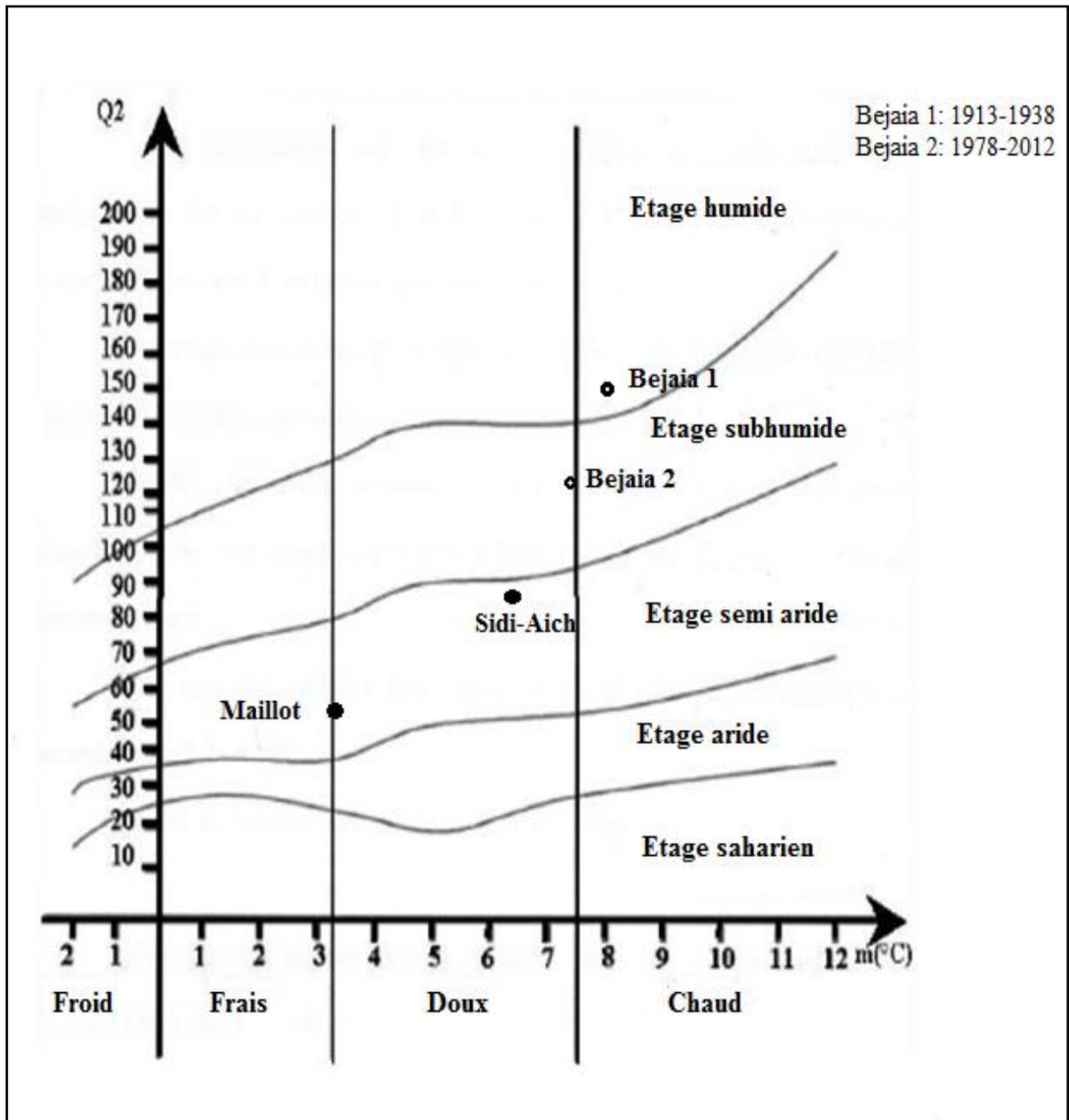


Figure n° 14 : Climagramme pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart (1969) pour les stations étudiées. (Letreuch Belarouci, 1991)

2.6.3. Conclusion

L'étude des différents paramètres climatiques de la région de la Soummam nous permet de définir son climat. Les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 400 mm et 900 mm, elles peuvent atteindre ou dépasser le seuil de 1000 mm dans certains secteurs. Les facteurs : altitude et éloignement de la mer jouent un rôle prépondérant dans cette répartition.

Les températures sont régies par plusieurs paramètres : continentalité, altitude et exposition, les régions les plus éloignées de la mer présentent les températures maximales les plus élevées, et les températures minimales les plus basses. Celles se rapprochant de la mer présentent les températures les plus douces.

L'étendue de la saison sèche oscille entre 3 mois et 5 mois, elles s'étalent sur une partie du printemps, tout l'été et une partie de l'automne.

La région occupe trois sous étages bioclimatiques différents, allant du semi-aride à hiver frais à l'humide à hiver chaud en passant par le subhumide à hiver doux.

La période récente présente une tendance à l'aridité. En effet les précipitations diminuent et les températures sont quasiment stables.

Premier site : Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

Coordonnées : X : 36°,39

Y : 4°,43

Z : 231m

Distance / Oued Soummam : 1128m

Dénivellation / Oued Soummam : 16m

Nature : Ferme agricole

Espèces dominantes : Pomme de terre, cardes



Photo n° 02 : Site d'échantillonnage - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

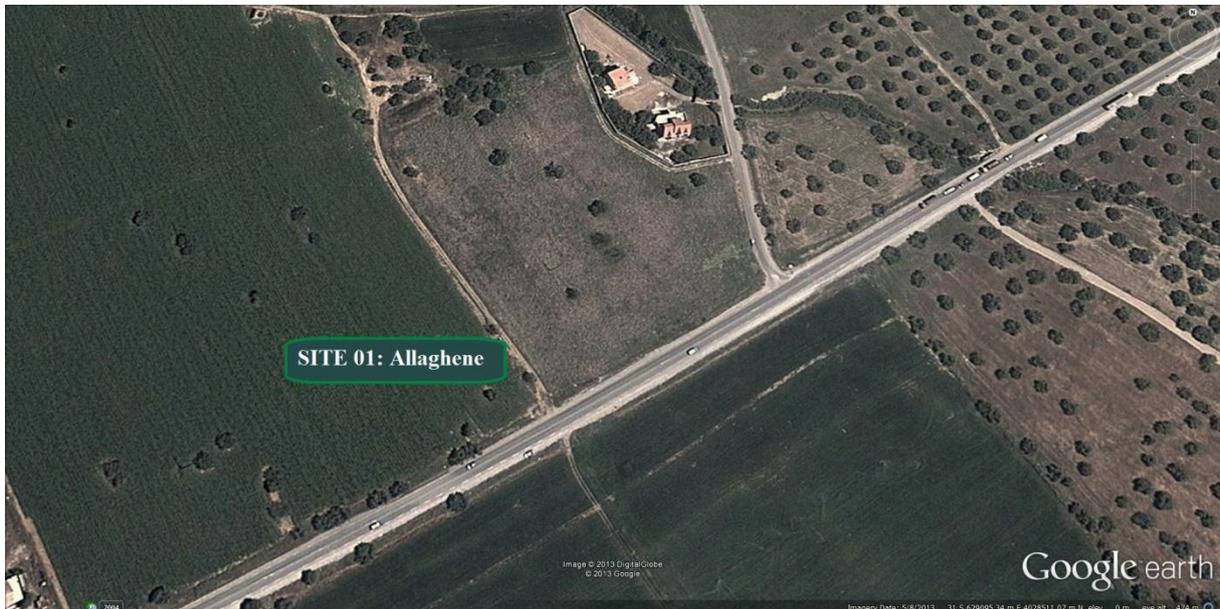


Photo n° 03: Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)
(Google Earth, 08/05/2013)

Deuxième site : Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

Coordonnées : X : 36°,48

Y : 4°,56

Z : 173m

Distance / Oued Soummam : 1580m

Nature : Ferme agricole

Dénivellation / Oued Soummam : 29m

Espèces dominantes : Olivier



Photo n° 04 : Site d'échantillonnage - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

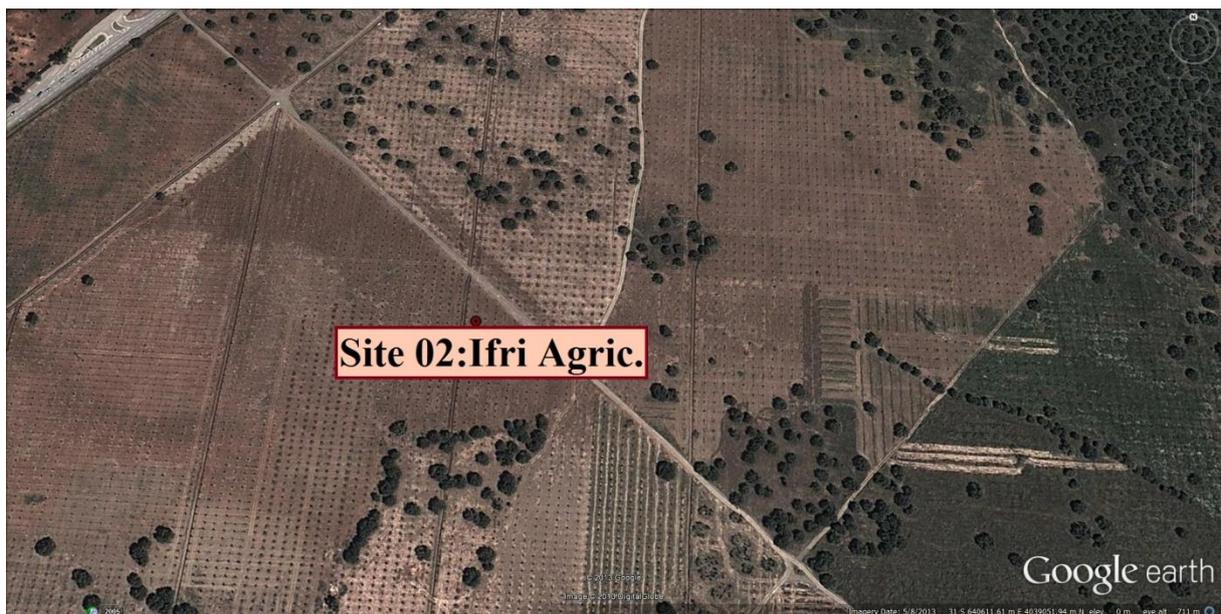


Photo n° 05 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)
(Google Earth, 08/05/2013)

Troisième site : Ferme Sahli et frères, Aghernouz

Coordonnées : X : 36°,58

Y : 4°,66

Z : 101 m

Distance / Oued Soummam : 280 m

Dénivellation / Oued Soummam : 2 m

Nature : Ferme agricole

Espèces dominantes : Luzerne

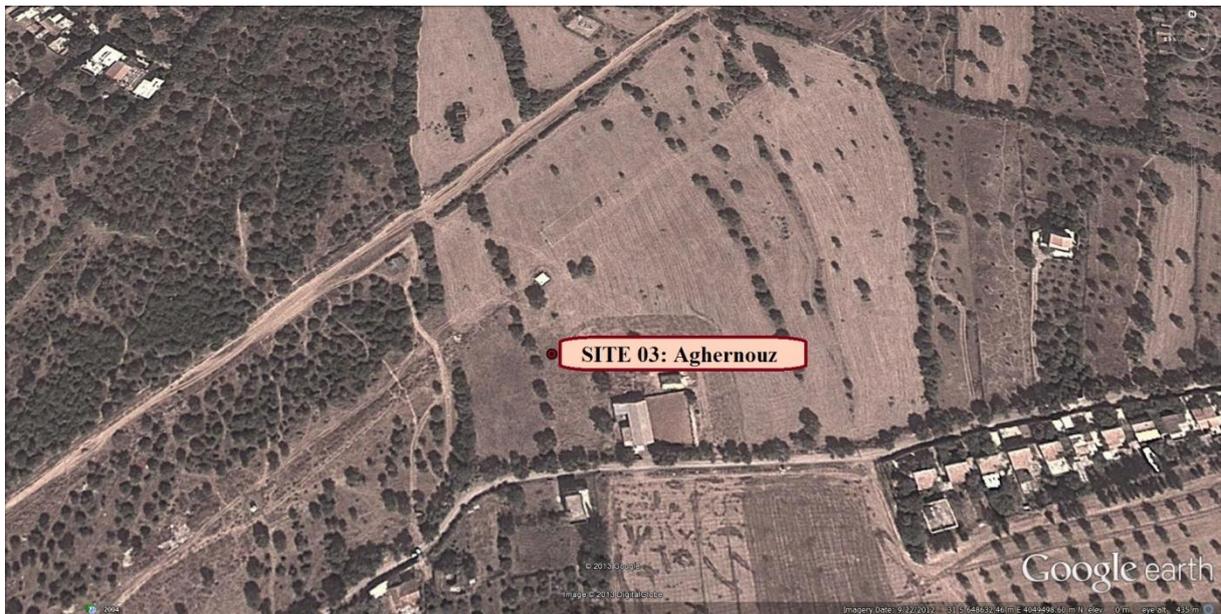


Photo n° 06 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Sahli et frères, Aghernouz
(Google Earth, 08/05/2013)



Photo n° 07: Site d'échantillonnage - Ferme Sahli et frères (AGHERNOUZ)

Quatrième site : Remila (Sidi-Aïch)

Coordonnées : X : 36°,64

Y : 4°,75

Z : 82 m

Distance / Oued Soummam : 1090 m

Dénivellation / Oued Soummam : 22 m

Nature : Ferme agricole

Espèces dominantes : Jachère

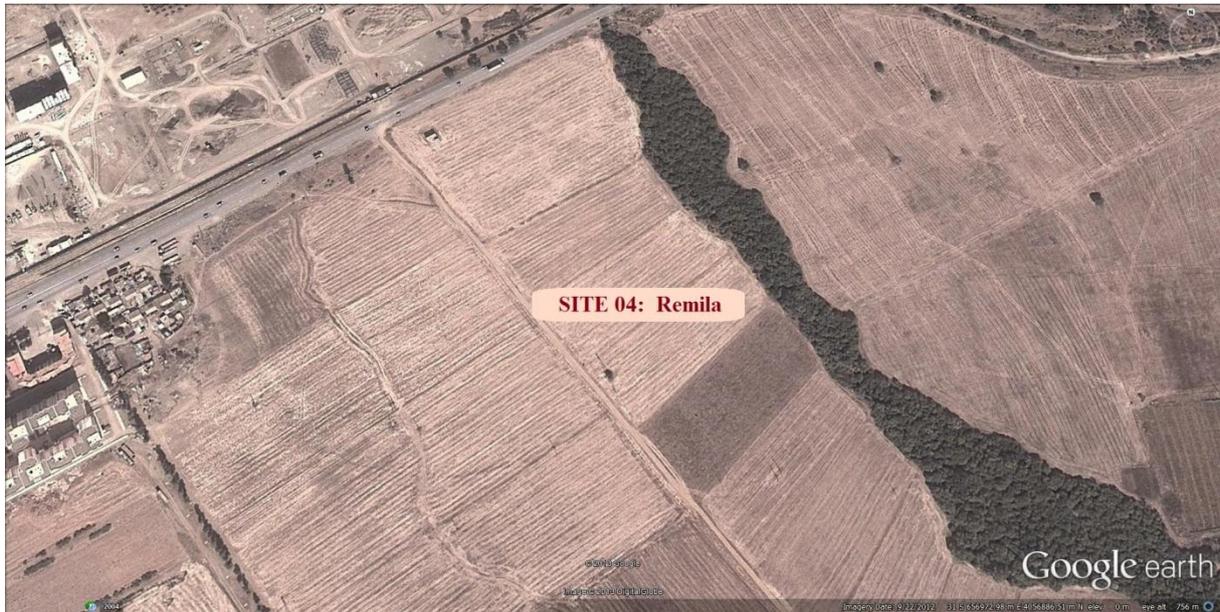


Photo n° 08 : Vue aérienne du quatrième site - Remila (SIDI-AICH)
(Google Earth 08/05/2013)



Photo n° 09 : Site d'échantillonnage - Remila (SIDI-AICH)

Cinquième site : Ferme Brahmi (Smaoun)

Coordonnées : X : 36°,38

Y : 4°,50

Z : 43 m

Distance / Oued Soummam : 790 m

Dénivellation / Oued Soummam : 04 m

Nature : Ferme agricole

Espèces dominantes : Vigne



Photo n° 10 : Vue aérienne du site d'échantillonnage - Ferme Brahmi (SMAOUN)

(Google Earth 08/05/2013)



Photo n° 11 : Site d'échantillonnage - Ferme Brahmi (SMAOUN)

CHAPITRE III

Prospection de la zone d'étude et méthodes d'analyse

3.1. PROSPECTION DE LA ZONE D'ETUDE

3.1.1. Identification de la zone d'étude

Une prospection préliminaire d'évaluation de la surface de la zone a été faite, afin d'identifier dans un premier temps les emplacements susceptibles de faire l'objet d'un échantillonnage. Etant donné la grande étendue de la région d'étude, qui s'étale sur une longueur avoisinant les 100 km, incluant des disparités multiples à différents niveaux : climatique, géomorphologique, topographique et couverture végétale, et afin de couvrir correctement l'ensemble de la zone d'étude, nous avons pris l'initiative de départager la région en 03 parties :

- Basse vallée de l'oued Sahel
- Haute Soummam
- Basse Soummam.

Le choix des sites pour la réalisation des fosses pédologiques a été conditionné par les paramètres suivants :

- Eviter les zones de bordure des exploitations agricoles ou les bordures de routes et chemins.
- Eviter les surfaces trop abruptes, fief de l'arboriculture de montagne et favoriser les surfaces agricoles planes.
- Favoriser les exploitations agricoles à grandes superficies.
- Veiller à choisir des terres agricoles variées (types de cultures) et représentative de la zone d'étude.

Le consentement des agriculteurs et des propriétaires des terres demeure une contrainte non négligeable lors de la réalisation de ce travail. L'on a essuyé le refus de certains d'eux par appréhension (ou méfiance). Le facteur climatique a constitué une sérieuse entrave à l'évolution du travail de terrain, notamment durant la réalisation des fosses pédologiques et l'échantillonnage.

3.1.2. Réalisation des fosses pédologiques

Les profils pédologiques réalisés dans chaque zone identifiée ont fait l'objet d'une description morphologique afin d'observer les différentes caractéristiques de ces sols (structure, texture, activité biologique, enracinement,...etc), pouvant nous donner des indications sur le comportement physique de ces sols en période de culture.

Nous avons procédé à cette étape en s'aidant essentiellement des ouvrages suivants :

- Guide pour la description des sols (**Baize et Jabiol, 1995**)
- Guide des analyses en pédologie (**Baize, 2000**)
- Guide simplifié pour la description des sols (**Delaunois, 2006**)

Matériel utilisé :

- GPS
- Pioches
- Bêches
- Pelles
- Double mètre
- Couteau pointu à lame épaisse
- Acide chlorhydrique (1/2)
- Code des couleurs « Munsel »

3.1.3. Description morphologique des profils *in situ*

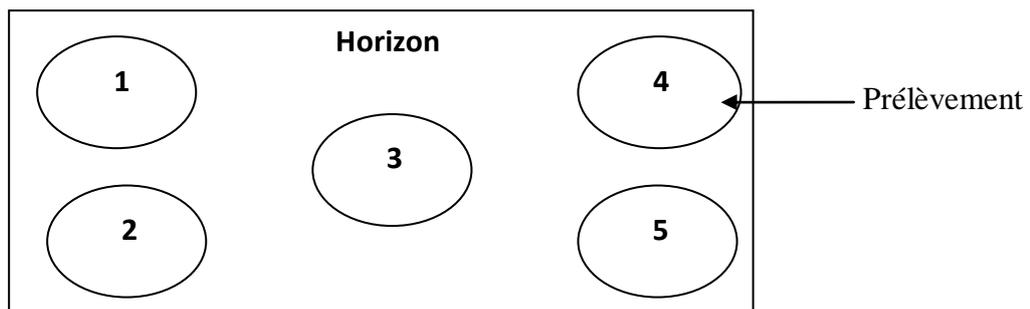
Une description exhaustive des différents profils a été effectuée sur le terrain en consignant une multitude de données sur une fiche descriptive comportant une quinzaine de descripteurs, on y trouve entre autres :

- Profondeur, couleur et humidité
- Structure, texture et éléments grossiers
- Activité biologique et matière organique
- Racines, réaction à HCL ...etc.

En outre, le devant de la fiche porte une description détaillée de la période de prélèvement ainsi que les données géographiques et géomorphologiques des sites étudiés.

3.1.4. L'échantillonnage

Un échantillon de sol d'environ 02 Kg a été prélevé sur chaque horizon constituant les cinq profils, chaque échantillon est constitué d'un mélange de cinq prélèvements sur un même horizon afin d'assurer sa représentativité (deux sur les cotés en haut et en bas et un au milieu) selon le schéma suivant :



Notons, qu'afin d'éviter tout mélange des terres des différents horizons, l'opération s'est faite d'une manière ascendante : de l'horizon le plus bas vers le plus haut.

3.2. METHODES D'ANALYSE

3.2.1. Préparation de la terre fine

Les échantillons de sols prélevés in-situ sont séchés à l'air puis passés au tamis ($\emptyset = 2$ mm), après avoir réduit les mottes sans briser ni émousser les graviers, la terre ainsi obtenue parait d'aspect plus homogène ($\emptyset < 2$ mm) est prête à l'utilisation dans les différentes analyses.

3.2.2. Les analyses chimiques

L'ensemble des analyses chimiques des sols étudiés a été réalisé au niveau du laboratoire « **FERTIAL** » de Annaba.

3.2.2.1. Acidité du sol (pH)

Le pH du sol ou l'acidité actuelle est une expression de la concentration en ions hydrogènes (H^+) d'un liquide surnageant dans un bêcher, après agitation d'une certaine quantité de sol dans de l'eau distillée, à une température de 25°, (**Hamouni et al, 2004**).

Elle est déterminée suivant la norme internationale de normalisation **ISO 10390** avec un rapport sol/eau de **1/2,5** (V/V).

3.2.2.2. Dosage du carbone organique (Méthode Anne)

Cette mesure a été effectuée par oxydation sulfochromique à chaud, selon la norme **NF ISO 14235**.

Le principe est basé sur l'oxydation de la matière organique d'un échantillon de terre préparé pour essai (norme NF ISO 11464) par une quantité en excès de bichromate de potassium en milieu sulfurique à température contrôlée.

La teneur en matières organiques est évaluée par l'application d'un coefficient multiplicatif (**1,72**) à la teneur en carbone ainsi obtenue.

3.2.2.3. Dosage de l'azote total (méthode de Kjeldahl)

Le principe de cette méthode est basé sur le fait que l'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal sous l'action de l'acide sulfurique concentré à l'ébullition, qui se comporte comme un oxydant et détruit les matières organiques. Pour accélérer cette transformation on utilise un catalyseur renfermant du sulfate de cuivre, de sulfate de potassium et de sélénium (ou dioxyde de titane),

Lorsque la matière organique est entièrement oxydée, la solution du sulfate d'ammonium obtenue est récupérée. On procède par la suite au dosage.

L'ammoniaque est déplacée de sa combinaison par la soude, distillée et recueillie dans une solution d'acide borique. On le titre avec une solution d'acide sulfurique de normalité connue.

3.2.2.4. Dosage du calcaire total

Le calcaire total exprime la teneur en carbonates de calcium (CaCO_3) dans le sol. Sa teneur dans le sol est déterminée par la méthode volumétrique conformément à la norme internationale de normalisation **NF ISO 10693 (Hamouni et al, 2004)**.

Le principe repose sur la calcimétrie volumétrique qui consiste en la mesure du volume de CO_2 dégagé, suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique (HCL) sur un poids connu d'échantillon.

3.2.5.5. Dosage du calcaire actif

La teneur du calcaire actif dans le sol est déterminée par dosage selon la norme **NF X 31-106**. **Le principe de la méthode** consiste en la mise en contact, dans des conditions définies, d'une prise d'échantillon avec un volume connu et un excès d'une solution d'oxalate d'ammonium titrée.

Lors de l'agitation le calcaire actif est précipité par l'oxalate d'ammonium. L'excès d'oxalate est ensuite titré par le permanganate de potassium.

3.2.2.6. La conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la concentration saline totale de la solution préparée (extrait de patte saturée, solution sol/eau = 1/5). Elle est déterminée selon la norme internationale **ISO 11265**.

Le principe repose sur la mesure conductimétrique du courant conduit par les ions présents dans une colonne de l'extrait aqueux délimitée par deux électrodes en platine maintenues parallèles.

3.2.2.7. Extraction des bases échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)

La détermination des cations par l'acétate d'ammonium selon la norme NF X 31-108. Le principe est le dosage du calcium par colorimétrie. L'extrait d'acétate d'ammonium est mélangé avec la 8-hydroxyquinoléine qui complexe le magnésium, puis dialysé. Le calcium est ensuite complexé avec la crésolphtaléine complexone en milieu alcalin. Le complexe est mesuré à 580 nm.

Dosage colorimétrique du magnésium : après dialyse, l'extrait est mélangé à une solution tampon et un réactif de coloration dont l'intensité est mesuré à 505 nm.

Le potassium et le sodium sont effectués par photométrie de flamme.

3.2.2.8. Dosage du phosphore assimilable (Méthode Olsen)

L'extraction du phosphore assimilable est réalisée suivant la norme **NF ISO 11263** : dosage dans une solution d'hydrogénocarbonate de sodium.

Le principe est basé sur l'extraction des formes de phosphore soluble par agitation de la prise d'essai dans une solution d'hydrogénocarbonate de sodium dans des conditions déterminées (solution à 0,5 mole/l à pH 8,5 ; durée d'agitation : 30 mn ; rapport prise d'essai/solution 1/20 m/V), de façon à réduire la concentration des ions calcium, aluminium et fer (Fe^{3+}) par

précipitation de carbonate de calcium et d'hydroxydes d'aluminium et de fer (Fe^{3+}), afin de libérer ainsi les ions phosphates dans la solution.

3.2.3. Les analyses physiques

3.2.3.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a pour objectif de classer les particules minérales du sol par catégories de diamètre afin de déterminer sa texture.

- Principe

Les différentes fractions sont individualisées en détruisant la matière organique qui stabilise les argiles et les limons fins par l'eau oxygénée. La terre est mise en suspension dans l'eau additionnée d'héxamétaphosphate de sodium dispersant puissant qui neutralise l'action floculante des colloïdes sous l'effet des ions minéraux et principalement le calcium. Les particules fines d'argile et de limon seront prélevées dans la colonne de sédimentation avec la pipette de Robinson. Les particules plus grossières (sables fins et sables grossiers) seront recueillies par siphonage, après avoir éliminé les particules fines en suspension.

- Mode opératoire

- Destruction de la matière organique par l'eau oxygénée.
- Mise en suspension par l'Héxamétaphosphate de sodium et l'ammoniac (agitation)
- Prélèvement par la pipette de Robinson des : « Argiles + Limons » puis « Argiles + Limons fins » et enfin des argiles, et détermination des « Limons fins ».
- Détermination des « Sables Fins et Grossiers » sur deux tamis superposés (0,2 mm et 0,05 mm)
- Détermination des « Limons grossiers ».

3.2.3.2. Test de stabilité structurale (Méthode de Henin)

- Principe

Pour mesurer l'état structural d'un sol, différentes méthodes ont été utilisées avec plus ou moins de succès. Pour ce test, nous avons choisi la méthode de Henin qui donne d'excellents résultats sur différents types de terre, quelles soient lourdes, légères ou organique. Le principe est basé sur l'évaluation des agrégats du sol à la résistance à l'éclatement sous l'impact de l'eau qui pénètre dans la porosité. Les agrégats du sol sont soumis à trois (03) prétraitements :

- Prétraitement à l'alcool (Utilisation de l'éthanol) : Permet d'atténuer l'effet destructeur de l'eau.
- Prétraitement au benzène : Met en évidence l'effet protecteur de la matière organique.
- Sans prétraitement : Met en évidence l'effet destructeur de l'eau.

- Mode opératoire

- Prendre 03 prises d'essais de terre fine ($\emptyset < 2\text{mm}$) de 10 g chacune à déposer au fond de 03 Béchers de 500 ml.
- Bêcher N°01 : sans humectation.
- Bêcher N°02 : humecter la terre par 10 ml d'alcool éthylique.
- Bêcher N°03 : humecter la terre par 10 ml de benzène.

Au bout de 05 minutes, on ajoute 300 ml d'eau distillée pour chacun des Béchers et on laisse au repos pendant 25 minutes.

- Après 25 minutes, on transvase le contenu de chacun des Béchers dans 03 Erlenmeyers de 750 ml, en s'aidant d'un jet de pissette dirigé de façon à ne pas détruire les agrégats.
- Agiter chacun des Erlenmeyers bouchés 30 fois par retournements successifs.
- Jeter le contenu sur un tamis de 200μ et tamiser sous eau à la main par retournement hélicoïdal (amplitude 120°) et plongée simultanée.

Chapitre III : Prospection de la zone d'étude et méthodes d'analyse

- Recueillir les agrégats restés sur le tamis dans une capsule en s'aidant d'un jet de pissette, ensuite mettre à l'étuve à 105° pour sécher.

- Ensuite, on prélève les (A+L) de chaque prétraitement, avec la pipette de Robinson, que l'on mettra dans des capsules pour sécher à 105°C. Comme pour les agrégats, on aura donc 3 mesures d'A+L :

- a) *Les A+L du prétraitement à l'alcool, que l'on notera (A+L)a.*
- b) *Les A+L du prétraitement au benzène, que l'on notera (A+L)b.*
- c) *Les A+L du témoin (sans prétraitement), que l'on notera (A+L)e.*

Cette technique permet de déterminer un facteur appelé Instabilité structurale, que l'on appelle aussi indice I_s , calculé par la formule suivante :

$$I_s = \frac{(A+L) \text{ max.}}{\frac{A_{ga}+A_{gb}+A_{ge}}{3} - 0,9 \text{ S.G.}}$$

Plus le taux d'A+L est élevé, plus I_s sera élevé et plus la structure sera instable.

Il existe une corrélation entre l'indice I_s est le test de perméabilité K de HENIN, selon la droite de régression suivante :

$$3 \log 10K + 2,5 \log 10I_s - 7,5 = 0$$

Plus I_s est grand, plus le sol est instable. Il évolue dans le sens contraire à l'indice de perméabilité K.

3.2.3.3. Test de perméabilité

- Principe

Pour ce test, la méthode de laboratoire de Henin nous a paru la plus indiquée. Elle se base sur le principe de l'infiltration de l'eau à travers un échantillon de sol à l'intérieur d'un tube de percolation, sous l'effet de la gravité. Cet échantillon de sol est mis dans des conditions de saturation pour que l'infiltration de l'eau obéisse à la loi de Stock qui régit la circulation de l'eau dans le sol en condition de saturation.

Elle s'effectue quand toute la porosité est saturée d'eau. L'eau s'écoule alors à la base du profil, on dit qu'elle est saturante. Il est alors possible de mesurer la quantité d'eau V (cm^3) qui passe au travers du sol pendant un certain temps donné (1 heure). Mais il faut s'arranger de façon à ce que le plan d'eau à la surface reste constant. Le rapport V/t permet de déduire une nouvelle grandeur caractéristique du sol notée K , appelée perméabilité, vitesse d'infiltration ou conductivité hydraulique.

K dépend des propriétés du sol et surtout de sa structure. Elle dépend également de la macroporosité, si celle-ci est nulle, l'écoulement de l'eau n'aura pas lieu. Cette mesure de K , évaluée au laboratoire, est exprimée en cm/h .

Mode opératoire

- Une fois le dispositif de filtration en place, préparer l'échantillon de terre.
- Peser 50grs de terre fine et les disposer en cinq prises de 10 grs chacune approximativement.
- Introduire dans la colonne, toujours dans un excès d'eau, une première prise d'échantillon de terre, rajouter de l'eau au besoin, puis une deuxième prise, jusqu'à épuisement des 5 prises.
- Mettre la colonne remplie de terre sous l'alimentation en eau pour avoir un niveau d'eau constant au dessus du dispositif, et laisser filtrer pendant 5 minutes. Jeter l'eau du filtrat récupérée durant ces 5 premières minutes.
- Reprendre l'infiltration dans les mêmes conditions durant 1 heure.

Chapitre III : Prospection de la zone d'étude et méthodes d'analyse

- Mesurer le volume d'eau qui s'est écoulé durant ce laps de temps en cm^3 (**V**).
- Mesurer avec un double décimètre la hauteur de l'échantillon de terre en cm (**h**) ;
- Mesurer avec un double décimètre la hauteur de la colonne d'eau en cm (**H**).
- Mesurer le rayon de la base de la colonne graduée en cm, calculer la surface de base en cm^2 (**s**)

Dés lors, connaissant toutes les variables de la loi Darcy, on peut déterminer la valeur de la perméabilité **k** en cm/h.

$$\text{Loi de Darcy : } Q = V/t = k.s.H/h$$

Q : débit (cm^3/h)

CHAPITRE IV

Résultats et interprétations

4.1. STATION D'ETUDE - FERME HAMIMI (ALLAGHENE)

4.1.1. Présentation des résultats

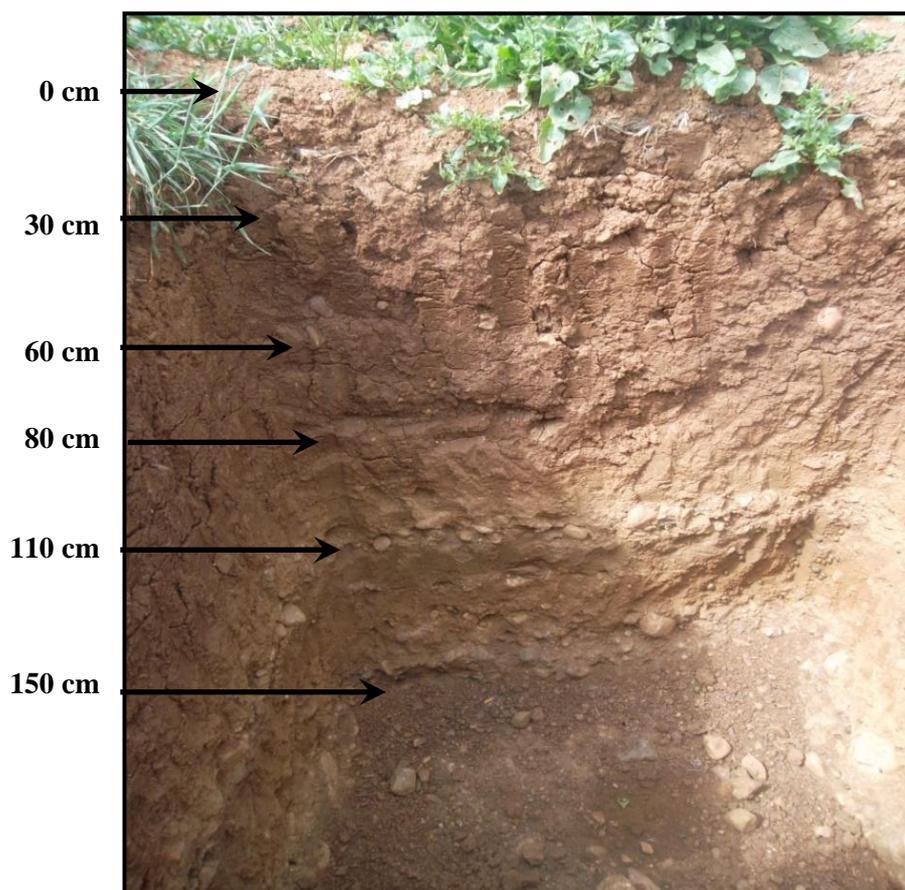


Photo n° 12 : Profil pédologique de la station *Ferme Hamimi (ALLAGHENE)*
(Dimension : 1,50m x 1,50m x 1,70m)

0-30 cm : Brun foncé, Humide, Limono-argileux, Structure polyédrique subangulaire, Racines moyennes, Présence de MO, Effervescence à HCl, Absence d'éléments grossiers, limite inférieure régulière.

30-60 cm : Marron foncé, moyennement Humide, Argileux, Structure polyédrique subangulaire, Racines moyennes abondantes, Moyennement riche en MO, effervescence à HCl, cailloux arrondis, limite inférieure régulière.

60-80 cm : Marron clair, Peu Humide, Argileux, Structure polyédrique subangulaire T. développée, Racines fines abondantes, Moyennement riche en MO, faible effervescence à HCl, cailloux moyens, limite inférieure régulière.

80-110 cm : Brun jaune, Sec, Argilo-sableux, Structure polyédrique subanguleuse, absence de racines, Absence de MO, effervescence à HCl, Absence d'éléments grossiers, limite inférieure régulière.

110-150 cm : Brun, Sec, Argilo-sableux, absence de racines, Absence de MO, effervescence à HCl, Deux bandes de galets et de cailloux arrondis, limite inférieure régulière

> 150 cm : Marron jaunâtre, Sec, Argilo-sableux, Absence de racines, absence de MO, Effervescence à HCl, Présence de galets, Limite inférieure non atteinte

Résultats analytiques du profil n°1 - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° X : Analyses physico-chimiques du profil n° 01 - Ferme Hamimi (ALLAGHENE)

Analyse Physique								Analyse physico-chimique												
Profondeur	Granulométrie					Stabilité structurale I _s	Perméabilité K cm/h	Matière organique				Phosphore ppm P	Bases échangeables (meq/100g)				pH	calcaire		Conductivité Electrique CE ms/cm
	A%	L%	S%	SG%	SF%			MO%	C%	C/N	N %		K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺		pH _{eau}	total	
Horizons																				
0-30 cm	40	28	32	5,7	26,3	4,62	5,1	1,31	0,76	5,06	0,15	20,2	1,23	0,80	3,40	39,86	8,58	4,58	00	24,80
30-60 cm	52	16	32	6,6	25,4	2,89	7,5	0,83	0,48	4,36	0,11	7,60	0,54	1,08	3,56	43,23	8,57	2,02	00	32,20
60-80 cm	48	20	32	9,4	22,6	2,6	6,8	0,98	0,57	5,7	0,10	5,40	0,40	1,33	3,15	41,02	8,56	00	00	26,50
80-110cm	40	16	44	17,7	26,3	3,43	6,1	0,54	0,31	5,17	0,06	5,20	0,27	1,05	2,47	43,43	8,70	3,82	00	27,70
110-150 cm	24	04	72	34,2	37,8	2,42	18,1	0,12	0,07	2,33	0,03	8,00	0,17	0,77	1,75	30,48	8,78	7,32	00	19,88
150 cm et plus	24	08	68	20,5	47,5	1,8	16,9	0,09	0,05	1,25	0,04	8,60	0,19	0,84	1,83	30,82	8,68	4,64	00	22,40

4-1-2-Granulométrie

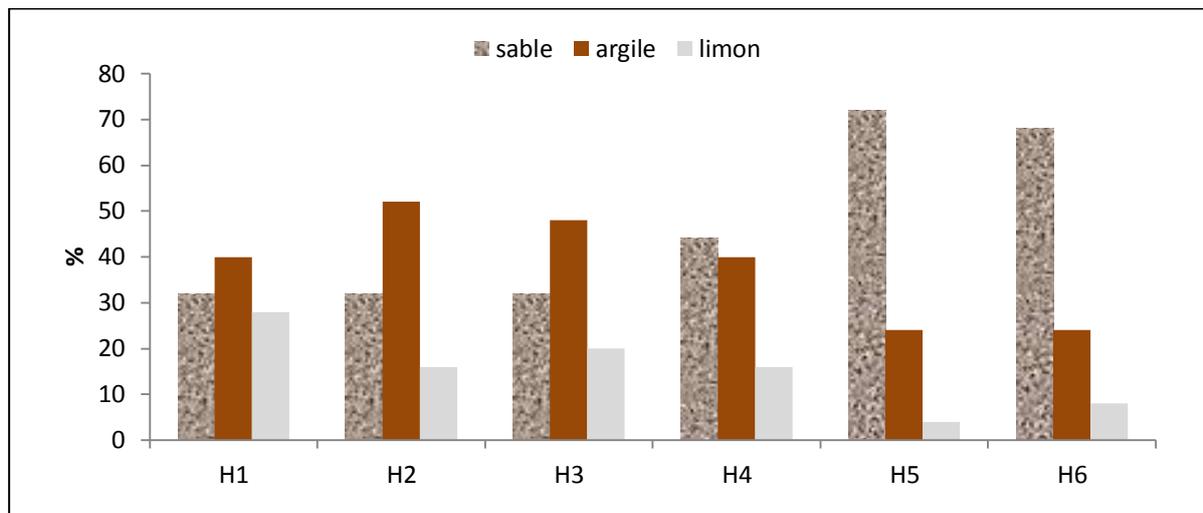


Figure n° 15 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station d'Allaghene

L'analyse granulométrique des différents horizons montre la prédominance de la fraction argileuse au niveau des trois premiers, son taux oscille entre 40% et 52%, ce dernier est enregistré pour l'horizon 2 ; le taux de la fraction sableuse reste constant dans ces mêmes horizons avec 32%, quant à celui de la fraction limoneuse, il varie entre 16% et 28%.

A partir du quatrième horizon jusqu'au sixième, on note la dominance de la fraction sableuse avec des taux variant entre 44% et 72%, cette dernière valeur est enregistrée au niveau du cinquième horizon. Le taux de la fraction argileuse diminue pour atteindre à 24% en profondeur. Le taux de la fraction limoneuse, varie entre 04% et 16%, la valeur la plus faible est enregistrée au niveau du cinquième horizon.

Les horizons 2 et 3 constituent des horizons d'accumulation des argiles

La texture est argileuse au niveau des horizons 2 et 3, elle est à la limite argileuse et limono-argileuse au niveau des horizons 1 et 4 ; la texture argilo-sableuse caractérise les horizons 5 et 6.

4-1-3- Stabilité structurale

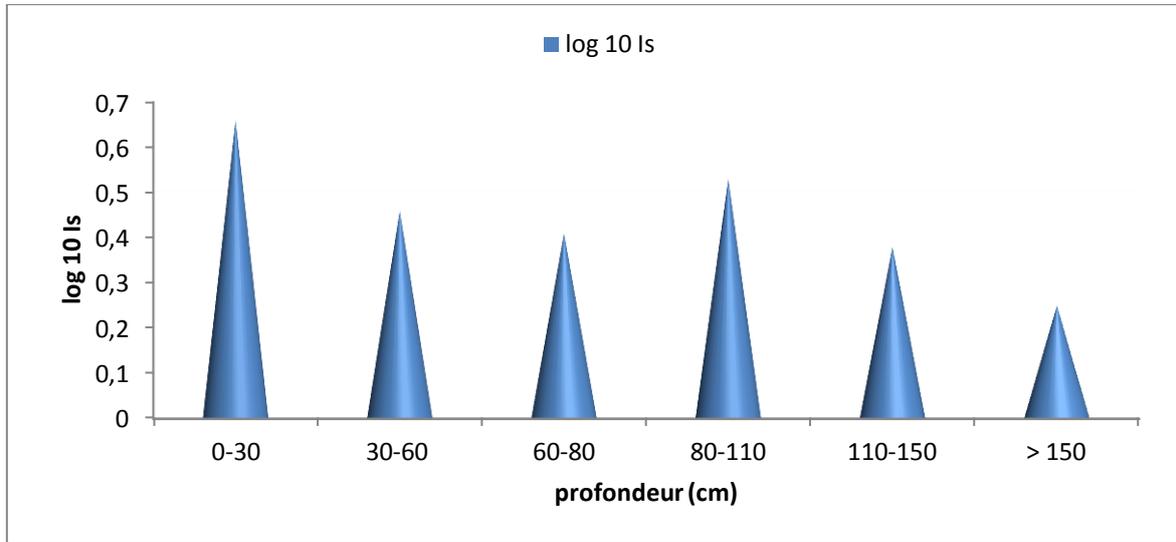


Figure n° 16: Evolution de l'indice d'instabilité structurale (**Is**) en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

Les valeurs de $\log_{10} Is$ sont comprises entre 0,25 et 0,66, elles suivent une trajectoire descendante en fonction de la profondeur à l'exception de l'horizon 4. Ces valeurs sont inférieures à 1 dans tout le profil, de ce fait, le sol est très stable.

4-1-4- Perméabilité

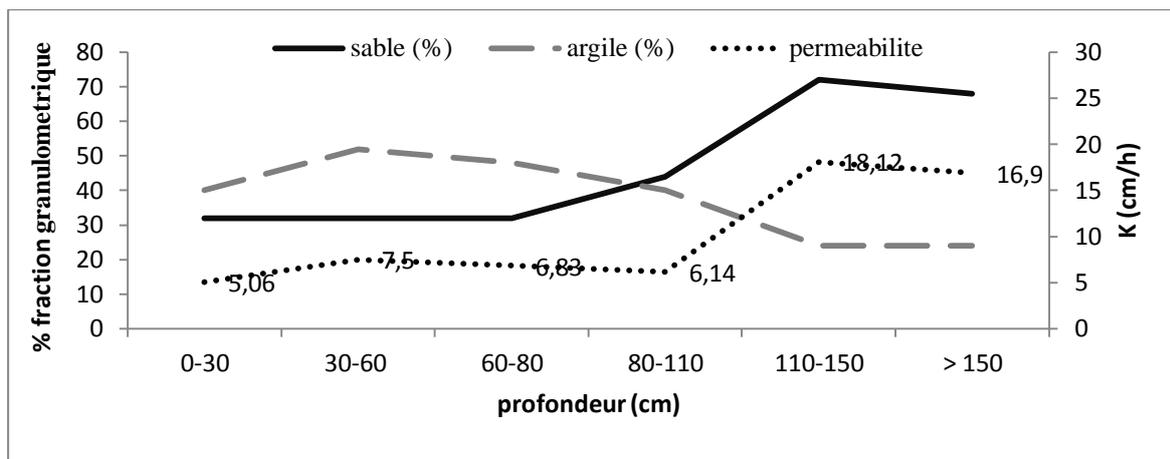


Figure n° 17: Variation des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

La valeur de K (cm/h) est, en général, stable au niveau des quatre premiers horizons, elle augmente à l'horizon 5 avec une valeur maximale de 18,12 cm/h, puis diminue légèrement à l'horizon de profondeur. Ces valeurs augmentent avec les sables et diminuent avec les argiles.

La vitesse de filtration est moyenne aux horizons 1 et 4, assez rapide aux horizons 2 et 3 et rapide aux horizons de profondeur 5 et 6.

4-1-5- Matière organique

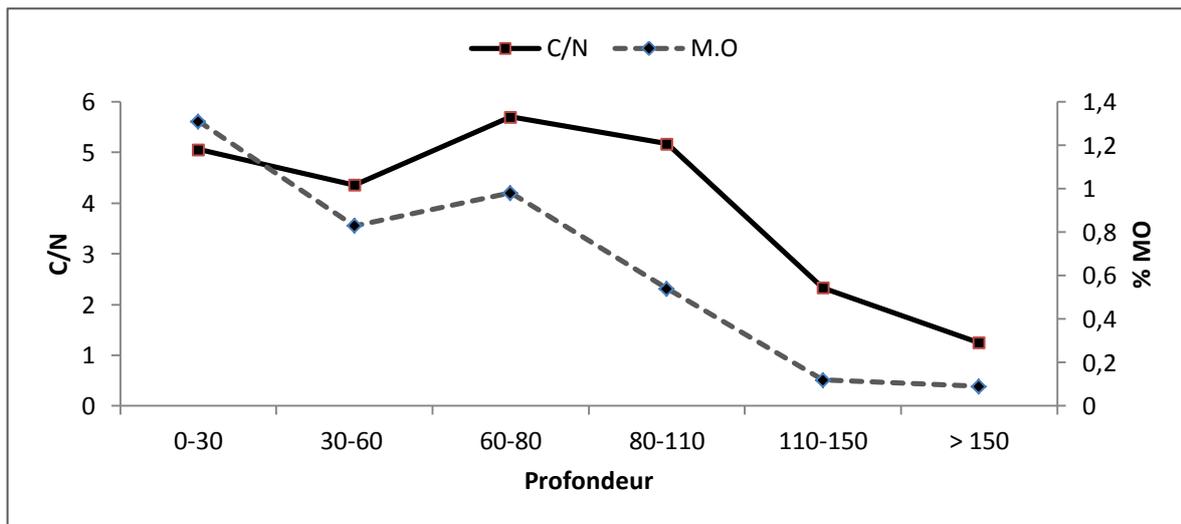


Figure n° 18 : Variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Allaghene

La courbe du taux de la matière organique prend une allure descendante suivant la profondeur. Il est de 1,31% à l'horizon de surface, autour de 1% aux horizons 2 et 3 puis diminue de moitié à l'horizon 4, et connaît des valeurs très faibles aux horizons 5 et 6.

Le sol est peu organique en surface et s'appauvrit en profondeur.

La valeur de C/N gravite autour de 5 dans les quatre premiers horizons et diminue dans les horizons de profondeur pour atteindre 1,25 à l'horizon 6. Ces valeurs sont très faibles et caractérisent les sols à décomposition rapide de la matière organique.

4.1.6. Les paramètres physico-chimiques

4.1.6.1. Le pH

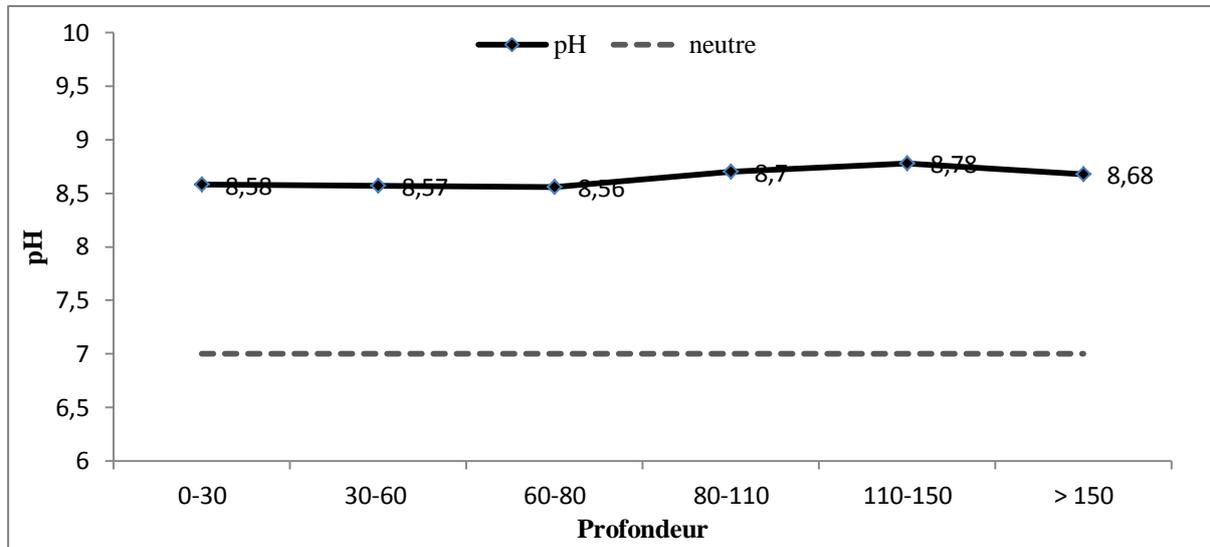


Figure n° 19 : Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station d'Allaghene

Le pH du profil étudié montre une variation minime en fonction de la profondeur, il oscille entre 8,56 et 8,78.

Tous les horizons présentent des pH basiques.

4.1.6.2. Le Calcaire

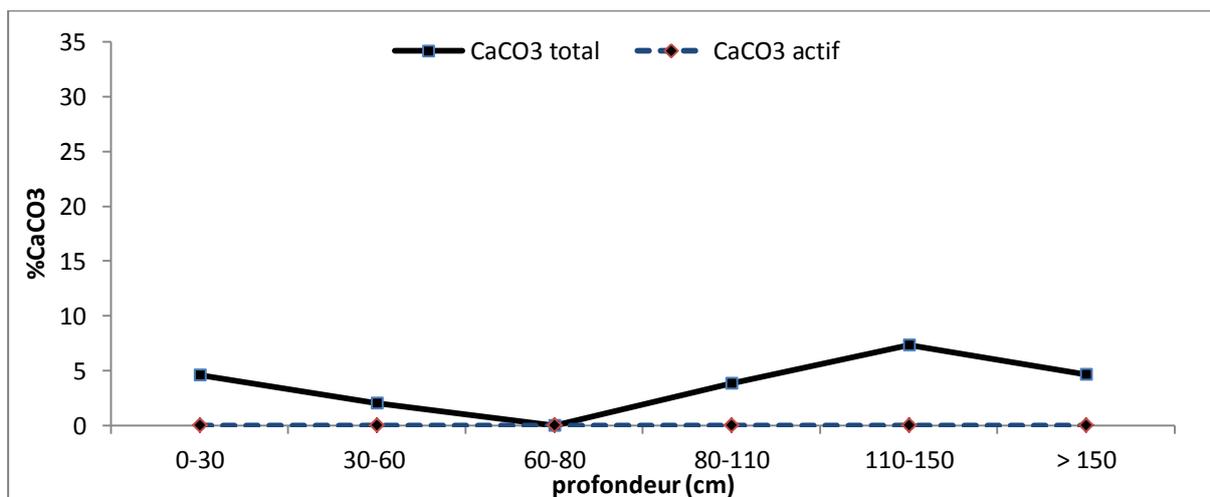


Figure n° 20 : Variation des calcaires total et actif en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Allaghene

Le taux de calcaire total diminue de l'horizon 1(4,58%) pour devenir nul au niveau de l'horizon 3, il augmente ensuite et enregistre 7,32% pour l'horizon 5 puis diminue légèrement au niveau de l'horizon 6.

Les horizons 1, 2, 4 et 6 sont peu calcaires, l'horizon 3 est non calcaire, l'horizon 5 est moyennement calcaire.

Concernant le calcaire actif, son taux est nul tout le long du profil, il s'agit d'un sol non chlorosant.

4.1.6.3. La Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues dans les différents horizons démontrent qu'ils sont tous non salés.

4.1.6.4. Les bases échangeables

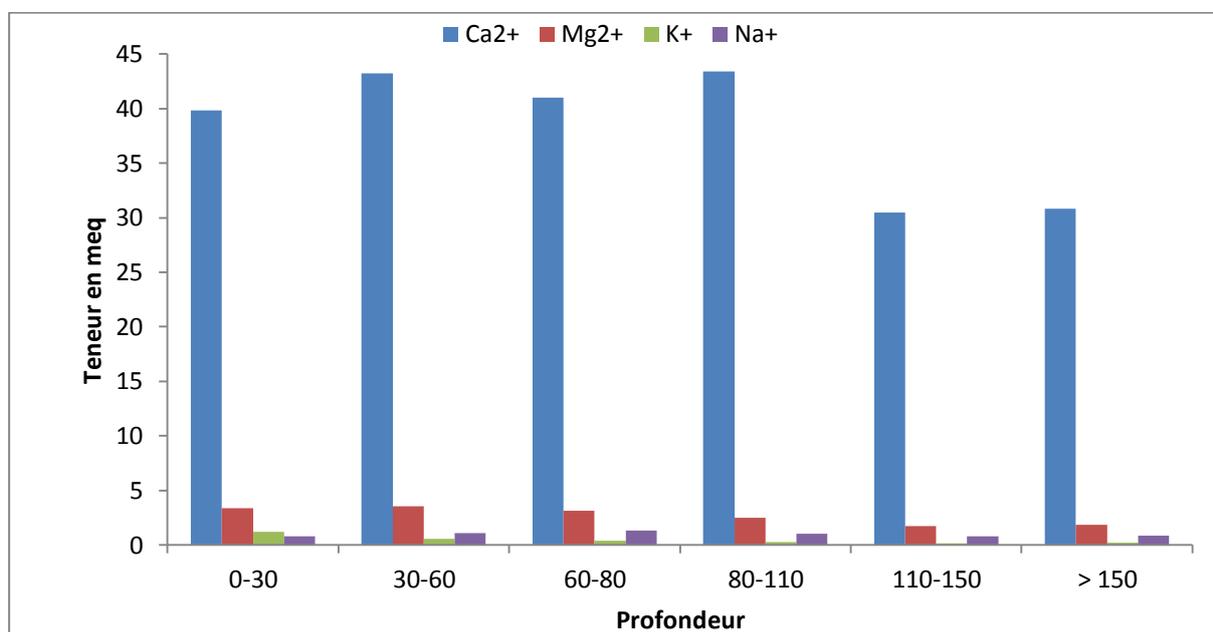


Figure n° 21: Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Allaghene

- **Calcium (Ca^{2+})**

L'horizon 4 présente la teneur la plus élevée de Ca^{2+} avec une valeur de 43,43 meq/100g. L'horizon 1 est bien pourvu mais, demeure d'une teneur inférieure aux horizons 2,3 et 4. L'horizon 5 enregistre la valeur la plus faible avec 30,48 meq/100g.

Le calcium échangeable présente des teneurs très élevées sur l'étendu du profil étudié.

- **Magnésium (Mg^{2+})**

La teneur en magnésium au niveau de ce profil connaît ses valeurs les plus élevées au niveau des horizons de surface 1 et 2, la valeur de 3,56 meq/100 g est enregistrée pour l'horizon 2, elle diminue en profondeur pour atteindre sa valeur minimale au niveau de l'horizon 5 avec 1,75meq/100 g.

Les teneurs en magnésium échangeable sont très élevées au niveau de tous les horizons composant le profil étudié.

- **Potassium (K^+)**

La teneur en K^+ diminue de la surface en profondeur, l'horizon 1 présente la valeur la plus élevée avec 1,23 meq/100 g, suit avec un écart important, l'horizon 2 (0,54 meq/100 g) et enregistre sa valeur minimale pour l'horizon 5 avec 0,17 meq/100 g.

L'horizon 1 enregistre une teneur en K^+ très élevée, l'horizon 2 présente une teneur élevée, les horizons 3 et 4 sont moyens, et les horizons 5 et 6 sont faiblement pourvus.

Cette différence est probablement due aux amendements en matière de Potassium apportés en surface.

- **Sodium (Na^+)**

La teneur en Na^+ augmente à partir de l'horizon de surface et enregistre une valeur maximale de 1,33 meq/100 g au niveau de l'horizon 3, puis diminue progressivement et présente les valeurs les plus faibles au niveau des horizons de profondeur.

Tous les horizons présentent des teneurs faibles en sodium, à l'exception de l'horizon 3 qui enregistre une teneur normale.

4.1.6.5. Phosphore et Azote

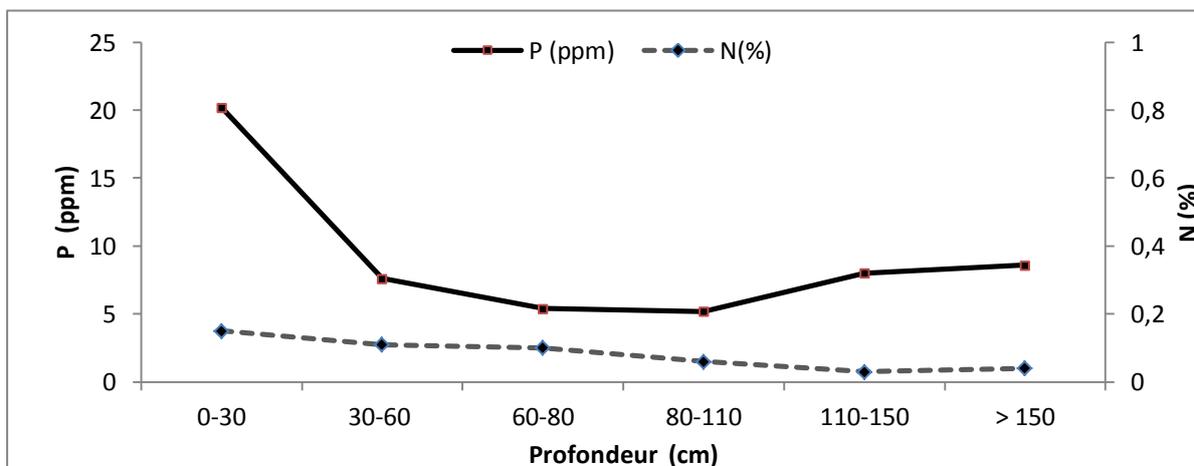


Figure n° 22 : Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Allaghene

- *Phosphore*

La teneur en phosphore est maximale à l'horizon de surface avec une valeur de 20,2 ppm puis diminue à partir de l'horizon 2 passant à 7,6 ppm, elle se stabilise autour de 5 ppm au niveau des horizons 3 et 4, puis enregistre une légère augmentation au niveau des horizons de profondeur.

L'horizon de surface est moyennement pourvu en phosphore ; à partir de l'Horizon 2, le sol s'appauvrit.

Cette disparité est due, probablement, aux apports de Phosphore en surface pour les besoins de l'agriculture.

- *Azote*

La teneur en azote diminue avec la profondeur, l'horizon 1 enregistre la valeur maximale de 0,15%, les valeurs minimales sont enregistrées au niveau des horizons de profondeur.

Ces valeurs suivent la même allure que celles de la matière organique.

Le niveau d'azote des horizons 1, 2 et 3 est bon, l'horizon 4 est moyen, et les horizons 5 et 6 sont pauvres.

4.1.7. Conclusion :

Les caractéristiques du sol de cette station peuvent être résumées comme suit :

- La texture est argileuse en surface, les argiles s'accumulent aux horizons 2 et 3 (30 à 80 cm), elle devient équilibrée en profondeur ou dominant les sables à partir de 80 cm de profondeur. La présence de deux bandes parallèles de galets pourrait signifier la présence du lit d'Oued Soummam à cet endroit.
- Cette configuration confère au sol une structure très stable et une perméabilité moyenne en surface, qui augmente dans les horizons de profondeurs.
- Le sol est peu organique en surface et s'appauvrit en profondeur. Il est, néanmoins, caractérisé par une décomposition rapide de la matière organique due à une bonne activité biologique.
- Le sol est très riche en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} dans tout le profil, mais aussi en K^{+} en surface et faiblement pourvu en Phosphore. Il présente de bonnes teneurs en Azote en surface.
- Le sol est alcalin, cela est dû à l'action des cations basiques.
- Le sol est non salé, cela est dû à la présence en faibles teneurs de Na.

Ce profil présente une accumulation des argiles et des cations entre 30 cm et 80 cm. Il s'agit d'un sol d'apport alluvial brunifié.

4.2. STATION D'ETUDE - *IFRI AGRICULTURE (IGHZER AMOKRANE)*

4.2.1. Présentation des résultats

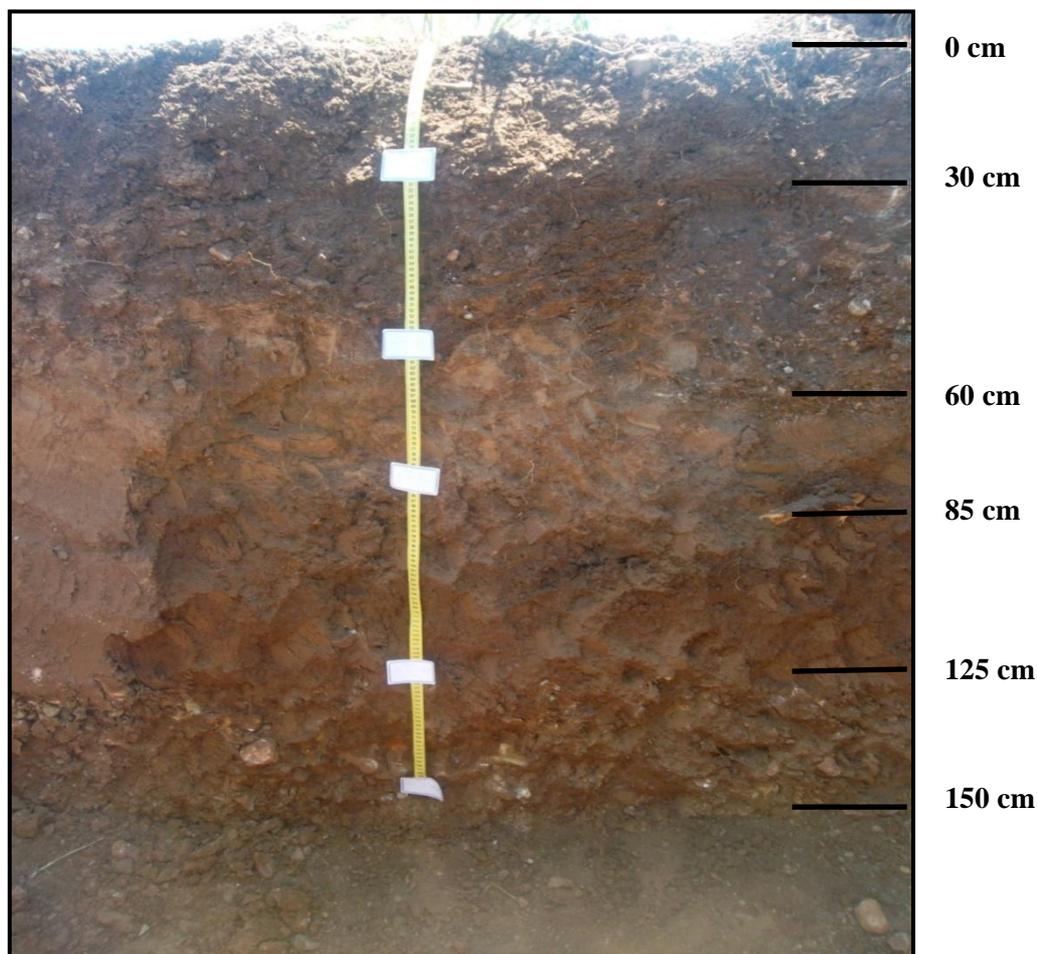


Photo n° 13 : Profil pédologique de la station *Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)*
(Dimension : 1,50m x 1,50m x 1,70m)

0-30 cm : Marron foncé, Humide, Limono-argileux, Str grumeleuse, Racines fines abondantes, Présence de MO, Effervescence à HCl, Cailloux grossiers, limite inférieure régulière

30-60 cm : Brun foncé, Humide, Limono-argilo-sableux, Str grumeleuse à polyédrique, Racines fines abondantes, Présence de MO, Effervescence à HCl, cailloux arrondis, Limite inférieure irrégulière.

60-85 cm : marron clair, Peu humide, Limono-sableux, Str polyédrique subang peu développée, Racines fines abondantes, Absence de MO, Effervescence à HCl, limite inférieure régulière

85-125 cm : Brun rougeâtre, Moyennement humide, limono-argileux, Str polyédrique subang peu développée, Racines fines peu abondantes, Absence de MO, faible effervescence à HCl, cailloux angulaires, Limite inférieure irrégulière ;

125-150 cm : Marron foncé, Moyennement humide, argileux, , Str polyédrique subang peu développée, Absence de MO, Effervescence à HCl, Limite inférieure non atteinte.

Résultats analytiques du profil n° 02 - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° XI : Analyses physico-chimiques du profil n° 02 - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

Analyse Physique								Analyse physico-chimique												
Profondeur	Granulométrie					Stabilité structurale	Perméabilité	Matière organique				Phosphore ppm	Bases échangeables (meq/100g)				pH	calcaire		Conductivité Electrique
	Horizons	A%	L%	S%	SG%			SF%	I _s	K cm/h	MO%		C%	C/N	N %	P		K ⁺	Na ⁺	
0-30 cm	32	24	44	17,2	26,8	3,13	9,78	1,57	0,91	6,5	0,14	15,0	0,90	0,63	2,77	36,38	8,49	3,75	00	24,80
30-60 cm	28	20	52	17,1	34,9	2,43	11,2	1,04	0,6	5,46	0,11	9,00	0,49	0,91	2,23	36,22	8,73	4,77	1,61	14,63
60-85 cm	16	20	64	9,2	54,8	1,72	13,3	0,37	0,22	4,4	0,05	7,40	0,19	1,17	1,50	30,80	9,07	10,66	1,61	16,39
80-125cm	40	24	36	15,4	20,6	3,86	7,72	1,11	0,65	6,5	0,10	5,40	0,48	1,82	2,52	40,03	8,76	0,80	00	21,10
125-150 cm	44	12	44	9,2	34,8	2,46	6,39	0,40	0,23	3,29	0,07	7,00	0,30	1,31	2,30	30,85	8,77	1,47	00	19,81

4.2.2. Granulométrie

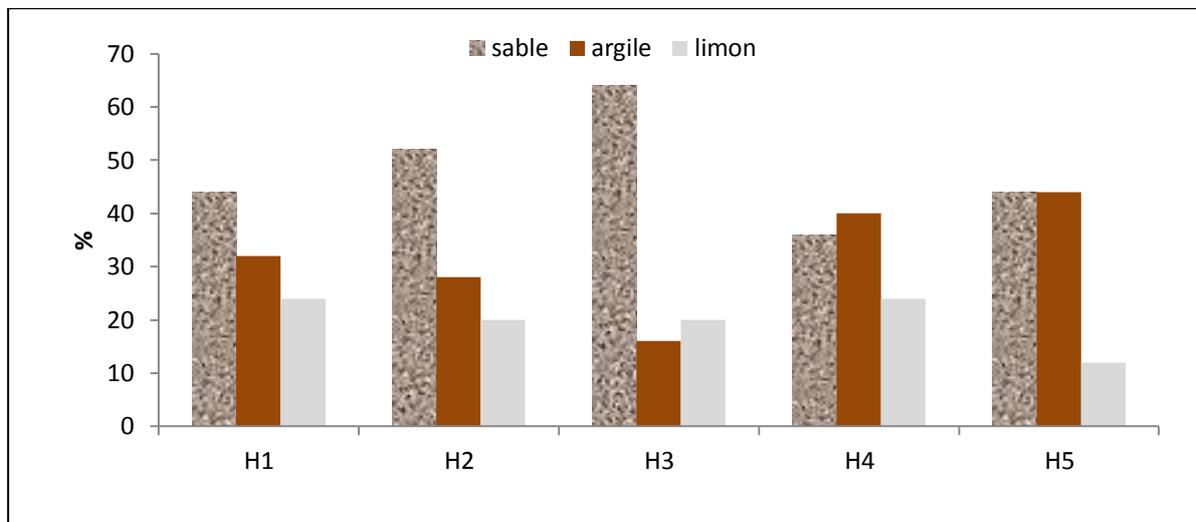


Figure n° 23 : Variation des taux des fractions granulométriques par horizon pour la station d’Ifri Agriculture

L’analyse granulométrique fait apparaître la prédominance de la fraction sableuse, pratiquement, au niveau de tout le profil, son taux augmente de 44% du premier horizon pour atteindre son maximum de 64% au troisième horizon, puis diminue en profondeur.

Le taux de la fraction argileuse diminue suivant la profondeur jusqu’au troisième horizon (16%), il présente une nette augmentation, aux environs de 40% en profondeur.

La fraction limoneuse est plus ou moins stable, elle varie entre 20% et 24% dans les quatre premiers horizons, puis elle diminue de moitié au niveau du dernier horizon.

La texture est limono-argileuse au niveau des horizons 1 et 4, limono-argilo-sableuse au niveau de l’horizon 2, l’horizon 3 est caractérisé par une texture limono-sableuse et devient argileuse dans le dernier horizon.

4.2.3. Stabilité structurale

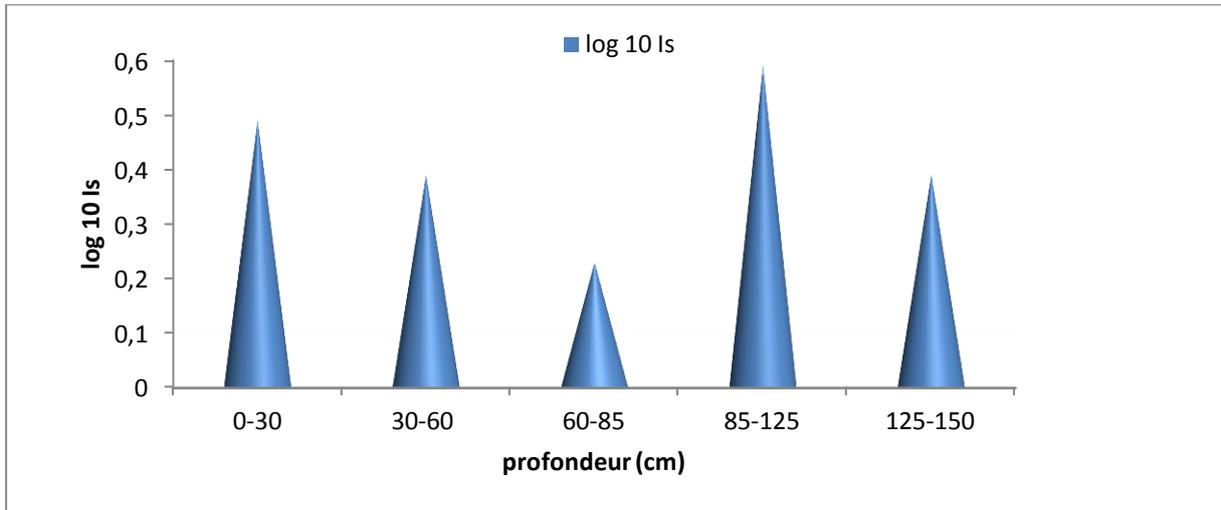


Figure n° 24 : Evolution de l'indice de stabilité structurale en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

Toutes les valeurs de log10 Is sont inférieures à 1, elles oscillent entre 0,23 et 0,59 ; la plus grande valeur est liée aux taux d'argiles et de limons qui sont les plus importants au niveau de l'horizon 4.

Le profil présente une structure très stable.

4.2.4. Perméabilité

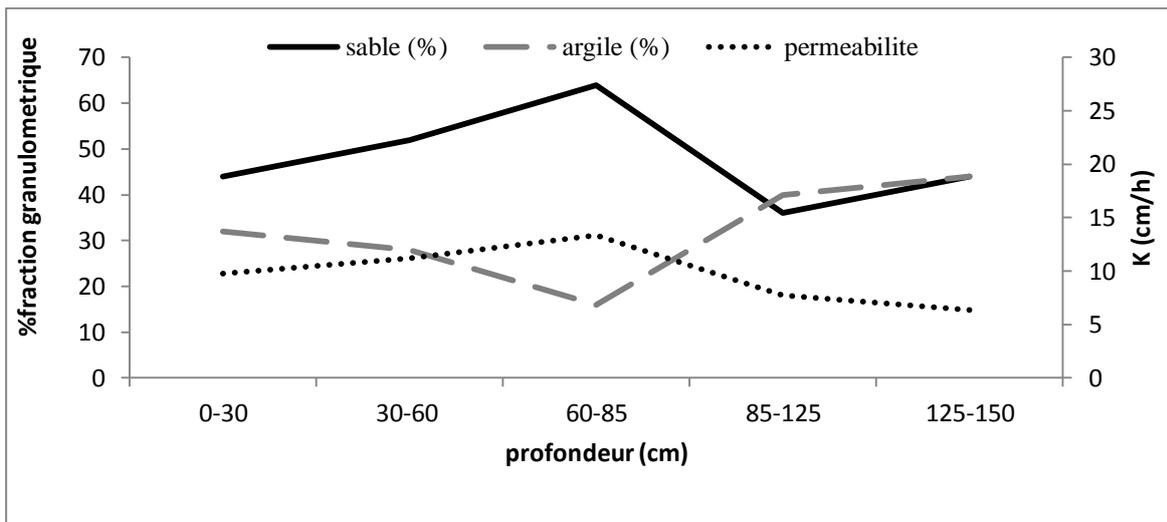


Figure n° 25 : Variation des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

La courbe des valeurs de K (cm/h) connaît deux allures selon la profondeur, une phase ascendante de l'horizon 1 avec 9,78 cm/h à l'horizon 3 avec la plus grande valeur 13,33 cm/h, puis une phase descendante jusqu'à l'horizon de profondeur, avec 6,39 cm/h.

La texture joue un rôle prépondérant dans la vitesse de filtration, elle augmente avec les taux élevés de la fraction sableuse et diminue avec les taux élevés des fractions argileuse et limoneuse. L'horizon 5 a une vitesse de filtration moyenne, les horizons 1,2 et 4 ont une vitesse de filtration assez rapide, quant à l'horizon 3, sa vitesse de filtration est rapide.

4.2.5. Matière organique

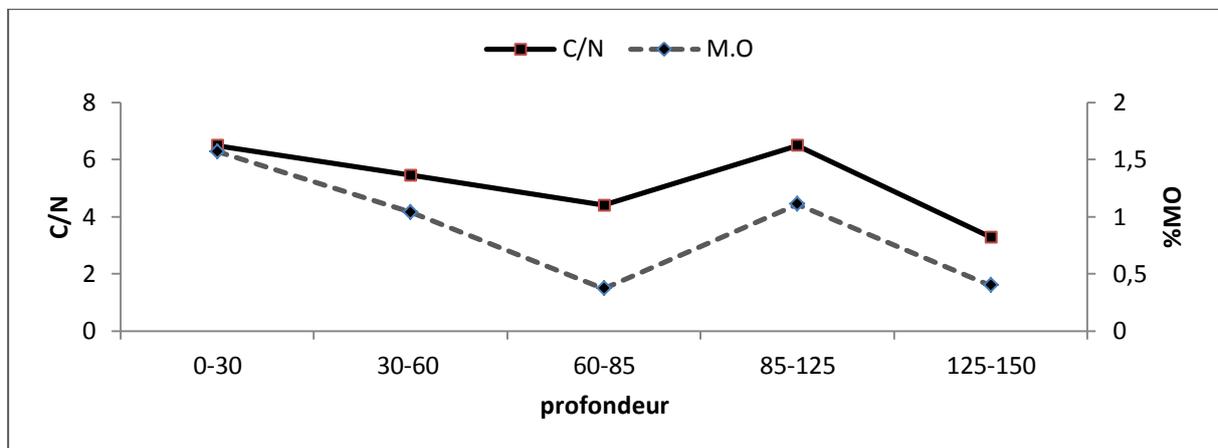


Figure n° 26 : Variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture

La valeur la plus élevée de matière organique est enregistrée à l'horizon de surface avec un taux de 1,57%, elle diminue jusqu'à l'horizon 3 avec 0,37%. L'horizon 4 se distingue par un taux de 1,11%, plus élevé que celui des horizons 2 et 3.

le sol est peu organique aux horizons 1,2 et 4 et non organique aux horizons 3 et 5.

L'allure de la courbe du rapport C/N suit celle du taux de la matière organique, toutes les valeurs sont inférieures à 7, ce sont des valeurs faibles à très faibles, arguant d'un sol à décomposition rapide de la matière organique.

4.2.6. Les paramètres physico-chimiques

4.2.6.1. Le pH

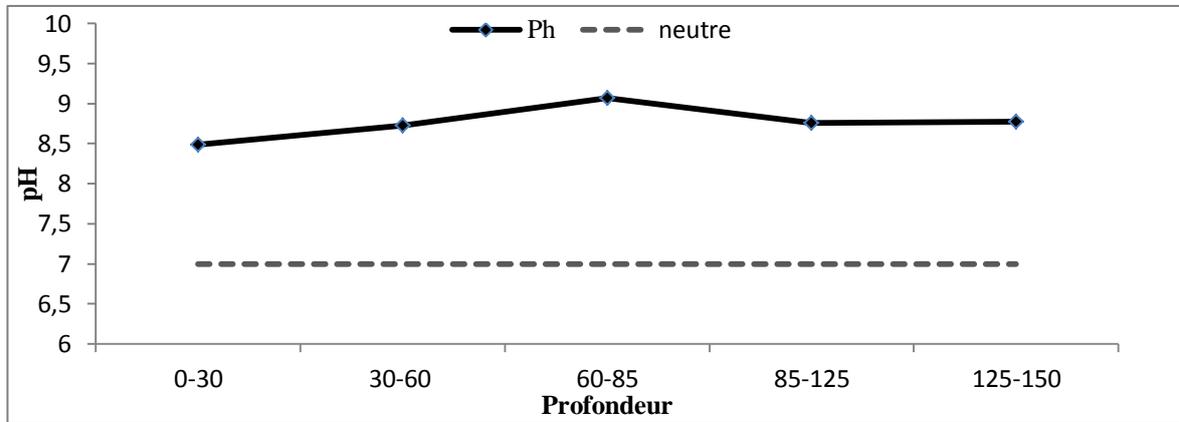


Figure n° 27: Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station Ifri Agriculture

Ce profil se distingue par une valeur maximale de $\text{pH} = 9,07$ au niveau de l'horizon 3, les horizons 2,4 et 5 présentent des valeurs gravitant autour de 8,7 et l'horizon de surface enregistre la plus faible valeur, $\text{pH} = 8,49$.

Le taux de calcaire le plus élevé au niveau de l'horizon 3 a fait augmenter son pH. L'horizon 1 est le seul à présenter un pH basique, les autres horizons ont des $\text{pH} > 8,7$, ils sont très basiques.

4.2.6.2. Le calcaire

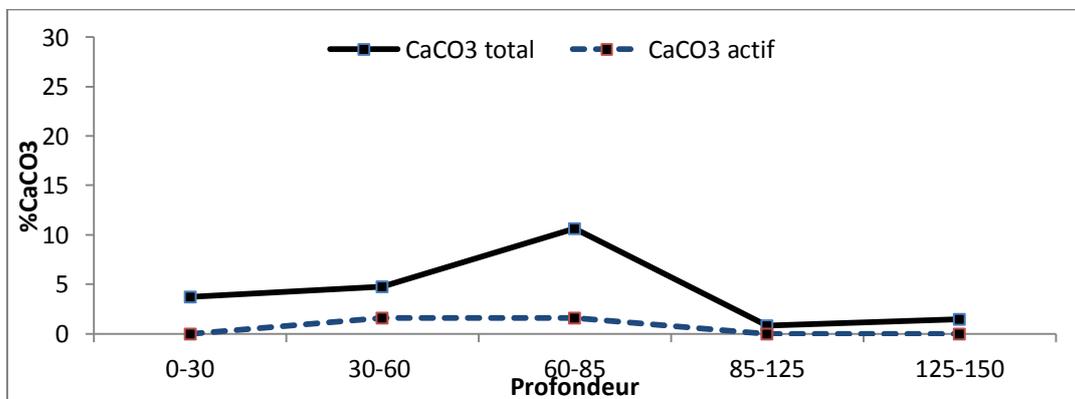


Figure n° 28 : Variation du taux des calcaires total et actif en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Ifri Agriculture

Au niveau de ce profil, le taux de calcaire total augmente de l'horizon de surface (3,75%) à l'horizon 3 (10,66%), puis diminue pour se stabiliser autour de 1% au niveau des deux derniers horizons.

A l'exception de l'horizon 3 qui est moyennement calcaire, les autres horizons sont peu calcaires.

Les valeurs du calcaire actif enregistrent un taux de 1,61% au niveau des horizons 2 et 3, ils sont peu chlorosants. Les autres horizons présentent des valeurs nulles, ils sont non chlorosants.

4.2.6.3. La conductivité électrique

Les valeurs connaissent des fluctuations à travers les horizons de ce profil, mais demeurent faibles. Tous les horizons sont non salés.

4.2.6.4. Les bases échangeables

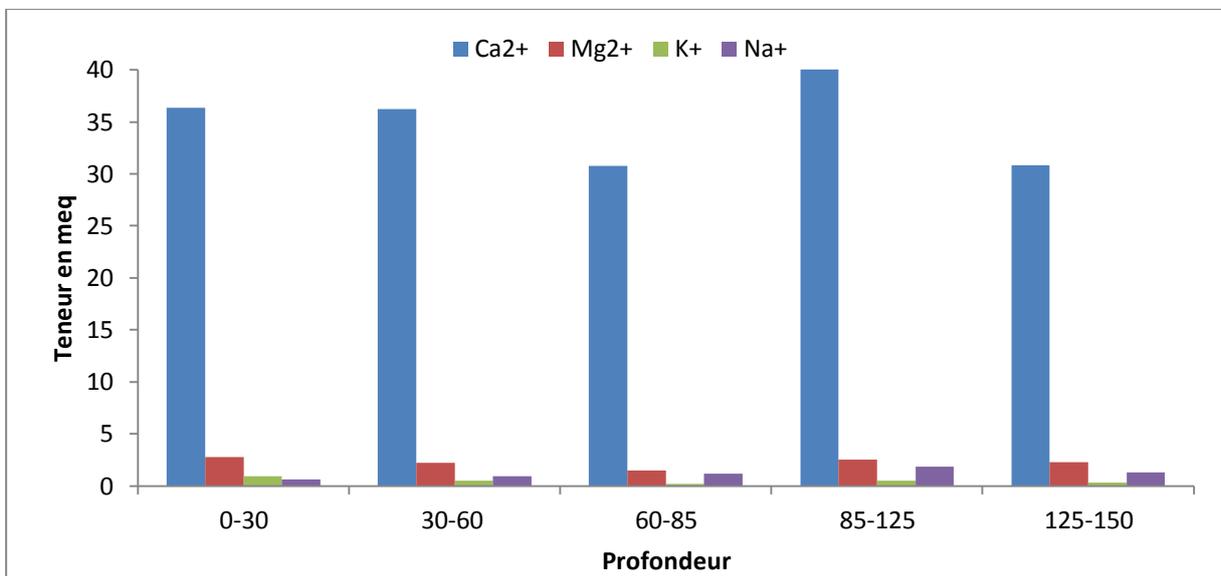


Figure n° 29 : Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Ifri Agriculture.

- **Calcium (Ca^{2+})**

La teneur en Ca^{2+} diminue à partir de l'horizon 1 pour atteindre une valeur minimale de 30,8 meq/100g au niveau de l'horizon 3. L'horizon 4 enregistre la teneur la plus élevée en Ca^{2+} avec une valeur de 40,03 meq/100g ,

le profil présente des teneurs en calcium échangeable très élevées.

- **Magnésium (Mg^{2+})**

La valeur de Mg^{2+} diminue de la valeur la plus élevée 2,77 meq/100g eu niveau de l'horizon 1 jusqu'à la valeur la plus faible 1,50 meq/100g pour l'horizon 3 puis augmente aux horizons 4 et 5 avec des teneurs dépassant 2 meq/100g.

La teneur en Mg^{2+} dans tout le profil est très élevée.

- **Potassium (K^+)**

Les valeurs de K^+ diminuent de l'horizon de surface jusqu'à l'horizon 3, augmente à l'horizon 4 et diminue à l'horizon de profondeur. La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de l'horizon de surface avec 0,90 meq/100g et la valeur la plus faible est notée dans l'horizon 3 avec 0,19 meq/100g.

L'horizon 1 est le seul à présenter un taux élevé de potassium ; les horizons 2,4 et 5 enregistrent des teneurs moyennes quant à l'horizon 3, il est pauvre.

- **Sodium (Na^+)**

Les valeurs de Na^+ augmentent de l'horizon de surface aux horizons de profondeur, la plus faible est enregistrée à l'horizon 1 avec 0,63 meq/100g, et la plus élevée au niveau de l'horizon 4 avec 1,82 meq/100g .

Les horizons de surface 1 et 2 sont faiblement pourvus en sodium et les horizons 3,4 et 5 sont bien pourvus.

4.2.6.5. Phosphore et azote

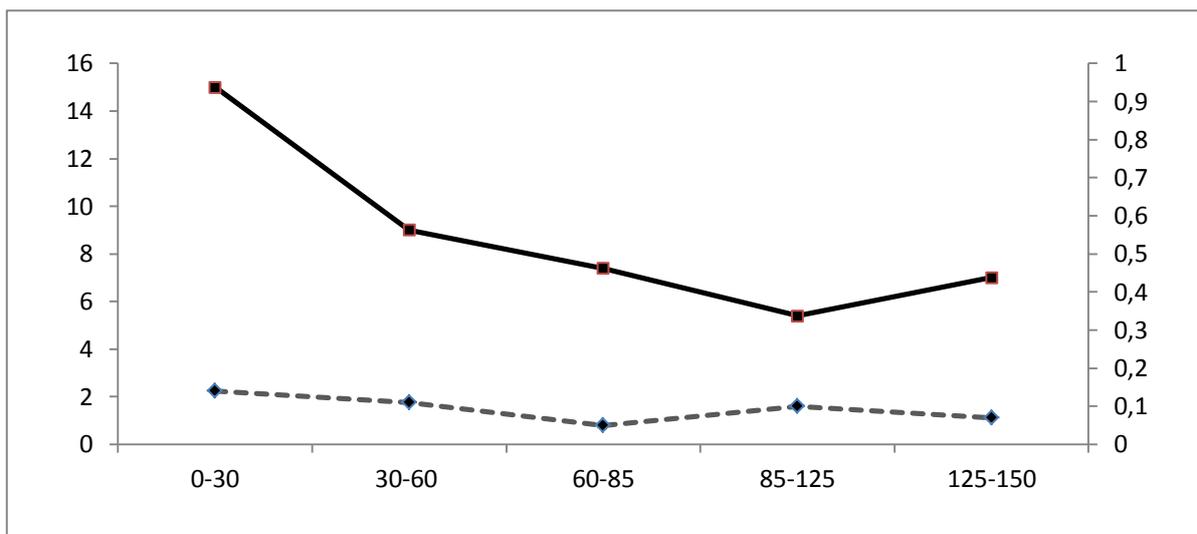


Figure n° 30: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Ifri agriculture

- *Phosphore*

La teneur en phosphore enregistre sa valeur maximale au niveau de l'horizon de surface avec 15 ppm puis diminue en profondeur la plus faible valeur est notée au niveau de l'horizon 4 avec 5,4 ppm

L'horizon 1 est moyennement pourvu en phosphore, les autres horizons sont pauvres.

- *Azote*

Le taux d'azote connaît ses valeurs les plus élevées au niveau des horizons de surface 1 et 2 avec respectivement 0,14% et 0,11%, il diminue dans l'horizon 3 et remonte dans l'horizon 4 puis diminue dans l'horizon de profondeur, suivant ainsi la trajectoire d'évolution du taux de la matière organique. Le niveau d'azote est bon au niveau des horizons 1,2 et 4, il est moyen dans les horizons 3 et 5.

4.2.7. Conclusion :

Les caractéristiques du sol de cette station peuvent être résumées comme suit :

- La texture est argileuse en surface (0-30 cm), elle est équilibrée dans les horizons intermédiaires, et devient argileuse en profondeur (80-150 cm).
- Le sol à une structure très stable et une perméabilité assez rapide à rapide.
- Le sol est peu organique et caractérisé par une décomposition rapide de la matière organique, due à une bonne activité biologique.
- Le sol est très riche en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} dans tout le profil, riche en K^+ en surface, pauvre en Phosphore et présente de bonnes teneurs en Azote en surface.
- Le sol est alcalin, cela est dû à l'action des cations basiques.
- Le sol est non salé, cela est dû aux faibles teneurs en Na.

L'horizon 3 est lessivé, les horizons 4 et 5 sont des horizons d'accumulation des argiles, de la matière organique et des cations. il s'agit d'un sol d'apport alluvial brunifié.

4.3. STATION D'ETUDE - FERME SAHLI ET FRERES, AGHERNOUZ

4.3.1. Présentation des résultats

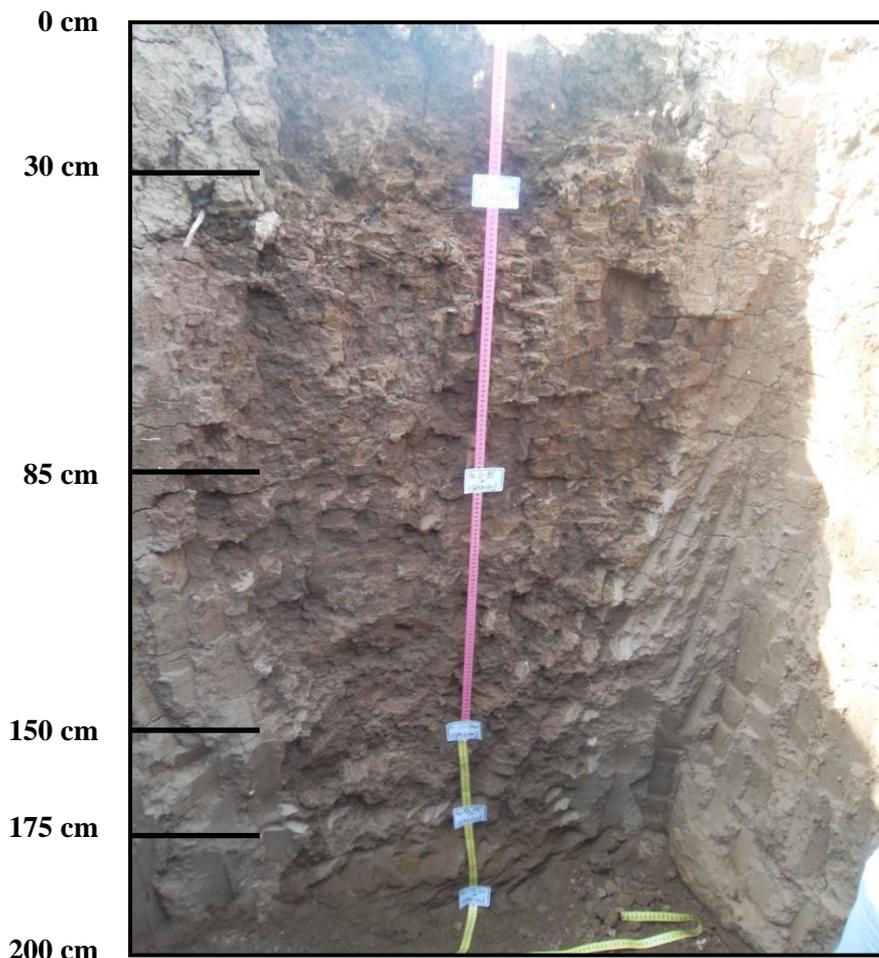


Photo n° 14 : Profil pédologique de la station - *Ferme Sahli et frères, Aghernouz*
(Dimension : 1,50m x 1,50m x 2,00m)

0-30 cm : Marron, Humide, Argileux, Friable, Structure polyédrique, Racines fines peu abondantes, présence de MO, Faible effervescence à HCl, Absence d'éléments grossiers, Limite inférieure régulière.

30-85 cm : Marron foncé, Sec, Compacte, Structure polyédrique, Racines fines abondantes, faible présence de MO, Faible effervescence à HCl, Limite inférieure régulière.

85-150 cm : Marron, Sec, argileux, Très compacte, Structure polyédrique, Racines fines abondantes, faible présence de MO, Effervescence à HCl, Limite inférieure régulière.

150-175 : Marron clair, Sec, Limono-argileux, Très compacte, Structure polyédrique, Absence de racines, Absence de matière organique, forte effervescence à HCl, Limite inférieure régulière.

175-200 cm : Brun jaunâtre, Humide, Argilo-sableux, Très compacte, Structure polyédrique, Absence de racines, Absence de matière organique, forte effervescence à HCl, Limite inférieure non atteinte.

Résultats analytiques du profil n° 03 - Ferme Sahli et frères, Aghernouz

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° XII : Analyses physico-chimiques du profil n° 03 - Ferme Sahli et frères, AGHERNOUZ

Analyse Physique								Analyse physico-chimique												
Profondeur	Granulométrie					Stabilité structurale I _s	Perméabilité K cm/h	Matière organique				Phosphore ppm P	Bases échangeables (meq/100g)				pH	Calcaire %		Conductivité Electrique CE ms/cm
	A%	L%	S%	SG%	SF%			MO%	C%	C/N	N %		K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺		pH _{eau}	total	
Horizons																				
0-30 cm	44	36	20	4,10	15,9	10,18	2,33	1,56	0,9	0,9	0,10	13,0	0,34	0,24	1,20	23,12	8,10	0,45	00	17,0
30-85 cm	44	28	28	4,50	23,5	4,21	2,68	0,73	0,42	4,2	0,10	10,6	0,25	0,40	1,52	27,96	8,46	4,70	00	24,4
85-150cm	44	32	24	3,90	20,1	7,54	2,06	0,51	0,3	3,7	0,08	11,6	0,18	0,51	1,97	32,50	8,60	19,3 8	3,69	13,55
150-175cm	32	24	44	5,40	38,6	7,01	3,66	0,46	0,27	3,8	0,07	11,0	0,14	0,49	1,63	28,32	8,58	30,0 4	4,61	17,14
175-200 cm	24	28	48	7,90	40,1	4,68	5,61	0,35	0,2	3,3	0,06	11,2	0,15	0,44	1,64	30,50	8,56	31,4 9	3,70	23,2

4.3.2. Granulométrie

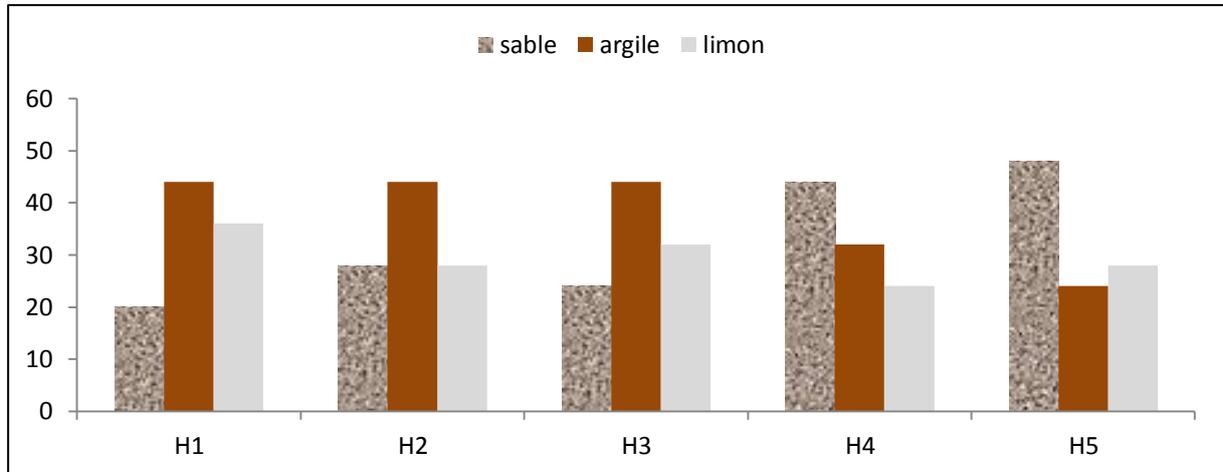


Figure n° 31 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station d'Aghernouz

Ce profil se caractérise par la prédominance de la fraction argileuse jusqu'à la limite inférieure du troisième horizon, avec un taux constant de 44%, suivie de la fraction limoneuse qui varie entre 28% et 36% ; le taux de la fraction sableuse oscille entre 20% et 28%.

Pour les deux derniers horizons la tendance s'inverse, le taux de la fraction sableuse prédomine et varie de 44% à l'horizon 4 à 48% à l'horizon 5.

Le taux de la fraction argileuse connaît une baisse progressive, 32% et 24% aux horizons 4 et 5 respectivement.

La texture argileuse caractérise les trois premiers horizons, elle devient limono-argileuse à l'horizon 4. Elle est à la limite de limoneuse et limono-argilo-sableuse à l'horizon 5.

4.3.3. Stabilité structurale

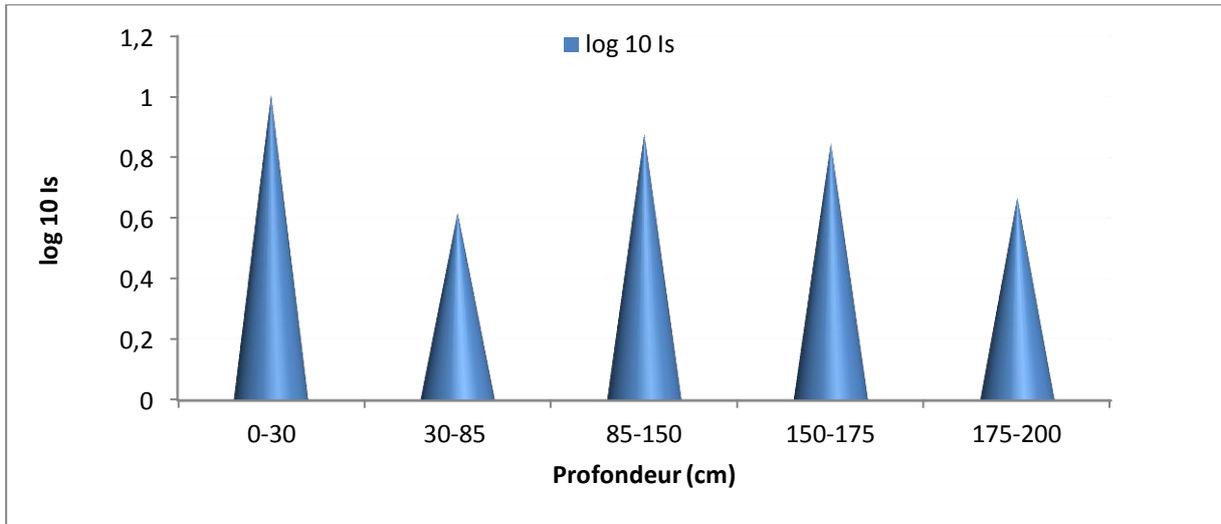


Figure n° 32 : Evolution de l'indice de stabilité structurale (**Is**) en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Cette station présente des valeurs supérieures à celles des deux stations déjà étudiées. Une valeur de 1,01 est atteinte à l'horizon de surface ; les autres horizons ont des valeurs qui oscillent entre 0,62 et 0,88.

Le profil est stable à très stable.

4.3.4. Perméabilité

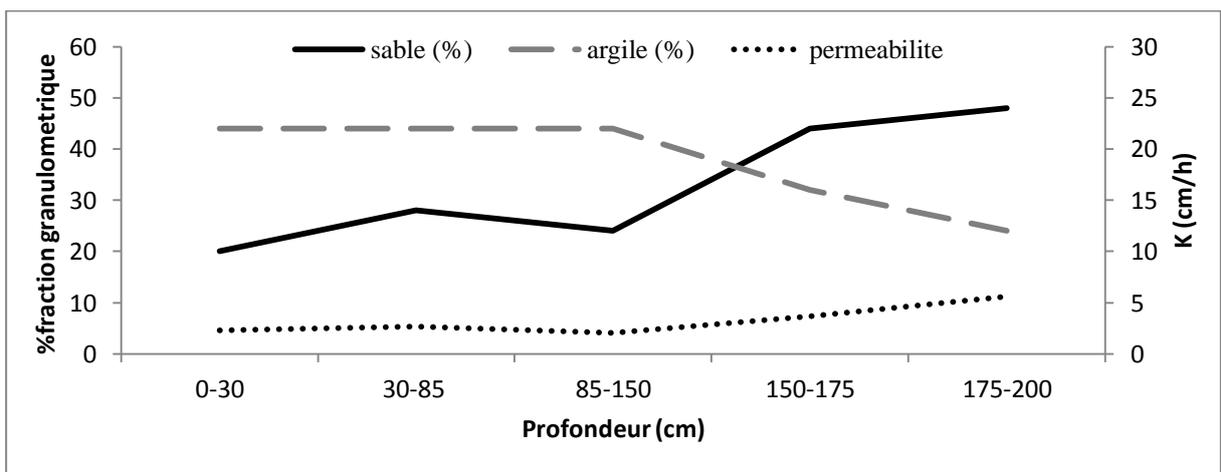


Figure n° 33 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Les valeurs de K au niveau de cette station n'atteignent pas le seuil de 6 cm/h, les horizons de 1,2 et 3 présentent des valeurs qui tournent autour de 2 cm/h. aux horizons de profondeur, ces valeurs augmentent pour enregistrer la valeur la plus élevée 5,61 cm/h à l'horizon 5.

La diminution de la valeur de K à l'horizon 3 est due à la diminution du taux de la fraction sableuse alors que la fraction argileuse est restée constante.

La vitesse de filtration ou la perméabilité est moyenne dans tout le profil.

4.3.5. Matière organique

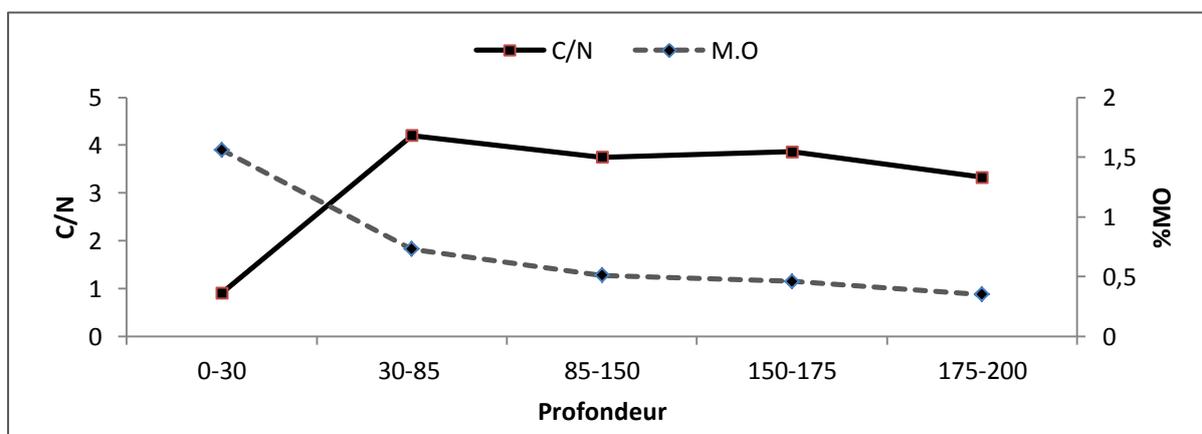


Figure n° 34: Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station d'Aghernouz

Le taux de matière organique diminue en fonction de la profondeur, la plus grande valeur (1,56%) caractérise l'horizon de surface, l'horizon de profondeur présente la valeur la plus faible (0,35%). Le sol de ce profil est dans sa totalité peu organique.

Concernant le rapport C/N, il est inférieur à 5 dans tout le profil, ce qui est très faible et dénote d'un sol à décomposition rapide de la matière organique.

4.3.6. Les paramètres physico-chimiques

4.3.6.1. Le PH

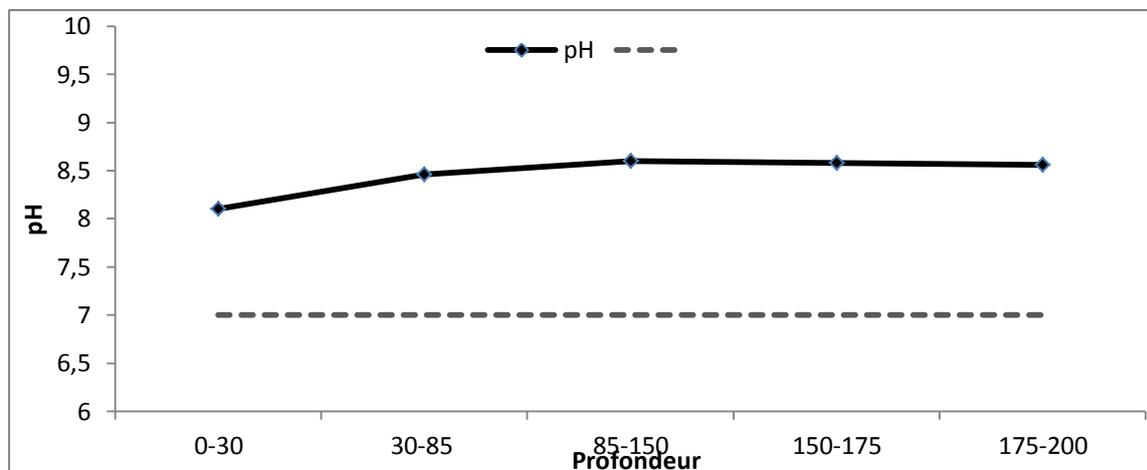


Figure n° 35 : Courbe de variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station d'Aghernouz

Les valeurs de pH des horizons du profil présentent une augmentation de l'horizon 1 à l'horizon 3, de 8,1 à 8,6 puis se stabilise autour de cette dernière valeur dans les deux derniers horizons.

Le sol de ce profil au niveau de tous ses horizons est basique.

4.3.6.2. Le calcaire

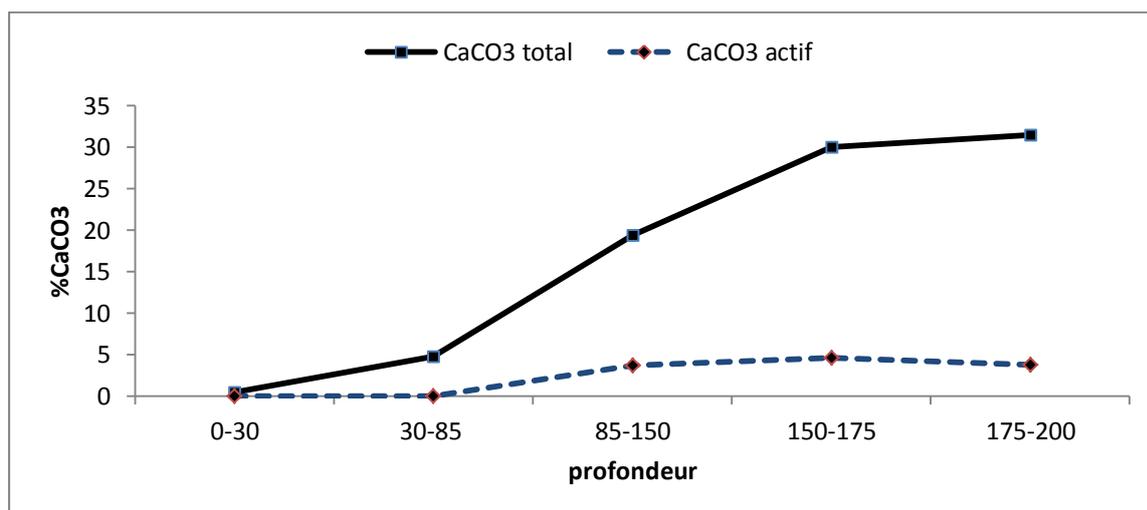


Figure n° 36 : courbe de variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station d'Aghernouz

Le taux de calcaire total dans ce profil augmente suivant la profondeur, la plus faible valeur est enregistrée à l'horizon de surface avec 0,45% , puis 4,70% à l'horizon 2, ce taux prend des valeurs élevées à partir de l'horizon 3 pour atteindre une valeur maximale de 31,49% à l'horizon de profondeur. Les horizons 1 et 2 sont peu calcaires, l'horizon 3 est calcaire et les horizons 4 et 5 sont très calcaires.

S'agissant de calcaire actif, les horizons 1 et 2 présentent des taux nuls, les horizons 3, 4 et 5 présentent des taux gravitant autour des 4%, ils sont peu chlorosants.

4.3.6.3. La conductivité électrique

Les valeurs fluctuent d'un horizon à un autre mais demeurent inférieures à 0,35 mS/cm. De ce fait, les horizons de ce profil sont non salés.

4.3.6.4. Les bases échangeables

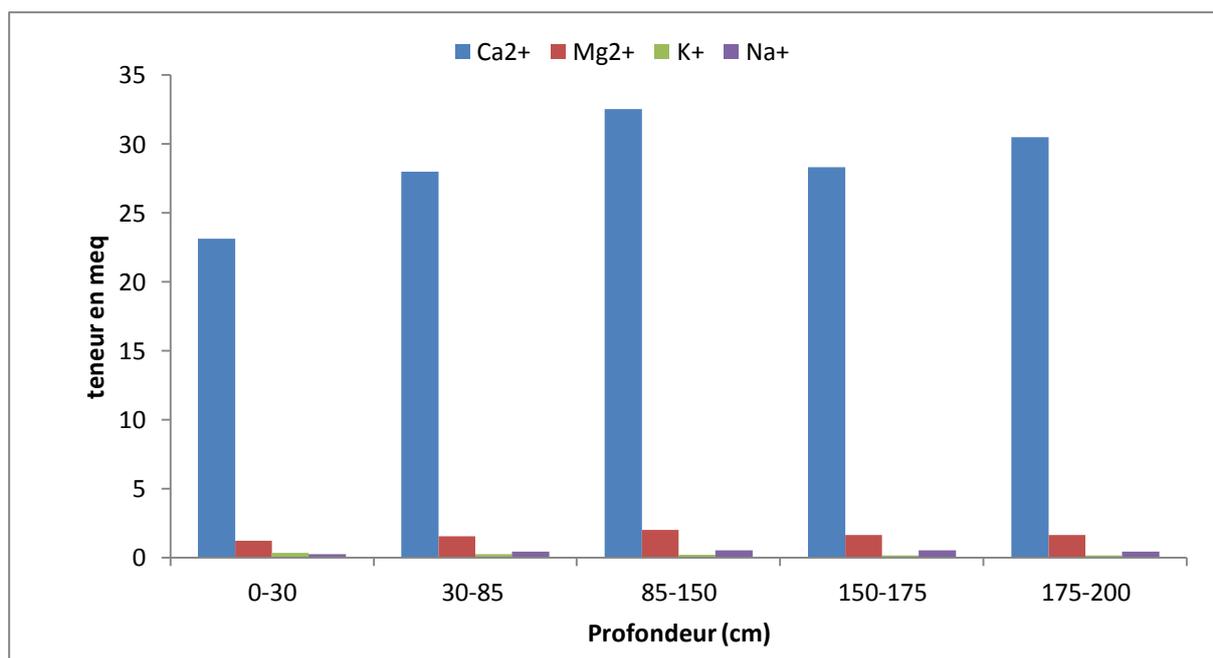


Figure n° 37: Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station d'Aghernouz

- ***Calcium (Ca^{2+})***

La teneur en calcium augmente à partir de l'horizon de surface jusqu'à l'horizon 3 où sa valeur est maximale, elle est de 32,50 meq/100 g, puis diminue à l'horizon 4 et augmente à l'horizon 5.

Le profil présente des teneurs très élevées en calcium échangeable.

- ***Magnésium (Mg^{2+})***

La teneur en magnésium échangeable augmente de l'horizon de surface vers la profondeur et enregistre une valeur maximale de 1,97 meq/100 g à l'horizon 3 ensuite, elle diminue et se stabilise dans les horizons de profondeur.

Le sol est très bien pourvu en cet élément puisque il présente des teneurs très élevées.

- ***Potassium (K^+)***

La teneur la plus élevée est notée au niveau de l'horizon de surface avec 0,34 meq/100g, puis diminue progressivement et atteint une valeur minimale de 0,14 meq/100g à l'horizon 4 ; Les horizons 1 et 2 présentent des teneurs moyennes, les autres horizons enregistrent des teneurs faibles.

- ***Sodium (Na^+)***

La valeur la plus faible est notée à l'horizon 1 avec 0,24 meq/100g, elle augmente suivant la profondeur et enregistre son maximum à l'horizon 3 avec 0,51 meq/100g, puis diminue dans les horizons 4 et 5. Tous les horizons présentent des teneurs très faibles en sodium.

4.3.6.5. Phosphore et azote

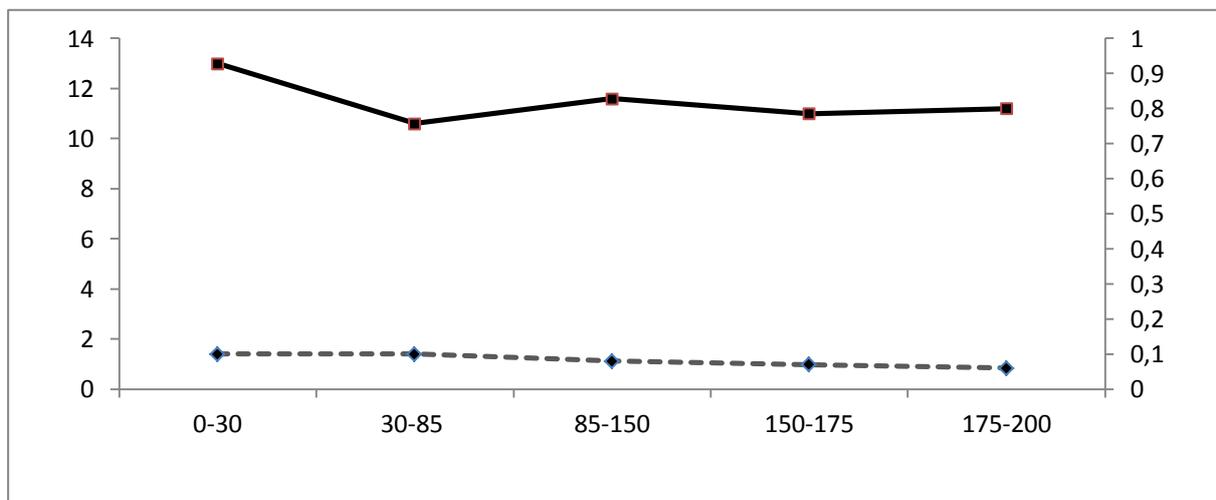


Figure n° 38: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station d'Aghernouz

- *Phosphore*

La teneur en phosphore est pratiquement stable dans tout le profil. Néanmoins, l'horizon 1 est mieux pourvu avec 13 ppm ; cette valeur tourne autour de 11 ppm au niveau des autres horizons. Le sol est moyennement pourvu en phosphore

- *Azote*

Le taux d'azote au niveau des deux premiers horizons est stable, il est de 0,1%, puis diminue progressivement pour atteindre la plus faible valeur de 0,6% dans l'horizon de profondeur. Il suit le taux de la matière organique. Le niveau d'azote est moyen dans tout le profil.

4.3.7. Conclusion

Les caractéristiques de ce sol peuvent être résumées comme suit :

- La texture est argileuse de la surface jusqu'à une profondeur de 175 cm, elle devient équilibrée en profondeur.
- Le sol présente une structure très stable et une perméabilité moyenne.
- Le sol est peu organique en surface et s'appauvrit en profondeur. Il est, néanmoins, caractérisé par une décomposition rapide de la matière organique due à une bonne activité biologique.
- Le sol est très riche en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} dans tout le profil, les teneurs en K^+ , en Phosphore et en Azote sont moyennes.
- Le sol est alcalin, cela est dû à l'action des cations basiques.
- Le sol est non salé, cela est dû à la présence en faibles teneurs de Na.

Le profil de ce sol est profond et assez uniforme, il présente les caractéristiques d'un sol jeune d'apport alluvial.

4.4. STATION D'ETUDE - REMILA (SIDI-AÏCH)

4.4.1. Présentation des résultats

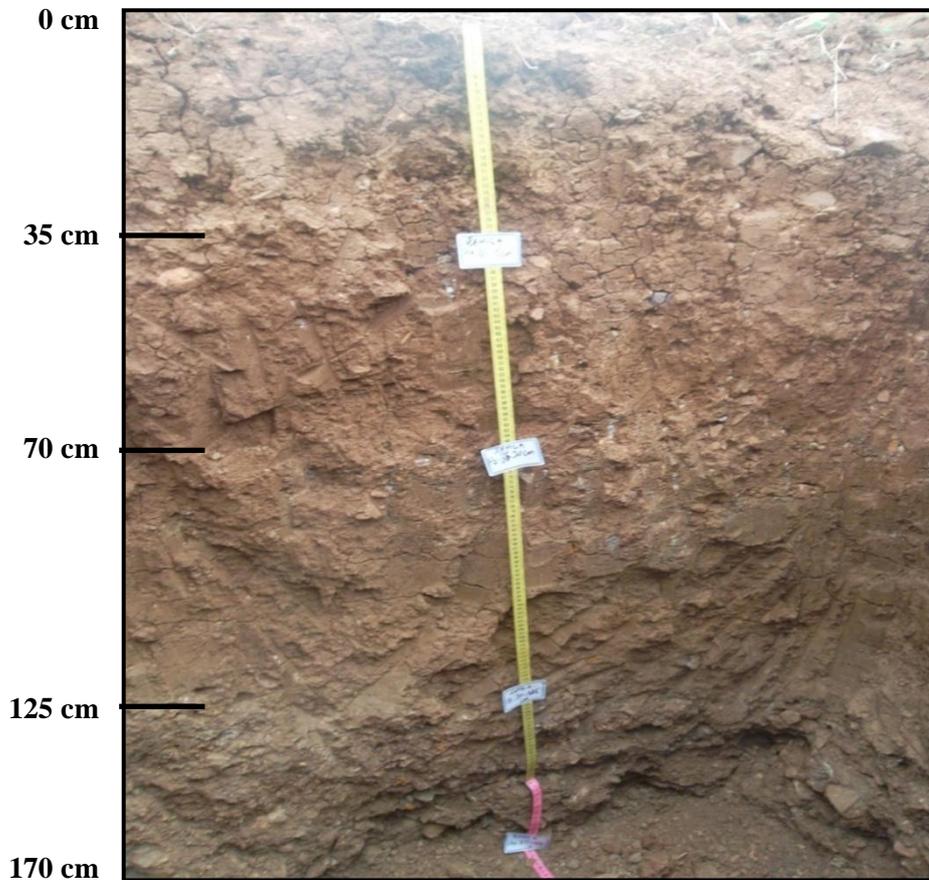


Photo n° 15 : Profil pédologique de la station - Remila (SIDI-AICH)
(Dimension : 1,50m x 1,50m x 1,70m)

0-35 cm : Marron clair, Humide, Limono-argileux, Peu compacte, Structure polyédrique, Racines fines abondantes, Peu riche en matière organique, Absence d'effervescence à HCl, Cailloux angulaires, abondants, Limite inférieure irrégulière.

35-70 cm : Rouge jaunâtre, Sec, Argileux, Compacte, Structure polyédrique, Racines fines peu abondantes, Absence de MO, Absence d'effervescence à HCl, Cailloux angulaires de moindre diamètre, Limite inférieure irrégulière.

70-125 cm : Marron rougeâtre, Sec, Argilo-sableux, Compacte, Structure polyédrique, Absence de racine, Absence de MO, Absence d'effervescence à HCl, Gravier grossiers, Limite inférieure irrégulière.

125-170 cm : Marron grisâtre, Sec, Limono-argilo-sableux, Compacte, Structure polyédrique, Absence de racine, Absence de MO, Effervescence à HCl, Gravier fins, Limite inférieure non atteinte.

Résultats analytiques du profil n° 04 - Remila (Sidi-Aïch)

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° XIII : Analyses physico-chimiques du profil n° 04 - Remila (SIDI-AICH)

Analyse Physique								Analyse physico-chimique												
Profondeur	Granulométrie					Stabilité structurale I _s	Perméabilité K	Matière organique				Phosphore ppm P	Bases échangeables (meq/100g)				pH	Calcaire %		Conductivité Electrique CE ms/cm
	A%	L%	S%	SG	SF			MO%	C%	C/N	N %		K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺		pH _{eau}	total	
Horizons																				
0-35 cm	36	24	40	17,6	22,4	3,34	5,1	1,54	0,89	7,42	0,12	24,2	0,37	1,75	1,96	16,44	8,36	00	00	13,48
35-70 cm	44	16	40	14,1	25,9	2,37	6,2	0,63	0,37	3,36	0,11	13,6	0,19	1,05	2,15	20,59	8,28	00	00	20,80
70-125 cm	28	16	56	28,9	17,1	5,2	9,8	0,21	0,12	1,5	0,08	13,4	0,14	0,98	2,42	22,06	8,29	3,58	00	24,90
125-170 cm	20	8	72	51,3	20,7	1,58	13,8	0,23	0,13	1,44	0,09	14,4	0,15	0,62	2,17	30,73	7,96	3,39	00	39,70

4.4.2. Granulométrie

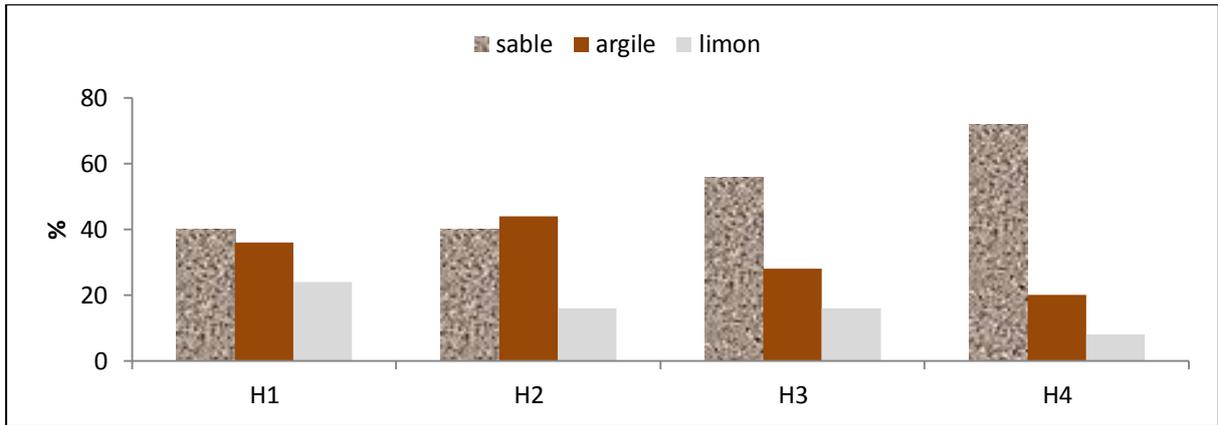


Figure n° 39 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station de Remila

Le profil présente une augmentation du taux de la fraction sableuse suivant la profondeur, allant de 40% au niveau des horizons 1et 2 à 72% au dernier horizon avec une prédominance dans tout le profil sauf à l’horizon 2, une augmentation du taux de la fraction argileuse de 36% à l’horizon 1, à 44% au niveau de l’horizon 2 ou domine cette fraction puis, une diminution progressive pour atteindre 20% au bas du profil, et une diminution du taux de la fraction limoneuse de 24% au premier horizon à 08% au bas du profil.

La texture est limono-argileuse au premier horizon, argileuse au deuxième, limono-argilo-sableuse à l’horizon 3, et enfin à la limite de limono-sableuse et limono-argilo-sableuse à l’horizon 4.

4.4.3. Stabilité structurale

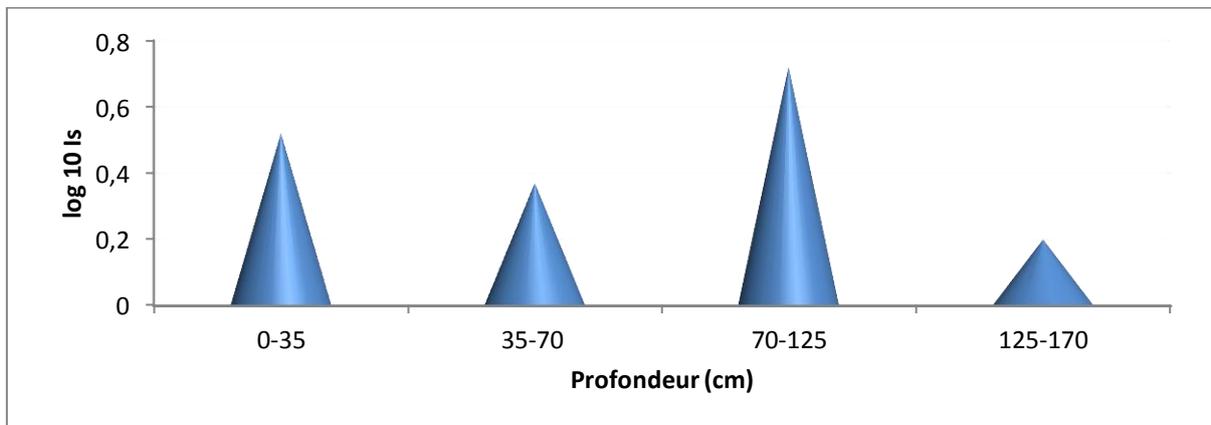


Figure n°40: Evolution de l’indice de (log₁₀ Is) en fonction de la profondeur station de Remila

Les valeurs de $\log_{10} I_s$ varient entre 0,2 et 0,72, la valeur la plus élevée est enregistrée à l'horizon 3, la plus faible à l'horizon 4. Toutes ces valeurs sont inférieures à 1, le sol est très stable.

4.4.4. Perméabilité

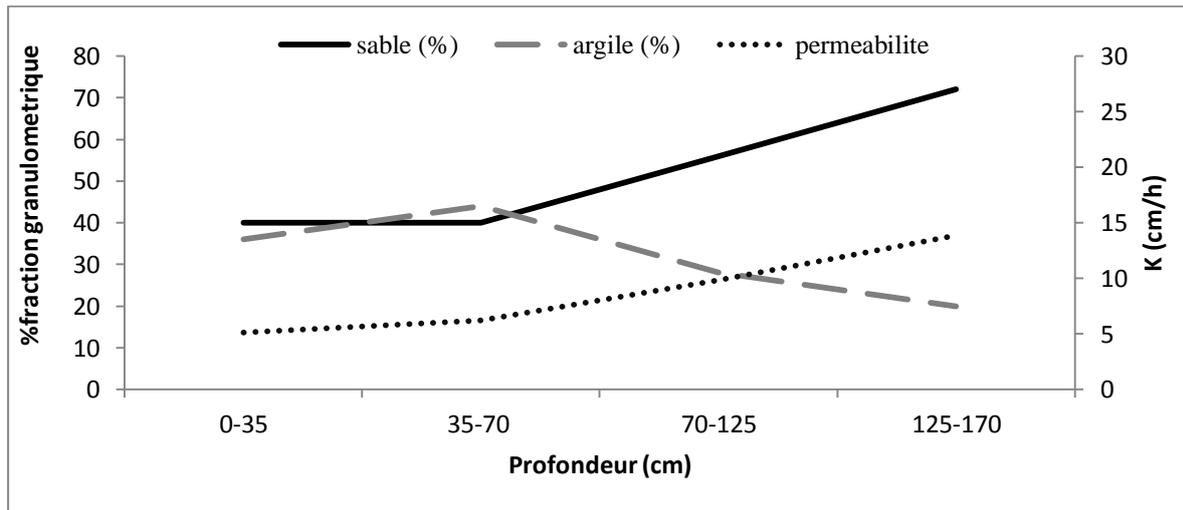


Figure n° 41 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station de Remila

Les valeurs de K augmentent avec la profondeur, la plus faible valeur est enregistrée à l'horizon 1 avec 5,14 cm/h. la valeur la plus élevée est notée à l'horizon 4 avec 13,84 cm/h.

Les deux horizons de surface ont une perméabilité moyenne, à l'horizon 3, elle est assez rapide, quant à l'horizon de profondeur, la vitesse de filtration est rapide

La vitesse de filtration est dépendante des fractions sableuse et argileuse.

4.4.5. Matière organique

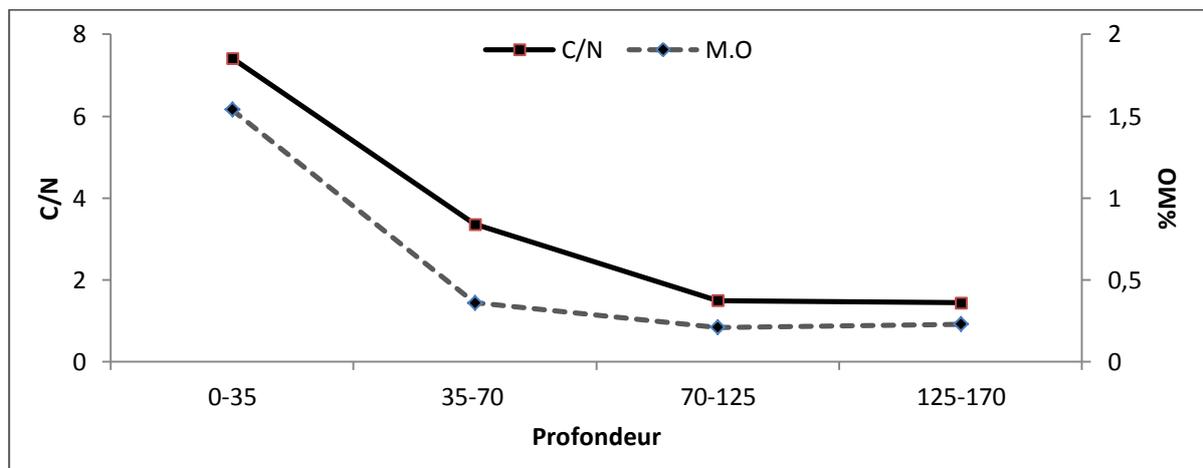


Figure n° 42: Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station de Remila

Le taux de matière organique diminue avec la profondeur. L'horizon de surface présente un taux de 1,54%, il diminue pour se stabiliser aux environs de 0,2% en profondeur.

Ces valeurs attestent d'un sol peu organique, qui s'appauvrit en profondeur.

Concernant la valeur de C/N, la plus grande est notée à l'horizon 1 avec 7,42 mais, reste faible sur l'échelle établie par CLA (2008). Les autres valeurs sont très faibles.

Dans son ensemble, le sol est caractérisé par une décomposition rapide de la matière organique.

4.4.6. Les paramètres physico-chimiques

4.4.6.1. Le pH

La valeur du pH est stable au niveau des horizons 1,2 et 3 autour de 8,3, elle diminue à l'horizon 4 et enregistre 7,96.

De tous les profils étudiés, les pH de ce profil sont les plus faibles, ils sont proportionnels aux teneurs de Ca^{2+} , qui sont les plus faibles de tous les profils.

Le sol est basique dans tout le profil.

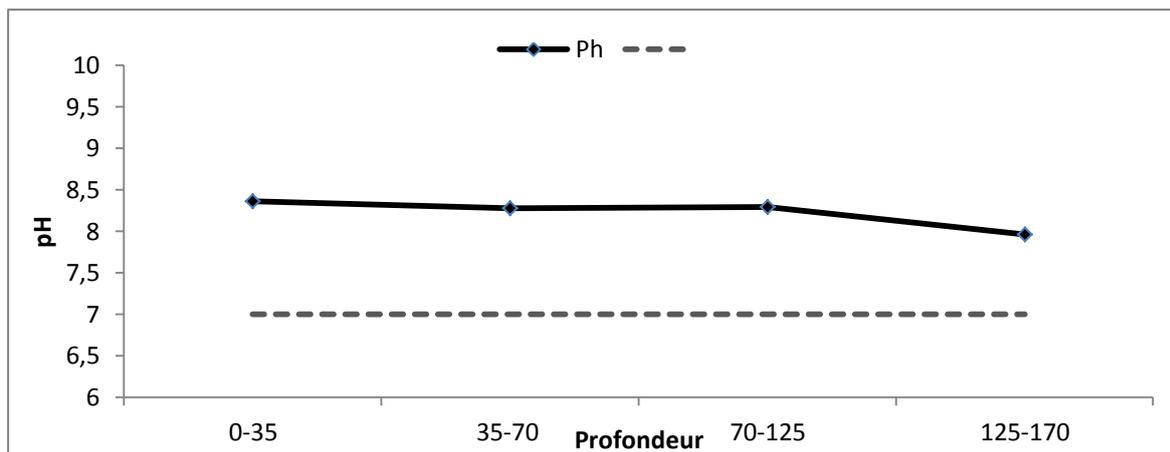


Figure n° 43 : Courbe de variation du pH en fonction de la profondeur du sol pour la station de Remila

4.4.6.2. Le calcaire

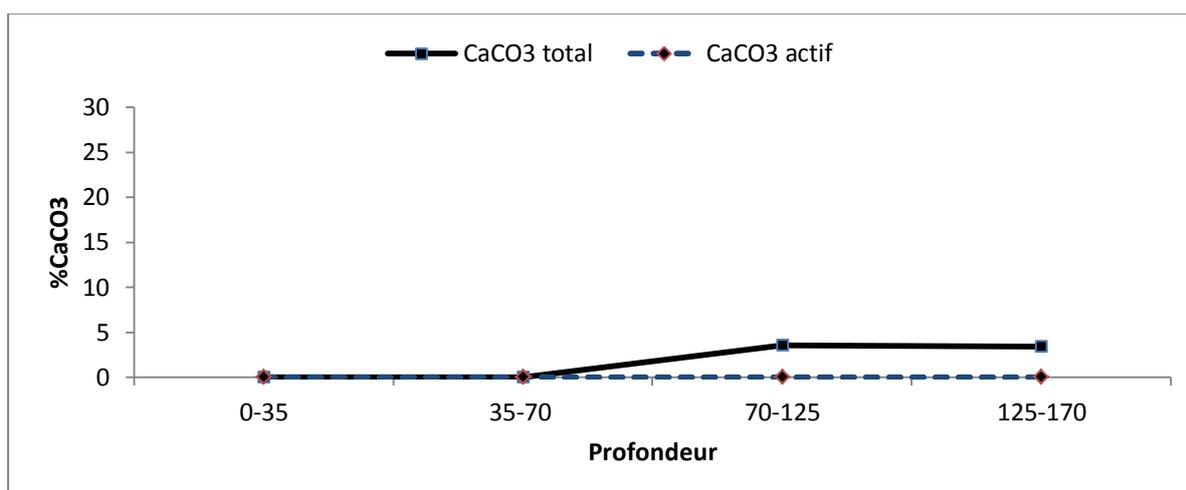


Figure n° 44 : courbe de variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station de Remila

Au niveau de ce profil, le taux de calcaire total est nul dans les deux premiers horizons, ils sont non calcaires. Dans les horizons 3 et 4, ce taux se stabilise autour de 3,5%, ils sont peu calcaires.

Le taux du calcaire actif, quant à lui, est nul dans tout le profil ; le sol est non chlorosant

4.4.6.3. La conductivité électrique :

Les valeurs augmentent suivant la profondeur, elle est minimale à l'horizon de surface et maximale à l'horizon de profondeur.

Avec une valeur dépassant 0,35 mS/cm, l'horizon 4 est légèrement salé. Les autres horizons sont non salés.

4.4.6.4. Les bases échangeables

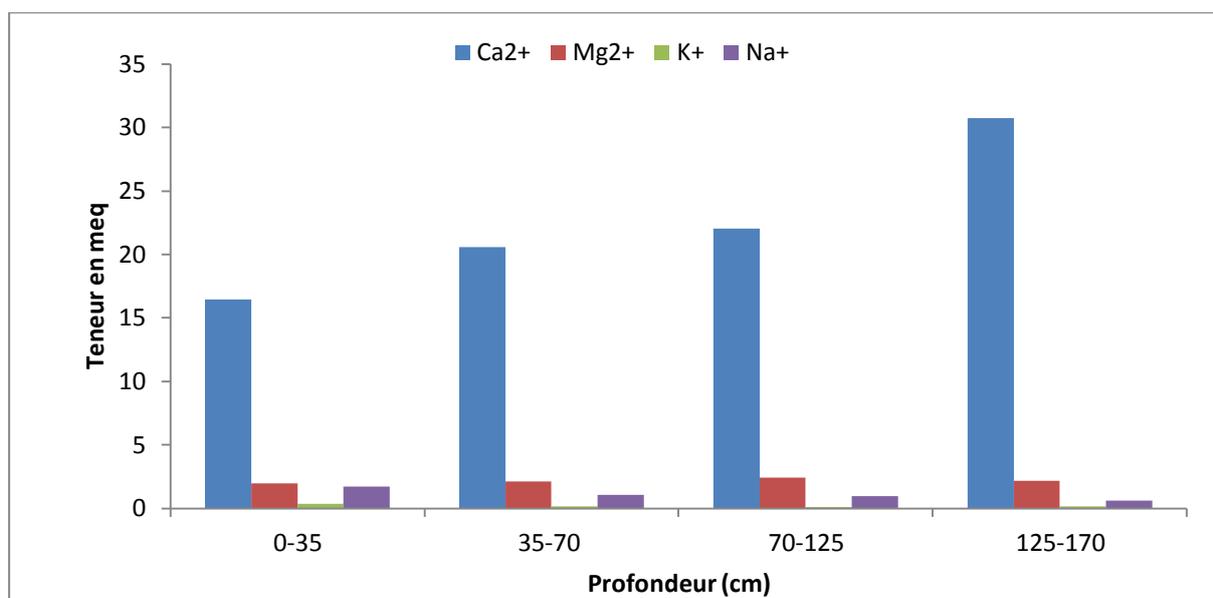


Figure n° 45 : Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station de Remila

- Calcium (Ca²⁺)

L'horizon de surface est le moins pourvu en Ca²⁺, sa teneur augmente progressivement et atteint sa valeur maximale au niveau de l'horizon de profondeur avec une valeur de 30,73 meq/100g.

L'horizon 1 présente une bonne teneur, les horizons 2 et 3 enregistrent des teneurs élevées en Calcium échangeable, l'horizon 4 présente une valeur très élevée.

- Magnésium (Mg²⁺)

La valeur de Mg²⁺ connaît une augmentation de l'horizon 1 à l'horizon 3 ou la teneur la plus élevée est enregistrée avec 2,42 meq/100g, puis diminue légèrement au niveau de l'horizon 4.

Dans l'ensemble des horizons de ce profil, la teneur en magnésium échangeable est très élevée.

- *Potassium (K⁺)*

Les teneurs de potassium au niveau de ce profil connaissent une diminution suivant la profondeur, la valeur maximale de 0,37 meq/100g est enregistrée à l'horizon 1 ; l'horizon 3 connaît la valeur la plus basse avec 0,14 meq/100g.

Les horizons 2,3 et 4 sont faiblement pourvus en potassium, l'horizon 1 est le seul à connaître une teneur moyenne en K⁺

- *Sodium (Na⁺)*

La teneur en sodium diminue avec la profondeur, l'horizon 1 est le mieux pourvu avec 1,75 meq/100 g, la teneur la plus faible est enregistrée à l'horizon 4 avec 0,62 meq/100 g.

En dehors de l'horizon 1 qui présente une teneur normale, les autres horizons sont faiblement pourvus.

4.4.6.5. Phosphore et azote

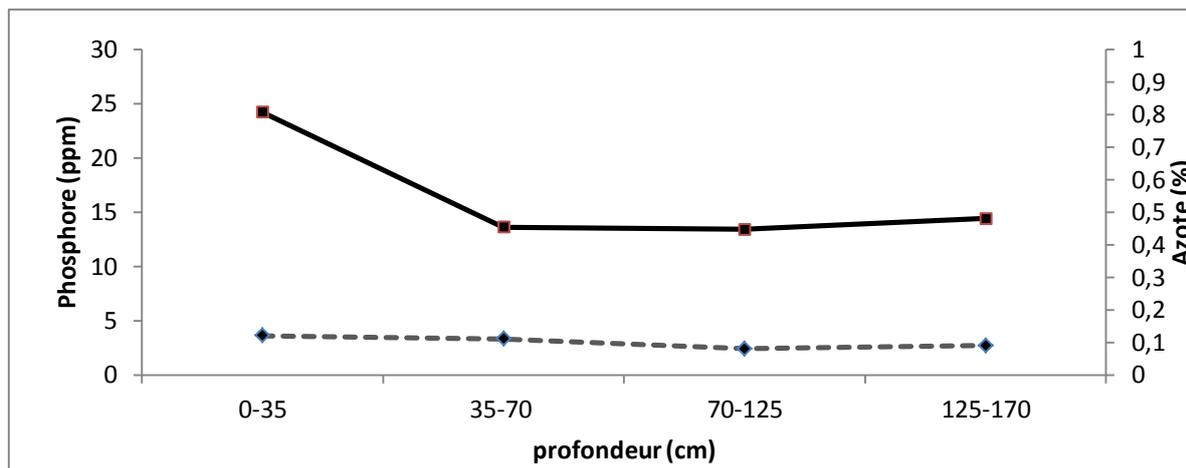


Figure n° 46: Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station de Remila

- **Phosphore**

La teneur en phosphore est plus élevée au niveau de l'horizon de surface, elle est de 24,2 ppm, celle-ci diminue, presque de moitié, à l'horizon 2 à partir duquel elle se stabilise.

La station présente une richesse moyenne en phosphore dans tous ses horizons.

- **Azote**

Les horizons 1 et 2 sont les plus pourvus en azote, ils présentent, respectivement, les taux de 0,12% et 0,11%, ce taux connaît une baisse dans l'horizon 3 puis, une augmentation au niveau de l'horizon 4 sans toutefois atteindre les valeurs des deux premiers horizons.

Le taux d'azote suit celui de la matière organique dans tout le profil.

Le niveau d'azote est bon dans les horizons 1 et 2, et moyen dans les horizons 3 et 4.

4.4.7. Conclusion :

Les caractéristiques de ce sol peuvent être résumées comme suit :

- La texture est argileuse en surface jusqu'à une profondeur de 70 cm, elle devient équilibrée avec la dominance de la fraction sableuse dans le reste du profil.
- La structure du sol est très stable et la perméabilité est moyenne en surface, elle augmente dans les horizons de profondeur avec l'augmentation des sables.
- Le sol est peu organique en surface et s'appauvrit en profondeur. Il est, néanmoins, caractérisé par une décomposition rapide de la matière organique due à une bonne activité biologique.
- Le sol est riche en cations Ca^{2+} à l'horizon de surface puis très riche en profondeur, très riche en Mg^{2+} dans tout le profil, pauvre en K^+ et Na^+ , et moyennement pourvu en Phosphore. Il présente de bonnes teneurs en Azote en surface.
- Le sol est alcalin, cela est dû à l'action des cations basiques.
- Le sol est non salé, cela est dû à la présence en faibles teneurs de Na.

4.5. STATION D'ETUDE - SMAOUN

4.5.1. Présentation des résultats

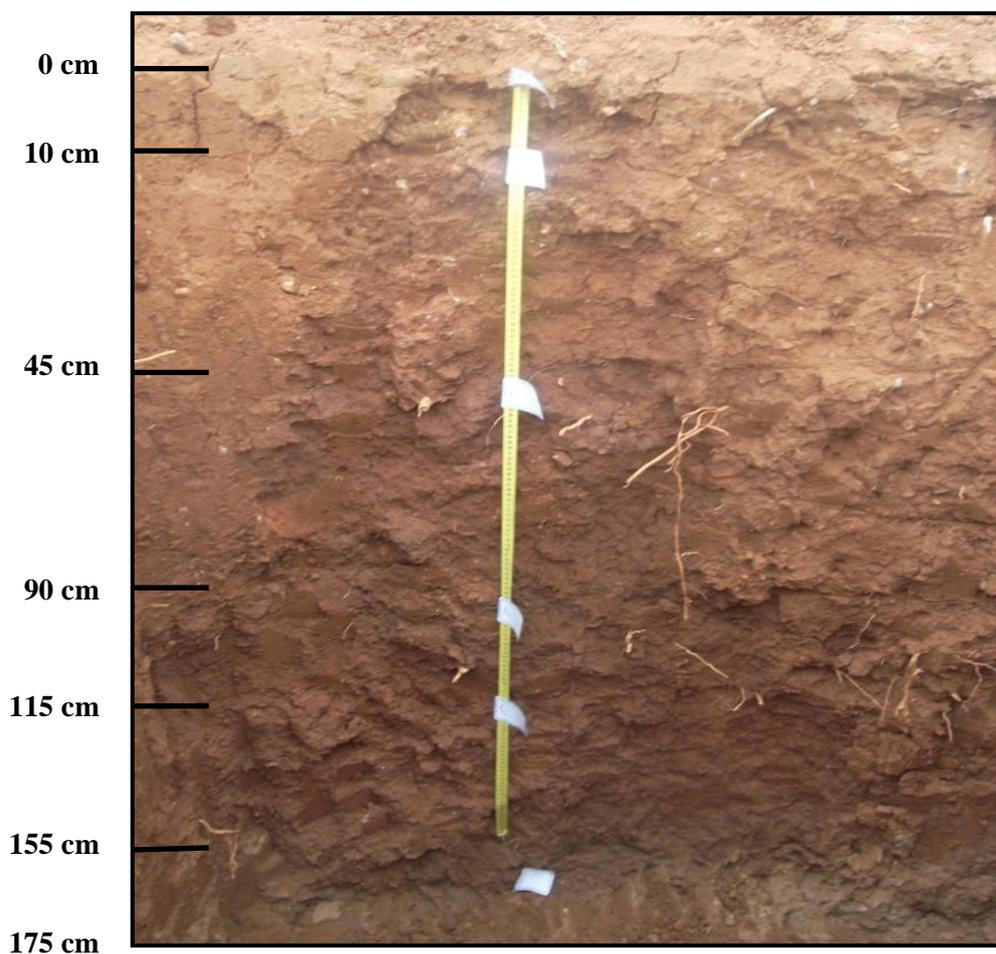


Photo n° 16 : Profil pédologique de la station - *SMAOUN*
(Dimensions : 1,50m x 1,50m x 1,75m)

0-10 cm : Marron rougeâtre, Peu humide, Argileux, Friable, Polyédrique, Racines fines, Présence MO, Faible effervescence à HCl, Cailloux angulaires, Limite inférieure régulière

10-45 cm : Rouge jaunâtre, Peu Humide, Argilo-limoneuse sable fin, Compacte, Str Polyédrique, Racines fines, Faible Présence MO, Faible effervescence à HCl, Cailloux angulaires, Lim inf régulière

45-90 cm : Rouge jaunâtre, Humide, Argileux, T. compacte, Str Polyédrique, Racines Fines et moyen, Présence MO, Absence d'effervescence à HCl, Cailloux arrondis, Limite inférieure régulière

90-115 cm : Marron rougeâtre, Humide, Limono-argileux, compacte, Str Polyédrique, Racines Fines et moyennes, Présence moyenne de MO, Absence d'effervescence à HCl, Limite inférieure régulière

115-155 cm : Rouge, Humide, Limono-argileux, Très compacte, Structure Polyédrique, Absence de racines, Présence de MO, Faible effervescence à HCl, Limite inférieure régulière

155-175 cm : Marron jaunâtre foncé, Sec, Limono-argileux, Très compacte, Structure Polyédrique, Absence de racines, Absence de MO, Forte effervescence à HCl, Limite inférieure non atteinte.

Résultats analytiques du profil n° 05 - SMAOUN

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° XIV : Analyses physico-chimiques du profil n° 05 - SMAOUN

Analyse Physique								Analyse physico-chimique												
Profondeur	Granulométrie					Stabilité structurale I _s	Perméabilité K cm/h	Matière organique				Phosphore P ppm	Bases échangeables (meq/100g)				pH	calcaire		Conductivité Electrique CE ms/cm
	A%	L%	S%	SG %	SF %			MO%	C%	C/N	N %		K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺		pH _{eau}	total	
Horizons																				
0-10 cm	40	24	36	26,3	9,7	3,6	7,40	1,95	1,13	7,53	0,15	39,8	1,17	0,30	1,97	32,23	8,39	1,69	00	16,21
10-45 cm	40	12	48	28,7	19,3	3,49	12,4	0,76	0,44	4,9	0,09	18,8	1,01	0,14	1,83	27,52	8,56	2,35	00	13,10
45-90 cm	52	16	32	12,9	19,1	2,97	5,2	0,99	0,57	6,33	0,09	19,8	0,38	0,21	2,93	20,53	8,34	00	00	9,96
90-115cm	32	28	40	16	24	2,86	12,6	0,93	0,54	6	0,09	20,2	0,32	0,08	2,83	26,98	8,49	00	00	13,55
115-155 cm	48	32	20	1,8	18,2	2,03	5,55	1,12	0,65	5,91	0,11	16,2	0,23	1,71	1,96	32,97	8,91	3,71	00	21,70
155 cm et +	36	32	32	3,3	28,7	6,84	8,27	0,57	0,33	4,12	0,08	14,4	0,14	1,60	1,21	31,39	9,23	25,3 8	3,3 3	19,31

4.5.2. Granulométrie

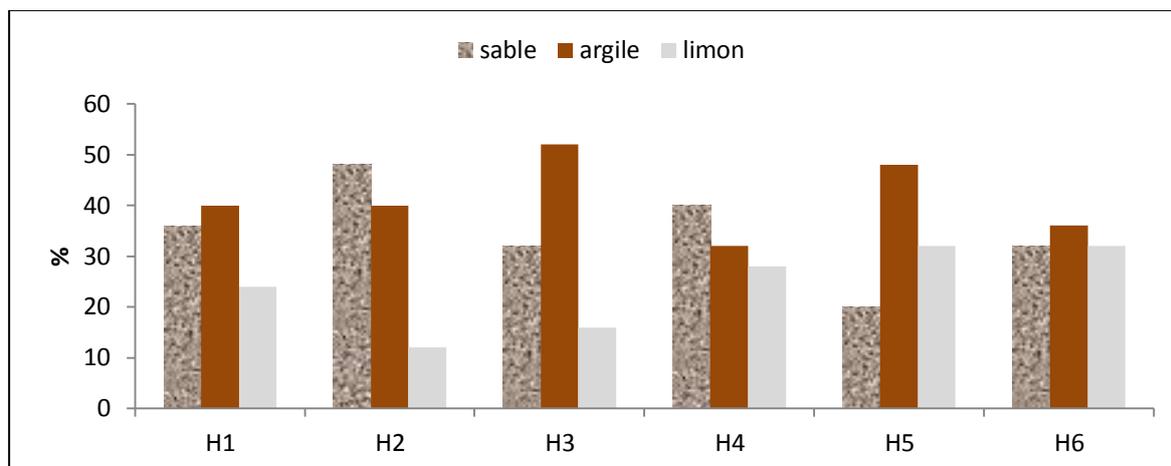


Figure n° 47 : Variation des fractions granulométriques par horizon pour la station de Smaoun

L'analyse granulométrique fait ressortir une prédominance par alternance des fractions argileuse et sableuse.

Le taux de la fraction argileuse atteint son maximum à l'horizon 3 avec 52%, quant à la fraction sableuse, elle enregistre son taux le plus élevé au deuxième horizon avec 48%.

Le taux de la fraction limoneuse diminue de moitié du premier horizon au deuxième, passant de 24% à 12% puis, il augmente progressivement pour se stabiliser à 32% à partir de l'horizon 5.

La texture set limono-argileuse au niveau des horizons 1,4 et 6 ; argileuse aux horizons 3 et 5 et argilo-sableuse au niveau du deuxième horizon.

4.5.3. Stabilité structurale

Les valeurs de $\log_{10} I_s$ varient entre 0,31 et 0,83 dans tout le profil avec des variations proportionnelles à la somme des argiles et limons mais aussi du taux du sable grossier.

Le sol de cette station est, dans sa totalité, très stable.

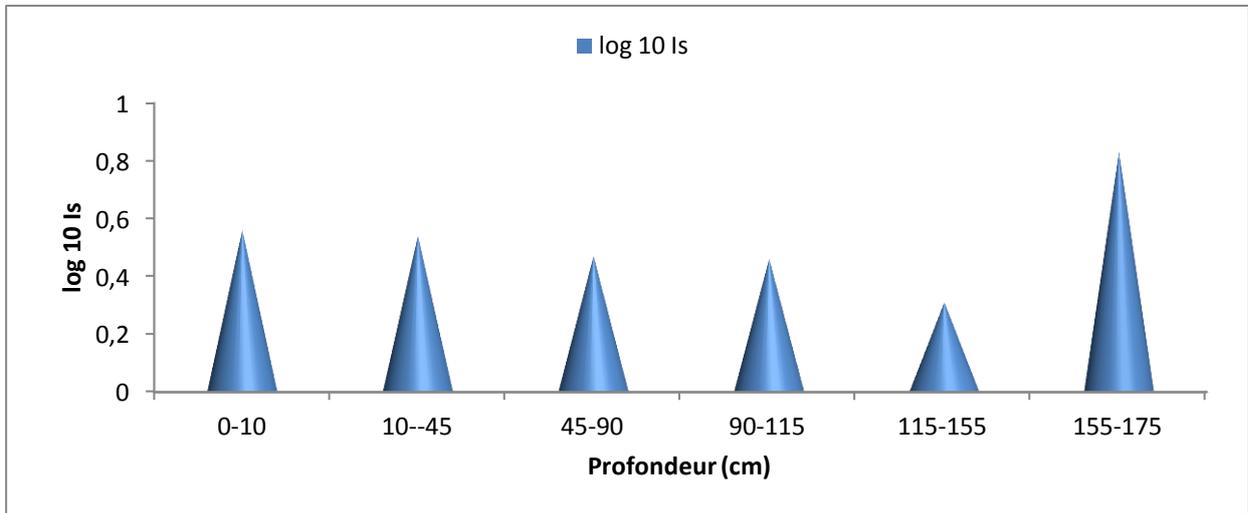


Figure n° 48 : Evolution de l'indice de stabilité structurale (I_s) en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

4.5.4. Perméabilité

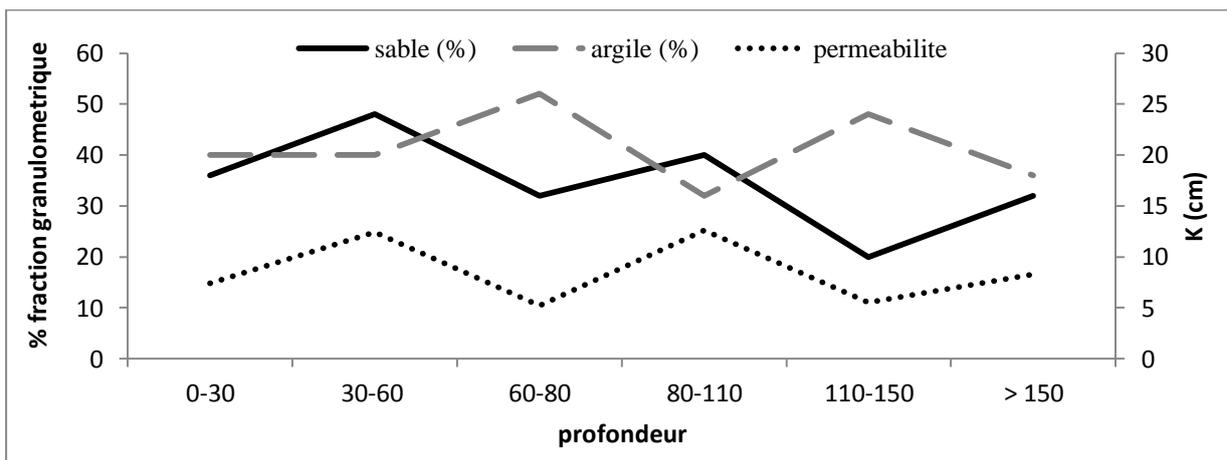


Figure n° 49 : Variations des valeurs de la perméabilité et des taux d'argile et de sable en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

Les valeurs les plus élevées de K sont enregistrées aux horizons 2 et 4 avec 12,45 cm/h et 12,58 cm/h respectivement. Les valeurs minimales sont enregistrées aux horizons 3 et 5 avec respectivement 5,22 cm/h et 5,55 cm/h. les horizons de surface et de profondeur présentent des valeurs intermédiaires, 7,40 cm/h et 8,27 cm/h respectivement.

La valeur K est dépendante des taux des fractions argileuse et sableuse.

Les horizons 3 et 5 ont une perméabilité moyenne, les horizons 1,2 et 6 possèdent une vitesse de filtration assez rapide, l'horizon 4 à une vitesse de filtration rapide.

4.5.5. Matière organique

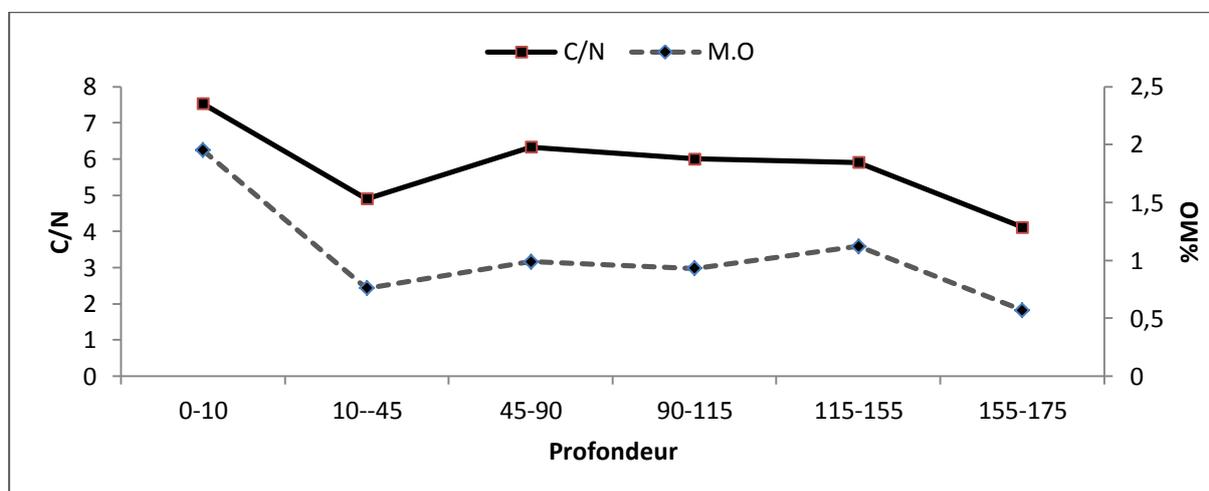


Figure n° 50 : Courbes de variation du taux de la matière organique et du rapport C/N en fonction de la profondeur pour la station de Smaoun

L'horizon de surface présente le taux le plus élevé avec 1,95% pour l'horizon 2, il diminue et enregistre 0,76%, puis remonte et se stabilise autour de 1% dans les deux horizons suivants, augmente au niveau de l'horizon 5 avec 1,12%, et enregistre une valeur minimale à l'horizon 6 avec 0,57%.

En dehors de l'horizon de surface, qui se rapproche de la normalité, les autres horizons sont peu organiques.

Les valeurs de C/N sont faibles au niveau des horizons 1,3 et 4 avec 7,53, 6,33 et 6 respectivement, et très faibles au niveau des autres horizons.

Toutes ces valeurs caractérisent les sols à décomposition rapide de la matière organique

4.5.6. Les paramètres physico-chimiques

4.5.6.1. Le pH

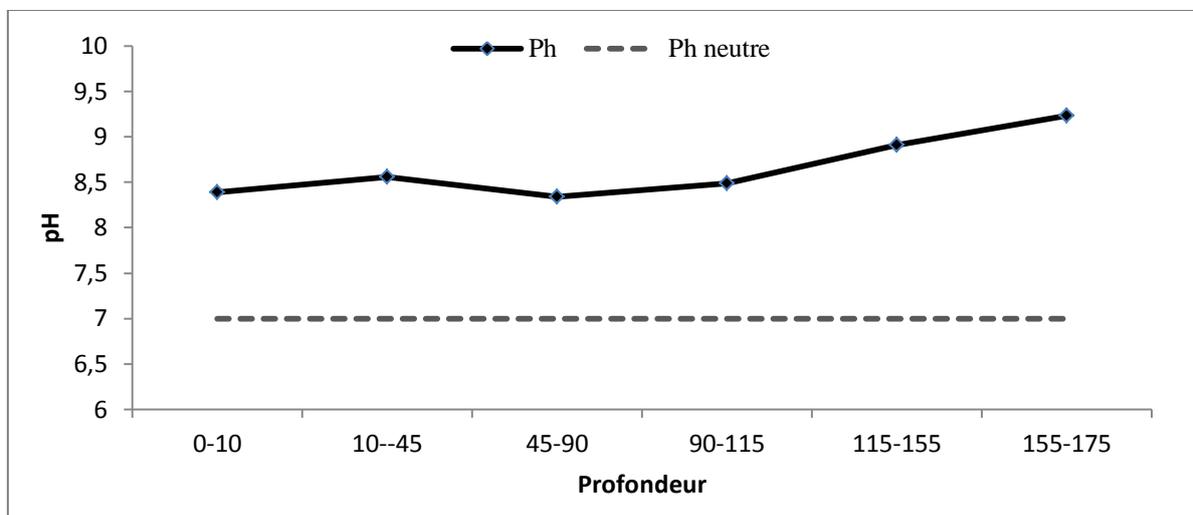


Figure n° 51 : Variation du pH en fonction de la profondeur du sol au niveau de la station de Smaoun

Les valeurs du pH tournent autour de 8,5 dans les quatre premiers horizons, les horizons 5 et 6 présentent des valeurs plus élevées, le pH atteint une valeur de 9,23 à l'horizon 6.

Les sols des quatre premiers horizons sont basiques, quant aux horizons 5 et 6, ils sont très basiques.

L'augmentation du pH est liée à l'augmentation des teneurs en cations Na^+ .

4.5.6.2. Le calcaire

Le profil présente des taux de calcaire total inférieurs à 4% de l'horizon 1 jusqu'à l'horizon 5, avec des valeurs nulles aux horizons 3 et 4 ; l'horizon de profondeur est le seul à enregistrer un taux élevé de 25,38%.

Les horizons 3 et 4 sont non calcaires, les horizons 1, 2 et 5 sont peu calcaires, quant à l'horizon 6, il est calcaire.

Le taux de calcaire actif dans les 5 premiers horizons est nul, ils sont non chlorosants ; l'horizon 6 se distingue par un taux de 3,33%, il est peu chlorosant

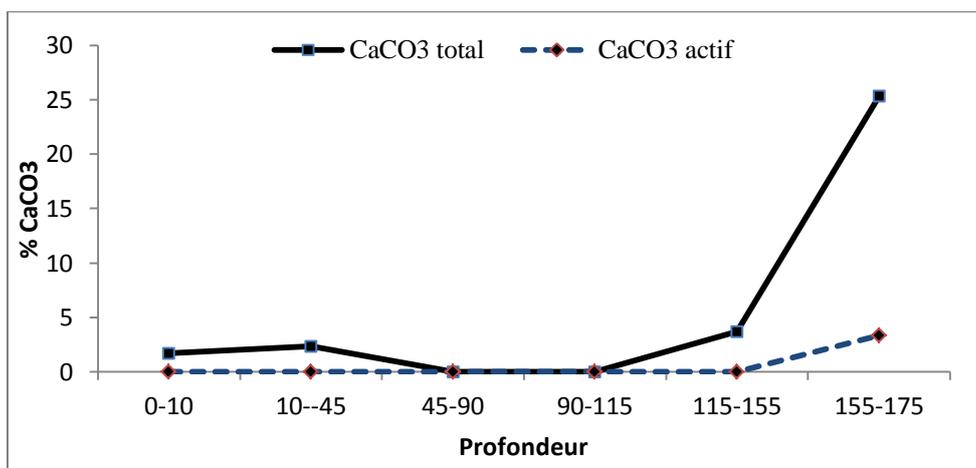


Figure n° 52: Variation des calcaires totaux et actifs en fonction de la profondeur au niveau de la station de Smaoun

4.5.6.3. La conductivité électrique

Les valeurs varient d'un horizon à l'autre, la valeur la plus faible est notée à l'horizon 3 et la plus élevée est enregistrée à l'horizon 5. Ces valeurs demeurent inférieures à 0,35 mS/cm, ce qui démontre des horizons non salés.

4.5.6.4. Les bases échangeables

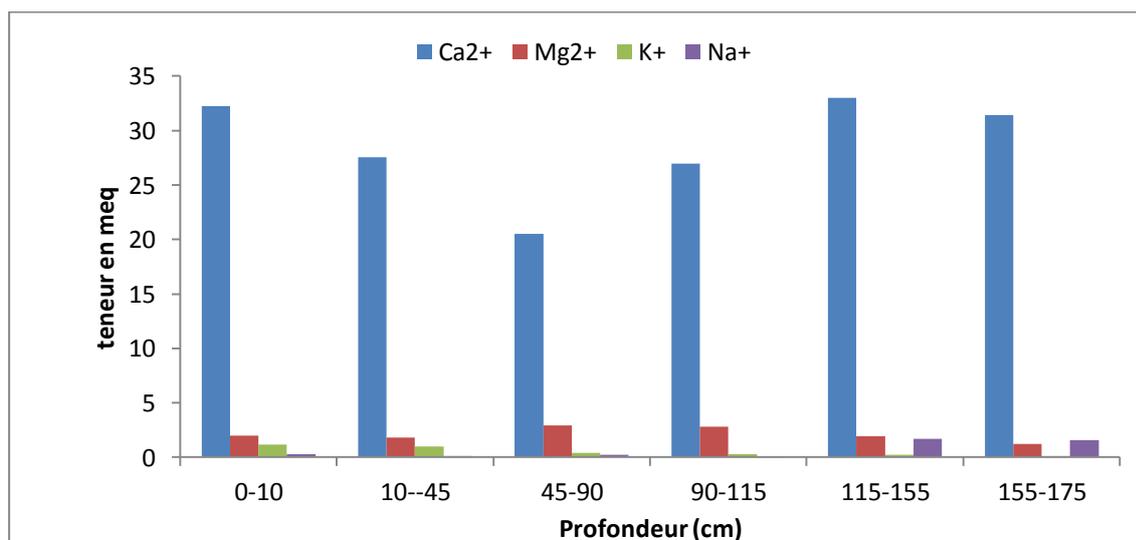


Figure n° 53 : Variation des teneurs des cations échangeables suivant la profondeur pour la station de Smaoun

- ***Calcium (Ca^{2+})***

Les valeurs de Ca^{2+} connaissent une diminution en allant de la surface vers la profondeur jusqu'à l'horizon 4, l'horizon 5 connaît une augmentation et enregistre la valeur la plus élevée avec 32,97 meq/100g puis diminue légèrement au niveau de l'horizon 6.

Tous les horizons du profil présentent des teneurs très élevées en calcium échangeable.

- ***Magnésium (Mg^{2+})***

La valeur de Mg^{2+} augmente de l'horizon 1 à l'horizon 3 où elle enregistre son maximum avec 2,93 meq/100g, elle se stabilise dans les horizons 3 et 4 puis, diminue dans les horizons de profondeur. La valeur minimale de 1,21 meq/100g est notée dans le dernier horizon.

Les horizons de ce profil présentent des valeurs très élevées en magnésium échangeable.

- ***Potassium (K^+)***

Les valeurs de K^+ les plus élevées sont notées au niveau des horizons de surfaces 1 et 2 avec, respectivement, 1,17 meq/100 g et 1,01 meq/100 g, suit une diminution progressive, elle atteint une valeur minimale de 0,14 meq/100 g au niveau de l'horizon de profondeur.

La teneur en potassium est très élevée au niveau des horizons 1 et 2, puis enregistre des teneurs faibles dans les autres horizons.

- ***Sodium (Na^+)***

La teneur en sodium diminue à partir de l'horizon de surface jusqu'à l'horizon 4 où elle enregistre 0,08 meq/100 g. Les horizons 4 et 5 présentent les teneurs les plus élevées avec 1,71 meq/100 g et 1,6 meq/100 g respectivement.

Les horizons 1, 2, 3 et 4 sont très faiblement pourvus en sodium quant aux horizons 5 et 6 sont bien pourvus, ils présentent des teneurs normales.

4.5.6.5. Phosphore et azote

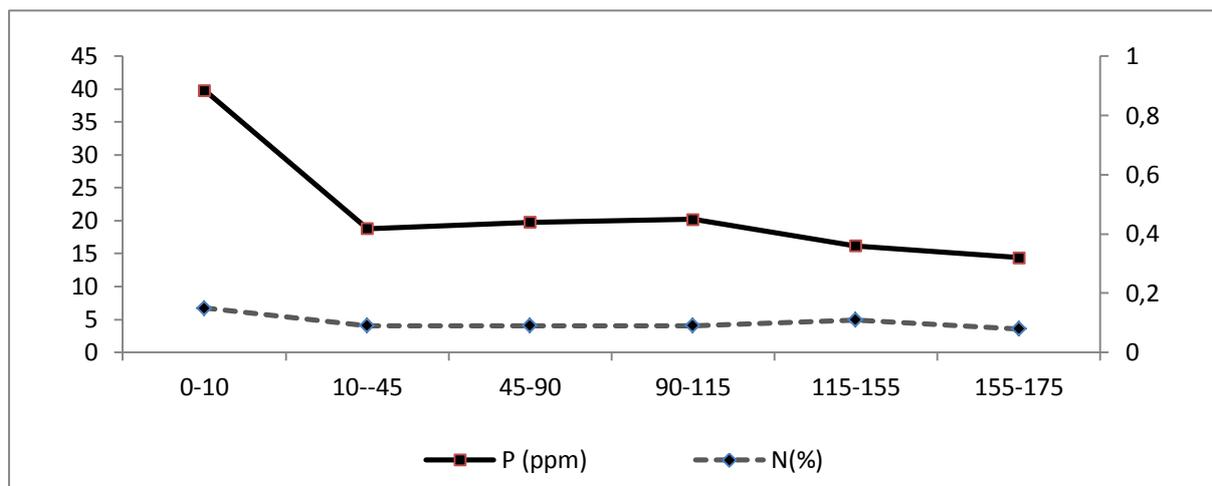


Figure n° 54 : Variation de la teneur en P et du taux de N suivant la profondeur pour la station de Smaoun

- *Phosphore*

Le profil présente une valeur maximale de 39,8 ppm de phosphore au niveau de l'horizon de surface, elle diminue dans les horizons de profondeur. La plus faible valeur est enregistrée au niveau de l'horizon 6 avec 14,4 ppm.

L'horizon 1 est le seul à présenter une richesse en phosphore, les autres horizons sont moyennement pourvus.

- *Azote*

L'azote enregistre son taux le plus élevé au niveau de l'horizon de surface avec 0,15% ensuite, il se stabilise dans les trois horizons suivants avec une valeur de 0,09%, puis augmente légèrement pour connaître une légère augmentation dans l'horizon 5 avec 0,11% et présente la valeur la plus faible de 0,08% au niveau de l'horizon de profondeur. L'allure de la courbe suit celle de la courbe de la matière organique.

Les horizons 1 et 5 sont caractérisés par un bon niveau d'azote, les autres horizons sont moyens.

4.5.7. Conclusion:

Les caractéristiques du sol de cette station peuvent être résumées comme suit :

- La texture est équilibrée au niveau des horizons de surfaces (0-90cm), et aux horizons 4 et 6, elle est argileuse au niveau des horizons 3 et 5 où s'accumulent les argiles.
- Le sol est caractérisé par une structure très stable et une perméabilité assez rapide aux horizons de surface.
- Le sol est peu organique en surface et s'appauvrit jusqu'à une profondeur de 1m 15cm, à partir de laquelle il connaît une augmentation du t aux de la matière organique. La matière organique connaît une décomposition rapide par une bonne activité biologique.
- Le sol est très riche en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} dans tout le profil, mais aussi en K^+ en surface et demeure moyennement pourvu en Phosphore. Il présente de moyennes teneurs en Azote.
- Le sol est alcalin, cela est dû à l'action des cations basiques.
- Le sol est non salé, cela est dû à la présence en faibles teneurs de Na.

Le profil présente deux horizons d'accumulation d'argiles, de matière organique et des éléments minéraux, il s'agit des horizons 3 et 5, l'horizon 5 pourrait être l'horizon A_1 d'un ancien sol calcaire, sur lequel s'est déposé un autre sol (colluvionnement).

4.6. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS

4.6.1. L'Analyse en Composante Principale

Les résultats analytiques obtenus ont été traités statistiquement par l'analyse en composante principale, en prenant en considération 20 variables physico-chimiques relatives aux 26 horizons que comptent les 5 profils étudiés.

Tableau n° XV : Valeurs propres des dix premiers axes factoriels (ACP 20 Var. et 26 Obs.)

Axes valeurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur propre	6,600	4,186	2,587	1,876	1,334	0,903	0,688	0,540	0,344	0,316
% variance	33,00	20,93	12,93	9,382	6,670	4,514	3,438	2,702	1,718	1,579
% cumulé	33,00	53,930	66,865	76,247	82,917	87,431	90,869	93,571	95,289	96,868

Les pourcentages d'inertie expliqués par les axes principaux est de 54% de l'inertie totale, avec respectivement 33% pour l'axe 1 et 21% pour l'axe 2.

L'évolution des paramètres édaphique des horizons superficiels dans les vingt profils sur le plan 1 X 2 montre sur le cercle de corrélations, deux groupes de variables (Fig N°1) :

. **l'axe 1 :** il est corrélé positivement aux variables chimiques sont opposées MO%(12,80), C%(12,81), N % (11,65), K⁺ (6,24) et P (5,3).

Par rapport aux variables physiques, cet axe oppose les argiles A%(7,37) et les limons (5,14) aux éléments sableux S%(9,70) et SF%(8,06).

L'axe 1 peut être interprété comme du chimisme des sols car les premières variables jouent un rôle dans la formation du complexe absorbant du sol, alors que les sables sont plutôt des éléments structuraux.

. **l'axe 2 :** les variables à fortes corrélations sont les variables calcaires total (13,98) et actif (15,67), limons (11,16), et Is (11,93) dans la partie positive opposées aux variables Sables grossier (13,42) et total, et perméabilité K (8,87) dans la partie négative.

cet axe traduit un gradient de stabilité structurale qui évolue inversement proportionnelle à la fraction sableuse et proportionnellement aux limons, et corrèle la perméabilité du sol avec les sables (sables grossiers en particulier) .

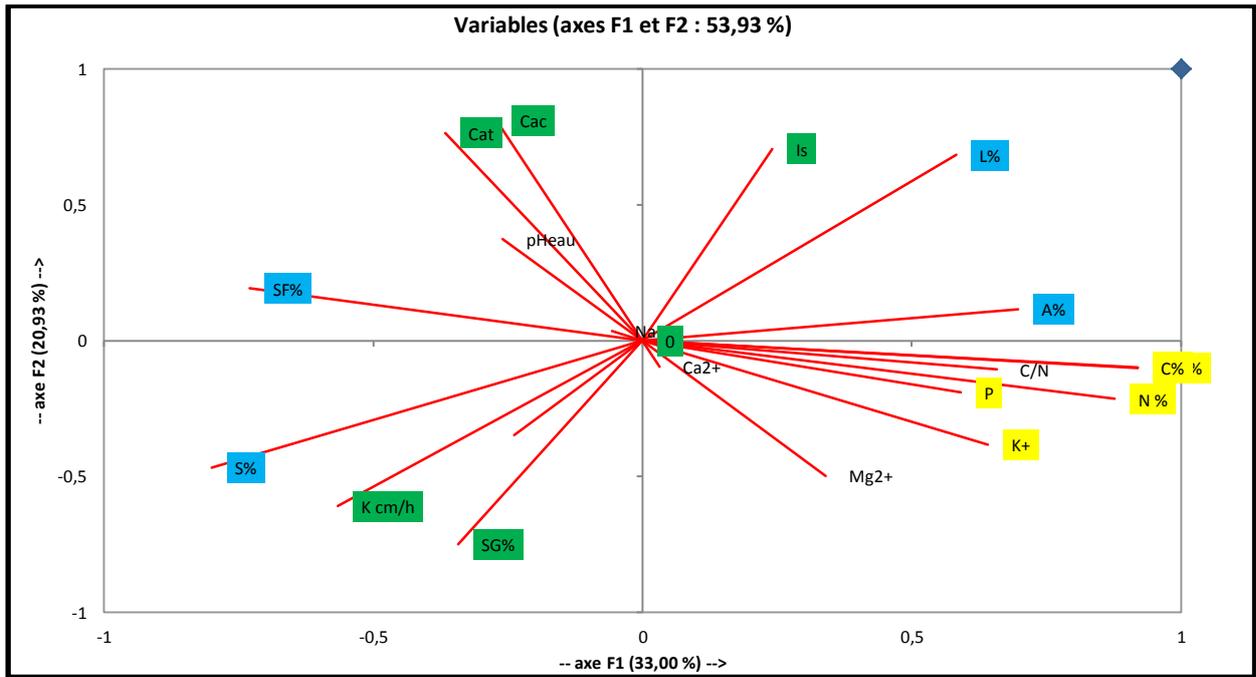


Figure n° 55 : Cercle de corrélation des variables édaphiques
Plan 1×2 (20 variables× 26 horizons)

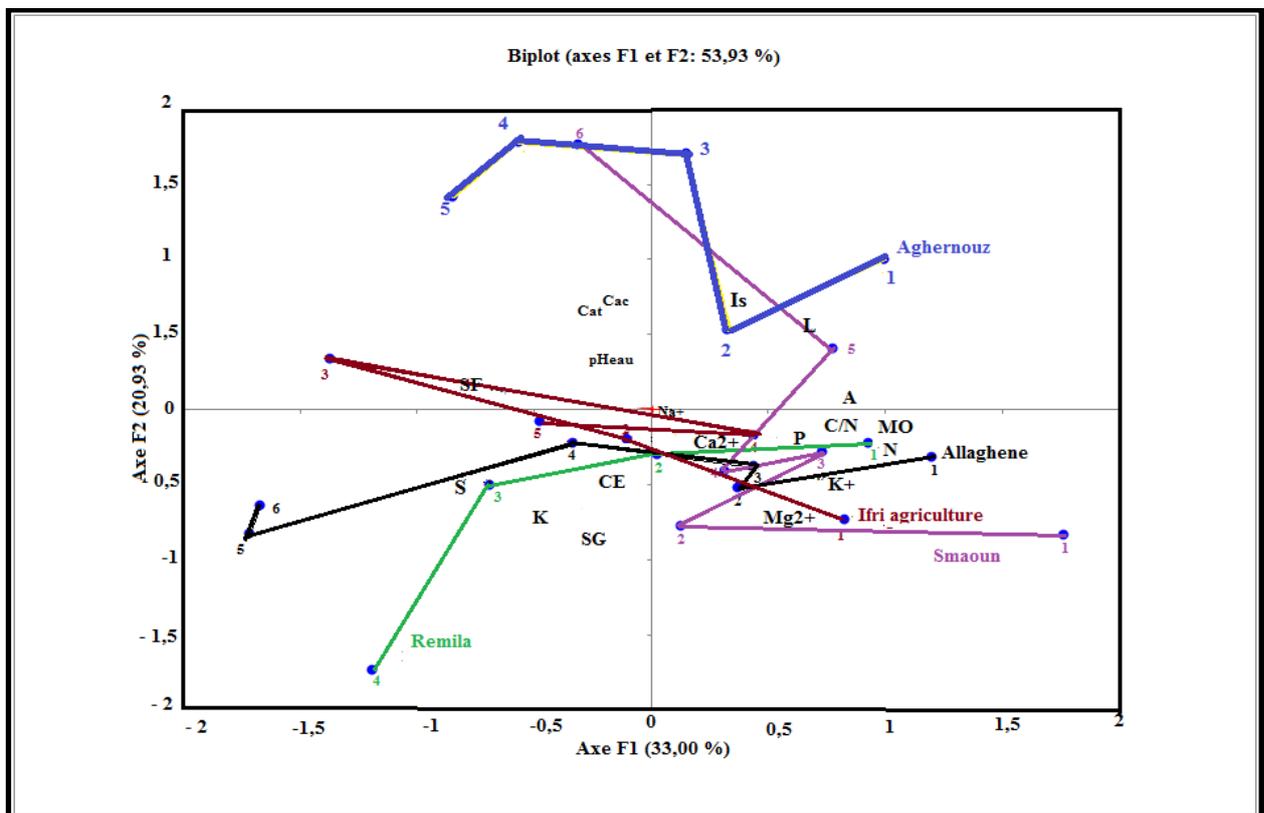


Figure n° 56 : Schématisation de l'évolution des profils étudiés sur le cercle de corrélation
Plan 1×2 (26 horizons × 20 variables)

La superposition des horizons de chaque profil sur le cercle de corrélation (**figure n° 56**), fait ressortir les informations suivantes :

Les profils sont scindés en deux groupes distincts :

- Un groupe caractérisé par de valeurs faibles de K et des teneurs en calcaire des plus élevées, il est représenté par le profil 03 (Allaghene) dans sa totalité
- Un autre groupe opposé au premier, représenté par les 4 autres profils.

L'ensemble des horizons de surfaces sont retrouvés dans le quadrant des argiles, matière organique et éléments chimiques. A l'opposé, les horizons de profondeur se retrouvent dans les quadrants des sables (totaux et grossiers) et celui des calcaires totaux et actifs.

4.6.2. Matrice de corrélation

Une matrice de corrélation pour les deux premiers horizons de chaque profil correspondant au sol agronomique et la totalité des caractères étudiés pour les cinq profils

Tableau n° XVI : Matrice de corrélation des deux premiers horizons pour les cinq profils étudiés

	<i>S1H1</i>	<i>S1H2</i>	<i>S2H1</i>	<i>S2H2</i>	<i>S3H1</i>	<i>S3H2</i>	<i>S4H1</i>	<i>S4H2</i>	<i>S5H1</i>	<i>S5H2</i>
S1H1	1									
S1H2	0,915	1								
S2H1	0,946	0,902	1							
S2H2	0,867	0,825	0,966	1						
S3H1	0,903	0,813	0,795	0,697	1					
S3H2	0,963	0,928	0,909	0,824	0,951	1				
S4H1	0,868	0,768	0,893	0,858	0,828	0,868	1			
S4H2	0,905	0,899	0,920	0,881	0,844	0,934	0,941	1		
S5H1	0,915	0,774	0,868	0,798	0,811	0,844	0,932	0,870	1	
S5H2	0,880	0,849	0,930	0,937	0,749	0,856	0,939	0,962	0,895	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

Le tableau ci-dessus montre une corrélation très significative dépassant souvent le taux de 80% entre les horizons de surface (profondeur variant entre 45 cm et 90 cm) des cinq profils étudiés, la moins importante est de l'ordre de 69,7% entre le deuxième horizon de la deuxième station (Ifri agriculture) et le premier de la troisième station (Aghernouz), la corrélation la plus importante est celle notée entre l'horizon 2 du profil 2 (Ifri agriculture) et l'horizon 1 du profil 3 (Aghernouz) avec 96,7%

La matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques (**tableau n°17**) nous a permis de mettre en évidence les corrélations suivantes :

- Une corrélation positive et significative entre les argiles et la matière organique, et une négative et significative avec les sables et l'indice de perméabilité.
- Une corrélation positive et significative entre les limons et l'indice d'instabilité et une corrélation négative et significative avec l'indice de perméabilité.
- Une corrélation positive et significative entre les sables (totaux et grossiers) et l'indice de perméabilité, et une autre négative et significative avec l'indice d'instabilité.
- Une corrélation positive et significative entre l'indice d'instabilité structurale avec les taux de calcaires (total et actif), et une corrélation négative et significative avec l'indice de perméabilité.
- Une corrélation positive et significative entre le taux de la matière organique et l'azote, le potassium, le phosphore et le rapport C/N.
- Une corrélation positive et significative entre le pH et les teneurs en Ca^{2+} et Na^+ , avec une corrélation plus importante pour le Na^+ .
- Une corrélation positive et significative entre la conductivité électrique et les teneurs en Ca^{2+} .
- Une corrélation positive et significative entre le calcaire actif et le calcaire total.

Tableau n° XVII : Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques étudiés

	A%	L%	S%	SG%	SF%	Is	K cm/h	MO%	C%	C/N	N %	K+	Na+	Mg2+	Ca2+	P	pHeau	Cat	Cac	CE
A%	1	0,293	-0,840	-0,494	-0,613	0,193	-0,619	0,448	0,448	0,356	0,453	0,249	0,079	0,375	0,104	0,114	-0,098	-0,331	-0,252	-0,116
L%	0,293	1	-0,765	-0,697	-0,290	0,634	-0,657	0,521	0,522	0,289	0,421	0,080	0,005	-0,190	-0,009	0,236	0,106	0,308	0,374	-0,279
S%	-0,840	-0,765	1	0,729	0,577	-0,490	0,790	-0,597	-0,598	-0,403	-0,544	-0,213	-0,056	-0,145	-0,065	-0,210	0,006	0,048	-0,043	0,236
SG%	-0,494	-0,697	0,729	1	-0,124	-0,416	0,670	-0,213	-0,216	-0,200	-0,118	0,075	-0,189	0,026	-0,132	0,193	-0,420	-0,312	-0,376	0,296
SF%	-0,613	-0,290	0,577	-0,124	1	-0,260	0,364	-0,567	-0,566	-0,293	-0,631	-0,358	0,121	-0,249	0,105	-0,516	0,518	0,429	0,379	-0,019
Is	0,193	0,634	-0,490	-0,416	-0,260	1	-0,548	0,158	0,158	-0,269	0,043	-0,066	-0,242	-0,372	-0,174	0,047	-0,122	0,447	0,487	-0,240
K cm/h	-0,619	-0,657	0,790	0,670	0,364	-0,548	1	-0,355	-0,355	-0,234	-0,376	-0,014	-0,017	-0,008	0,056	-0,098	0,158	-0,252	-0,317	0,113
MO%	0,448	0,521	-0,597	-0,213	-0,567	0,158	-0,355	1	1,000	0,673	0,849	0,680	-0,025	0,226	0,037	0,609	-0,224	-0,393	-0,305	-0,265
C%	0,448	0,522	-0,598	-0,216	-0,566	0,158	-0,355	1,000	1	0,676	0,849	0,680	-0,022	0,226	0,039	0,608	-0,220	-0,392	-0,302	-0,267
C/N	0,356	0,289	-0,403	-0,200	-0,293	-0,269	-0,234	0,673	0,676	1	0,569	0,516	0,187	0,372	0,201	0,435	0,202	-0,219	-0,128	-0,343
N %	0,453	0,421	-0,544	-0,118	-0,631	0,043	-0,376	0,849	0,849	0,569	1	0,713	0,005	0,416	0,096	0,592	-0,336	-0,384	-0,306	0,028
K+	0,249	0,080	-0,213	0,075	-0,358	-0,066	-0,014	0,680	0,680	0,516	0,713	1	-0,228	0,410	0,298	0,558	-0,112	-0,343	-0,341	-0,090
Na+	0,079	0,005	-0,056	-0,189	0,121	-0,242	-0,017	-0,025	-0,022	0,187	0,005	-0,228	1	0,066	0,237	-0,323	0,494	-0,080	-0,076	0,201
Mg2+	0,375	-0,190	-0,145	0,026	-0,249	-0,372	-0,008	0,226	0,226	0,372	0,416	0,410	0,066	1	0,450	-0,014	-0,175	-0,465	-0,428	0,299
Ca2+	0,104	-0,009	-0,065	-0,132	0,105	-0,174	0,056	0,037	0,039	0,201	0,096	0,298	0,237	0,450	1	-0,374	0,407	0,028	0,000	0,480
P	0,114	0,236	-0,210	0,193	-0,516	0,047	-0,098	0,609	0,608	0,435	0,592	0,558	-0,323	-0,014	-0,374	1	-0,331	-0,162	-0,154	-0,336
pHeau	-0,098	0,106	0,006	-0,420	0,518	-0,122	0,158	-0,224	-0,220	0,202	-0,336	-0,112	0,494	-0,175	0,407	-0,331	1	0,368	0,344	-0,211
Cat	-0,331	0,308	0,048	-0,312	0,429	0,447	-0,252	-0,393	-0,392	-0,219	-0,384	-0,343	-0,080	-0,465	0,028	-0,162	0,368	1	0,947	-0,078
Cac	-0,252	0,374	-0,043	-0,376	0,379	0,487	-0,317	-0,305	-0,302	-0,128	-0,306	-0,341	-0,076	-0,428	0,000	-0,154	0,344	0,947	1	-0,232
CE	-0,116	-0,279	0,236	0,296	-0,019	-0,240	0,113	-0,265	-0,267	-0,343	0,028	-0,090	0,201	0,299	0,480	-0,336	-0,211	-0,078	-0,232	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

Conclusion

Au terme de ce travail ayant porté sur la caractérisation de la fertilité des sols agricoles de la vallée de l'oued Soummam par l'évaluation de leurs paramètres physiques et chimiques, nous pouvons affirmer que les résultats nous ont apporté quelques réponses satisfaisantes en terme de potentialité agricole de ces sols.

L'étude s'est faite sur cinq profils pédologiques réalisés au niveau des sites différents du point de vue climatique, végétal et édaphique. Il s'agit de quatre sites situés sur la rive gauche de l'oued Soummam : Allaghene, Akbou (Ifri agriculture), Aghernouz (Souk Oufella) et Remila (Sidi-Aich), et un site situé sur la rive droite : Smaoun.

Du point de vue pédologique, tous les sols étudiés appartiennent à la classe des sols calcimagnésiques.

Le site Aghernouz, présente un sol d'apport alluvial, il est profond et uniforme. Les sols étudiés au niveau des sites Allaghene, Ifri Agriculture et Remila sont des sols d'apport alluvial brunifiés, il semblerait que celui de Remila ait subi une décarbonatation.

Le site de Smaoun présente une caractéristique particulière, qui est un apport par colluvionnement. En effet, l'étude a permis de mettre en évidence l'existence d'un ancien sol rouge calcaire sur lequel s'est superposé un autre sol. Il présente les caractéristiques des sols rouges méditerranéens.

Du point de vue agronomique, les sols présentent les caractéristiques suivantes :

- La structure est, généralement, polyédrique conférant au sol une fertilité élevée.
- La texture est argileuse à équilibrée influençant la fertilité positivement.
- Les sols sont stables à très stables permettant une bonne résistance aux contraintes, telle que l'érosion.
- La vitesse de filtration (perméabilité) est moyenne à bonne, ce qui permet une répartition homogène de l'eau dans tout le profil du sol.
- Les teneurs en matière organique, en azote et en phosphore sont moyennes à bonnes dans les horizons de surface (zone colonisée par les racines) et pauvres à très pauvre en profondeur.

- Les teneurs en calcium et magnésium échangeables sont très élevées dans tous les horizons des cinq profils étudiés.
- La teneur en potassium échangeable est, généralement très élevée en surface, alors que le sodium échangeable présente des teneurs faibles, ce qui dénote qu'il n'y pas de risque majeur d'alcalinisation du profil, donc de déstructuration des agrégats.
- Les sols sont alcalins à très alcalins sous l'effet des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} , les cations Na^+ interviennent dans les pH avoisinant ou dépassant la valeur de 9.
- Le problème de la salinité des sols ne se pose pas, tous les sols sont non salés.

A travers ces caractéristiques, nous pouvons affirmer que la plupart des sols étudiés présente une fertilité physico-chimique appréciable, en dépit de certaines carences, surtout, en matière de carbone, d'azote et de phosphore.

Afin d'assurer un maintien et une amélioration de la disponibilité de ces éléments et par conséquent de la productivité, Berger et al (1987) suggèrent le recours aux engrais minéraux associés aux restitutions organiques.

Soltner (1988), à travers ses expériences, montre que les amendements humifères, par les matières organiques qu'ils apportent, améliorent l'ensemble des propriétés des sols, en un mot leur fertilité.

En effet, la matière organique joue un rôle prépondérant dans l'amélioration de la structure (forme et stabilité), ainsi que dans l'augmentation de la porosité (perméabilité) et la rétention en eau du sol, sans omettre les paramètres chimiques.

En perspectives, il serait très souhaitable de poursuivre ce travail en l'étendant à d'autres sites, mais aussi à l'analyse d'autres paramètres très importants dans la croissance des végétaux comme les oligo-éléments, mais, surtout, en leur associant le type de plantations, c'est-à-dire d'étudier la relation sol-végétation d'un point de vue agronomique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abiven S., 2004 - Relations entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol. Thèse de doctorat en biologie et agronomie, ENSA Rennes, 262 p.

Afes, 1995 - Référentiel pédologique 1995, D. Baize et MC. Girard coord. INRA Editions, Paris, 332 p.

Baize D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, 172 p.

Baize D., Jabiol B., 1995 - Guide pour la description des sols. INRA, 375 p.

Baize D., 2000 - Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition revue et augmentée, INRA éditions, 257 p.

Barylenger A., Evrard R., et Gathy P., 1979 - La forêt vaillant-Carmane. Imprimerie Liège; 611 p.

Bennabi M S., 1985 - Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'Oued Sahel-Soummam (Algérie). Thèse de Doctorat 3ème cycle de géologie appliquée. U.S.M. Grenoble, 156 p.

Berger M., Belem P C., Dakouo D., Hien V., 1987- Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage, Coton et Fibres Tropicales Vol. XLII, .fasc.3, pp. 201-210.

Boyer J., 1978 - Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et subhumides. ORSTOM. I.D.T. 35, 174 p.

Boyer J., 1983- Conservation et amélioration de la fertilité. In : Bulletin technique d'information des ingénieurs des sciences agricoles n0379/381, Paris, France, ORSTOM pp 357-366.

Références bibliographiques

Brady NC., Weil R., 2002 - The nature and properties of soils, 13/e Pearson education, Inc. Upper saddle river, New Jersey 07458; ppt 32 p.

Buol, S W., Hole, F D., McCracken, R J., (1973) - Soil Genesis and Classification. Iowa State University Press, Iowa

Calvet R., 2003 - Le sol : Propriétés et fonctions T. I et II. France Agricole (Ed) 455 p.

Dahmani A., 2012 - Contribution à l'étude de l'érosion et du ruissellement des sols rouges dans les monts de Tlemcen : Utilisation de simulation de pluies. Thèse de Magistère en foresterie, Université de Tlemcen. 135 p.

Delaunoy A., 2006 - Guide simplifié pour la description des sols, 37 p.

Delaunoy A., 2013- Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols, 39 p.

Delecourt F., 1978 - Initiation à la pédologie, faculté des sciences agronomiques de l'état, Gembloux, Belgique. 69 p.

Dexter A R., 1988 - Advances in characterization of soil structure. Soil Tillage Res., 11 : pp 199-238.

D.P.A.T, 2003 - Direction de la planification et de l'aménagement de territoire de Bejaia. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, Résultats 2003.

Duchauffour Ph., 1984 - Abrégés pédologie. Masson, Paris, 220 p.

Duchauffour Ph., 1997 - Abrégé de Pédologie. Sol, végétation, environnement. Masson, paris, 291 p.

Duchauffour Ph., 2001 - Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. 6^{ème} Edition, Dunod, 331p.

Références bibliographiques

Dutartre Ph., Bartoli F., Andreux F., portal J M, Ange A., 1993 - Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from west Africa. *Geoderma*, vol 56, issues 1-4, pp. 459-478

FAO, 2002 - La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion de terres. Rapport basé sur le travail de Michel Robert INRA, Paris, France. 59p.

Flogeac K., 2004 - Etude de la capacité de rétention de produits phytosanitaires par deux solides modèles des sols. Influence de la présence des cations métalliques. Thèse Doctorat, Université de Reims Champagne Ardennes, 165 p.

Genot V., Colinet G., Bock L., 2007- La fertilité des sols agricoles et forestiers en région wallonne. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement Wallon. 78 p.

Girard M C., Walter C., Rémy J C., Berthelin J. et Morel J L., 2005 - Sols et environnement. Paris, DUNOD, 816p.

Gobat J M., Aragno M., Matthey W., 2003 - Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols ; PPUR Presses polytechniques, 568 p.

Gobat JM., Aragno M., Matthey W., 2010 - Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols ; PPUR Presses polytechniques, 817p.

Halitim A., 1988 - Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger. 384 p.

Henin S., Gras R., Monnier G., 1969 - Le profil cultural, Ed. Masson, Paris, 332p.

Henin S., 1976 - Cours de physique du sol. Vol I : Texture- Structure- Aération. ORSTOM- Paris, Editest- Bruxelles, 159p.

Références bibliographiques

Hervé D., 1995 - Stabilité structurale de sols de l'Altipano Bolivien ; effet de la durée de la jachère, pp 59-67

Jocteur Monrozier L., Duchaufour Ph., 1986- Données récentes sur l'humification. Science du sol, vol 25, n° 4, pp. 377-388

Le bissonais Y., Le souder C., 1995 - Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion, pp. 43-55

Le bissonais Y., 1996 a - Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: theory and methodology, European journal of soil science 47, pp. 425-437

Le bissonais Y., 1996 b - Soil characteristics and aggregate stability. Soil survey staff of France, INRA, Orléans France , pp. 41-61.

Le bissonais Y., Cros-Cayot S., Gasquel-Oudoux C., 2002 - Topographic dependence of aggregate stability, overland flow and sediment transport. Agronomie 22, pp. 489-501

Letreuch Belarouci N., 1991- Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Volume 1, OPU, 294 p.

Lilia R R, 2004 - Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des hautes terres de Madagascar ; thèse de doctorat des sciences naturelles, Antananarivo, 200 p.

Massenet J Y, 2013 - Chimie du sol, Chapitre V. 42 p.

Mc Cauley A., Jones C., Jacobsen J., 2005 - Basic soil properties and water management, state university extension, Monata, 12 p.

Meddour R., 2012 - bioclimatologie, Phytogéographie et Phytosociologie en Algérie. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques, Université de Tizi-Ouzou, 397 p.

Références bibliographiques

Mengel K., Kirkby EA., 2001 - Principles of plant nutrition. 5th Edition, Kluwer Academic Publishers, 849 p.

Merelle F., 1998- L'analyse de terre aujourd'hui. GEMAS. Nantes. 184 p.

Mhiri A., 2002 - Le potassium dans les sols de Tunisie, Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspective de la recherche, 13 p.

Moeys J., 2007 - Variabilité spatiale et déterminismes agro-pédologiques du devenir d'un herbicide dans l'horizon de surface. Thèse de Doctorat en sciences du sol, Ecole doctorale ABIES, 308 p.

Morel R., 1989 - Les sols cultivés. Ed. TEC. DOC- LAVOISIER, 373 p.

Mouni et al, 2009 - Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). Article de recherche sécheresse ; vol. 20, n° 4, pp 360-366

Oades, J.M., 1993 - The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. In: L. Brussaard and M.J. Kooistra (Editors), Int. Workshop on Methods of Research on Soil Structure/Soil Biota Interrelationships. Geoderma, N°56 , pp 377-400

PATW, 20013 - Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Bejaia. Phase n° 1 : évaluation territoriale et diagnostic, 320 p.

Peillon P., 1978 - Problèmes d'habitats en basse Kabylie. In CNRS Ed. « Recherche sur l'Algérie ». Mémoires et documents, N.S, 17, pp 165-291

Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara.. Ministère de la coopération et du développement Centre International de Recherches Agricoles et Développement. 444 p.

Références bibliographiques

Quenea, 2004 - Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sol d'une chrono-séquence Forêt/Maïs ; thèse de Doctorat de l'Université Paris VI, 187 p.

Ramade F., 1994 - Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale). 2^{ème} édition. Lavoisier 220 p.

Richer de Forges A., 2008 - Perdus dans les triangles des textures, pp 97-112

Robert M., 1996 - Le sol, Interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Dunod/ Masson, Paris. 240 p.

Roger-Estrade J., 1995 - Modélisation de l'évolution à long terme de l'état structural des parcelles labourées. Contribution à l'analyse des effets des systèmes de culture. Paris : INA P-G, 185 p.

Scheiner J D., 2005 - Spéciation du carbone, de l'azote et du phosphore de différentes boues de stations d'épurations au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol. Thèse de doctorat en agronomie. INP Toulouse, 218 p.

Skouri M., 1994 - Les ressources physiques de la région méditerranéenne. In : Dupuy B. (comp.), Dupuy B. (collab.). Equilibre alimentaire, agriculture et environnement en Méditerranée. Montpellier : CIHEAM. pp 15-30 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n24)

Soltner D., 1988 - Les bases de la production végétale, Tome 1 : Le sol. 16^e édition. Collection sciences et techniques agricoles. 466 p.

Soltner D., 1996 - Les bases de la production végétale, Tome I : le sol et son amélioration. 21^e édit., Collection Science et Techniques Agricoles, 464 p.

Sposito G., 1989 - The chemistry of soils, oxford university press, New York, 277p.

Références bibliographiques

Stevenson F.J., 1994 – Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, 2nd edition, 512 p.

UNIFA, 2005 - Union de l'industrie de fertilisation. Parlons fertilisation, 6 p.

Van Wesemael B., Brahy V., 2013 - Sols 2, chapitre 11 : les sols et l'environnement terrestre, pp 468-475.

Wopereis et al, 2008 – Curriculum APRA-GIR : Manuel technique. Référence 15 : La gestion intégrée de la fertilité du sol, pp 56-67.

ANNEXES

ANNEXE N° 01

(Fiches de description morphologiques des profils pédologiques)

Tableau n° 01 : Fiche descriptive du profil n° 01- *Ferme Hamimi (ALLAGHENE)*

(Le tableau ci-dessous décrit d'une manière exhaustive tous les paramètres observés in situ.)

Profil N° : 01		Station : ALLAGHENE		Date : 08/05/2013.		
Relief : plaine		Végétation : Maraichères		Distance de l'oued Soummam :		
Pente : 0 %		Espèces dominantes : Pomme de terre		Dénivellement/ Oued Soummam :		
Climat : méditerranéen						
Critères d'identification	Horizon 1 (0-30 cm)	Horizon 2 (30-60 cm)	Horizon 3 (60-80 cm)	Horizon 4 (80-110 cm)	Horizon 5 (110-150 cm)	Horizon 6 >150 cm
Humidité	Humide	Moyennement Humide	Peu Humide	Sec	Sec	Sec
Couleur	Brun foncé	Marron foncé	Marron clair	Brun jaune	Brun	Jaune marron
Éléments grossiers	Absence	Cailloux arrondis 10%	Cailloux arrondis 30%	Absence	2 bandes de galets arrondis	Galets
Matière organique	Riche	Présence moyenne	Peu riche	Absence	Absence	Absence
Texture	Argileux, sables fins	Argilo-limoneuse	Sable grossier, limon et argileux	Limono-argileux et sableux	Limono-argileux et sableux	Limono-argileux et sableux
Structure	Polyédrique subanguleuse	Polyédrique subanguleuse	Polyédrique subanguleuse développée	Polyédrique subanguleuse	Polyédrique subanguleuse très développé	Polyédrique subanguleuse très développé
Consistance	Friable	Compacte	Compacte	Compacte	Très compacte	Très compacte
Réaction à HCL	Effervescence	Effervescence	Effervescence	Effervescence	Effervescence	Effervescence
Porosité	Macroporosité	Microporosité	Microporosité	Absence	Absence	Absence
Enracinement	Moyennes et abondantes	Moyennes et abondantes	Fines et abondantes	Absence	Absence	Absence
Activité biologique	Faible	Faible	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau n° 02 : Fiche descriptive du profil n° 02 - Ifri Agriculture (IGHZER AMOKRANE)

(Le tableau ci-dessous décrit d'une manière exhaustive tous les paramètres observés in situ.)

Profil N° : 02 Relief : plaine Pente : 0 % Climat : méditerranéen		Station : IFRI Végétation : Olivier Espèces dominantes : Olivier		Date : 08/05/2013. Distance de l'oued Soummam: Dénivellement/ Oued Soummam :	
Critères d'identification	Horizon 1 (0-30 cm)	Horizon 2 (30-60 cm)	Horizon 3 (60-85 cm)	Horizon 4 (85-125 cm)	Horizon 5 >125 cm
Humidité	Humide	Humide	Faiblement Humide	Moyennement Humide (< H1 et H2)	Moyennement Humide (< H1 et H2)
Couleur	Marron foncé	Brun foncé	Marron clair	Brun rougeâtre	Marron foncé
Éléments grossiers	Cailloux, graviers 10%	Cailloux lisses arrondis 50%	Absence	Cailloux angulaires < 5%	Gros cailloux angulaires
Matière organique	Présence	Présence	Absence	Absence	Absence
Texture	Limono-argileux Sables fins 10%	Limono-argileux Sables grossiers 40%	Sableux Sables fins	Argileux- limoneux>> Sables fins	Argileux limoneux
Structure	Grumeleuse	Grumeleuse à Polyédrique	Polyédrique Subanguleuse peu développée	Polyédrique Sub anguleuse moy dévelop	Polyédrique Sub anguleuse moy dévelop
Consistance	Friable	Compacte	Très Compacte	Compacte	Très compacte
Réaction à HCL	Effervescence	Effervescence	Effervescence	Effervescence faible	Effervescence
Porosité	Macroporosité	Microporosité	Microporosité	Microporosité	Microporosité
Enracinement	Racines fines abondantes	Racines fines abondantes	Racines fines abondantes	Racines grosses fines moins abondantes	Absence
Activité biologique	Présence	Présence	Absence	Absence	Absence

Tableau n° 03 : Fiche descriptive du profil n° 03 - Ferme Sahli et frères, Aghernouz
(Le tableau ci-dessous décrit d'une manière exhaustive tous les paramètres observés in situ.)

Profil N° : 03		Station : AGHERNOUZ		Date : 08/05/2013.	
Relief : plaine		Végétation : Herbacées		Distance de l'oued Soummam:	
Pente : 0 %		Espèces dominantes : Olivier- céréales		Dénivellement/ Oued Soummam :	
Climat : méditerranéen					
Critères d'identification	Horizon 1 (0-30 cm)	Horizon 2 (30-85 cm)	Horizon 3 (85-150 cm)	Horizon 4 (150-175 cm)	Horizon 5 (175-200 cm)
Humidité	Humide	Sec	Sec	Sec	Humide
Couleur	Marron	Marron foncé	Marron	Marron clair	Brun jaunâtre
Eléments grossiers	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Matière organique	Présence importante	Peu organique	Peu organique	Absence	Absence
Texture	Argileux	Limono-argileux	Argilo-limoneux	Argilo- limoneux	Limono-sableux
Structure	Polyédrique subanguleus Très développée	subanguleuse Très développée	Polyédrique Subanguleuse moyennement développée	Subanguleuse moyenne- ment développée	Subanguleuse moyenn- ement développée
Consistance	Friable	Compacte	Très compacte	Très compacte	Très compacte
Réaction à HCL	Effervescence	Faible effervescence	Effervescence	Effervescence	Effervescence
Porosité	Macroporosité importante	Microporosité	Microporosité	Microporosité	Microporosité >>>
Enracinement	Racines fines abondantes	Racines fines abondantes	Racines fines abondantes	Absence	Absence
Activité biologique	Présence	Présence	Présence	Absence	Absence

Tableau n° 04: Fiche descriptive du profil n° 04 - Remila (Sidi-Aïch)

(Le tableau ci-dessous décrit d'une manière exhaustive tous les paramètres observés in situ.)

Profil N° : 04		Station : REMILA		Date : 08/05/2013.	
Relief : plaine		Végétation : jachère		Distance de l'oued Soummam:	
Pente : 0 %		Espèces dominantes :		Dénivellement/ Oued Soummam :	
Climat : méditerranéen					
Critères d'identification	Horizon 1 (0-35 cm)	Horizon 2 (35-70 cm)	Horizon 3 (70-125 cm)	Horizon 4 (125-170cm)	
Humidité	Humide	Sec	Sec	Sec	
Couleur	Marron clair	Rouge jaunâtre	Marron rougeâtre	Marron grisâtre	
Éléments grossiers	Cailloux angulaires	Cailloux angulaires	Graviers	Graviers - feuillets d'argile	
Matière organique	Pauvre	Pauvre	Pauvre	Pauvre	
Texture	Argileuse faiblement limoneuse	Limono-argileuse	Argilo-limono-sableuse	Argilo-limono-sableuse	
Structure	Subanguleuse très développée	Subanguleuse très développée	Subanguleuse moyennement développée	Polyédrique	
Consistance	Peu compacte	Compacte	Compacte	Compacte	
Réaction à HCL	Pas d'effervescence	effervescence	effervescence	effervescence	
Porosité	Importante	Microporosité	Microporosité	Importante	
Enracinement	Racines fines (importante)	Peu de racines fines	Absence	Absence	
Activité biologique	Absence	Absence	Absence	Absence	

Tableau n° 05 : Fiche descriptive du profil n° 05 - SMAOUN

(Le tableau ci-dessous décrit d'une manière exhaustive tous les paramètres observés in situ.)

Profil N° : 05 Relief : bas de colline Pente : 10 % Climat : méditerranéen		Station : SMAOUN Végétation : Vignoble Espèces dominantes : vigne		Date : 08/05/2013. Distance de l'oued Soummam: Dénivellement/ Oued Soummam :		
Critères d'identification	Horizon 1 (0-30 cm)	Horizon 2 (30-60 cm)	Horizon 3 (60-80 cm)	Horizon 4 (80-110 cm)	Horizon 5 (110-150 cm)	Horizon 6 >150 cm
Humidité	Peu humide	Peu humide	Humide	Humide	Humide	sec
Couleur	Marron rougeâtre	Rouge jaunâtre	Rouge jaunâtre	Marron rougeâtre	Rouge foncé	Marron jaunâtre foncé
Éléments grossiers	Cailloux angulaires	Cailloux angulaires	Graviers et Cailloux arrondis	-	-	-
Matière organique	Présence	Présence faible	Présence	Présence moyenne	Présence	Absence
Texture	Argileux	Argilo-limoneuse Sable fin	Argileux	Limono-argileux et sableux	Limono-argileux	Limono-argileux
Structure	Polyédrique	Polyédrique	Polyédrique	Polyédrique	Polyédrique	Polyédrique
Consistance	Friable	Compacte	Très compacte	compacte	Très compacte	Tres compacte
Réaction à HCL	Faible effervescence	Faible effervescence	Absence	Absence	Faible effervescence	Effervescence
Porosité	Macroporosité	Microporosité	Microporosité	Absence	Absence	Absence
Enracinement	Moyennes et abondantes	Moyennes et abondantes	Fines et abondantes	Absence	Absence	Absence
Activité biologique	Faible	Faible	Absence	Absence	Absence	Absence

ANNEXE N° 02

Résultats analytiques détaillés (moyenne des résultats de trois répétitions) des paramètres physiques

Tableau n° 01 : Résultats analytiques de la stabilité structurale pour les cinq profils étudiés

Station	Horizon	(A+L) max (%)	(Aga+Agb+ Age)/3 (%)	S.G (%)	IS	Log10 IS	Qualificatif
<i>Alaghene</i>	H 01	71,6	20,6	5,7	4,62	0,66	T. stable
	H 02	68,4	29,6	6,6	2,89	0,46	T. stable
	H 03	63,3	32,8	9,4	2,6	0,41	T. stable
	H 04	49,7	30,4	17,7	3,43	0,53	T. stable
	H 05	32,8	44,3	34,2	2,42	0,38	T. stable
	H 06	33,3	39,1	20,5	1,8	0,25	T. stable
<i>Ifri</i>	H 01	51,1	31,8	17,2	3,13	0,49	T. stable
	H 02	51,5	36,6	17,1	2,43	0,39	T. stable
	H 03	33,8	27,9	9,2	1,72	0,23	T. stable
	H 04	62,00	29,9	15,4	3,86	0,59	T. stable
	H 05	56,9	31,4	9,2	2,46	0,39	T. stable
<i>Aghernouz</i>	H 01	74,4	11,00	4,10	10,18	1,01	Stable
	H 02	66,4	19,80	4,50	4,21	0,62	T. stable
	H 03	68,6	12,60	3,90	7,54	0,88	T. stable
	H 04	50,1	12,00	5,40	7,01	0,85	T. stable
	H 05	38,4	15,30	7,90	4,68	0,67	T. stable
<i>Remila</i>	H 01	57,7	33,1	17,6	3,34	0,52	T. stable
	H 02	58,9	37,5	14,1	2,37	0,37	T. stable
	H 03	44,7	34,6	28,9	5,2	0,72	T. stable
	H 04	28,2	64,00	51,30	1,58	0,2	T. stable
<i>Smaoun</i>	H 01	50,1	37,6	26,3	3,6	0,56	T. stable
	H 02	44,2	38,5	28,7	3,49	0,54	T. stable
	H 03	67,2	34,2	12,9	2,97	0,47	T. stable
	H 04	60,8	35,6	16	2,86	0,46	T. stable
	H 05	73,1	37,5	1,8	2,03	0,31	T. stable
	H 06	64,5	12,4	3,3	6,84	0,83	T. stable

Tableau n° 02 : Résultats analytiques de la perméabilité pour les cinq profils étudiés

Station	Horizon	V (cm ³)	H (cm)	s (cm ²)	h (cm)	K (cm/h)	V. Filtration
<i>Allaghene</i>	H 01	413	8,5	16,6	1,73	5,06	Moyenne
	H 02	588	8,5	16,6	1,80	7,50	Assez rapide
	H 03	643	8,5	16,6	1,50	6,83	Assez rapide
	H 04	510	8,5	16,6	1,70	6,14	Moyenne
	H 05	1421	8,5	16,6	1,80	18,12	Rapide
	H 06	1325	8,5	16,6	1,80	16,90	Rapide
<i>Ifri</i>	H 01	885	8,5	16,6	1,60	9,78	Assez rapide
	H 02	820	8,5	16,6	1,93	11,20	Assez rapide
	H 03	960	8,5	16,6	1,96	13,33	Rapide
	H 04	630	8,5	16,6	1,73	7,72	Assez rapide
	H 05	493	8,5	16,6	1,83	6,39	Moyenne
<i>Aghernouz</i>	H 01	198	8,5	16,6	1,66	2,33	Moyenne
	H 02	228	8,5	16,6	1,66	2,68	Moyenne
	H 03	178	8,5	16,6	1,63	2,06	Moyenne
	H 04	278	8,5	16,6	1,86	3,66	Moyenne
	H 05	426	8,5	16,6	1,86	5,61	Moyenne
<i>Remila</i>	H 01	370	8,5	16,6	1,96	5,14	Moyenne
	H 02	485	8,5	16,6	1,80	6,19	Moyenne
	H 03	730	8,5	16,6	1,90	9,83	Assez rapide
	H 04	1058	8,5	16,6	1,80	13,84	Rapide
<i>Smaoun</i>	H 01	640	8,5	16,6	1,56	7,40	Assez rapide
	H 02	1126	8,5	16,6	1,56	12,45	Assez rapide
	H 03	491	8,5	16,6	1,50	5,22	Moyenne
	H 04	1026	8,5	16,6	1,73	12,58	Rapide
	H 05	428	8,5	16,6	1,83	5,55	Moyenne
	H 06	675	8,5	16,6	1,73	8,27	Assez rapide

ANNEXE N° 03

Valeurs indicatives de la fertilité des sols (Normes d'interprétations)

Tableau n° 01 : principales formes structurales et leurs significations sur la fertilité agronomique (Delaunois, 2013)

Forme structurale	Signification sur la fertilité agronomique
Grumeleuse	Très élevée
Mixte grumeleuse polyédrique	Elevée à très élevée
Polyédrique	Elevée
Massive fissurée	Faible
Massive non fissurée	Très faible
Lamellaire	Très faible

Tableau n° 02 : Classes de stabilité structurale suivant log₁₀ Is (Calvet et al, 2003)

Log 10 Is	< 1	1-1,3	1,3- 1,7	1,7- 2	>2
Stabilité	Très stable	Stable	Stabilité médiocre	Instable	Très instable

Tableau n° 03 : classes de perméabilités d'après le coefficient K (Mathieu et Pioletin, 1998)

Valeurs de K (cm/h)	Vitesse de filtration
0,1	Très lente
0,1- 0,5	Lente
0,5- 2	Assez lente
2- 6,5	Moyenne
6,5- 12,5	Assez rapide
12,5- 25	Rapide
> 25	Très rapide

Tableau n° 04: Normes internationales de **Henin et al (1969)** pour la matière organique

% M.O	0 - 2	2 - 4	4 - 10	10 - 20	> 20
Signification sur la fertilité agronomique	Sol pas ou peu organique	Sol normal	Sol humifère	Sol Humo-texture	Semble à l'humus

Tableau n° 05: Normes et qualificatifs du rapport C/N selon le guide pratique de **LCA (2008)**

C/N	Signification sur la fertilité agronomique	
< 6	Très faible	Sol à décomposition rapide de la matière organique
6-8	Faible	
8-11	Normal	Bonne décomposition de la matière organique
11-12	Légèrement élevé	
12-14	Elevé	Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique
> 14	Très élevé	

Tableau n° 06: Normes internationales de **Henin et al (1969)** d'interprétation des calcaires total et actif

Elément dosé	Norme	Signification
Calcaire total	< 5%	Peu calcaire
	5% - 15%	Moyennement calcaire
	16% - 30%	Calcaire
	>30%	Très calcaire
Calcaire actif	< 8%	Peu chlorosant
	8% - 15%	Chlorosant
	>15%	Très chlorosant

Tableau n° 07 : Les domaines de pH_{eau} et les qualificatifs correspondant extraits du « Référentiel pédologique » de l'AFES (1995)

Valeur de pH	Signification
< 3,5	Hyper acide
3,5 – 5	Très acide
5 – 6,5	Acide
6,5 – 7,5	Neutre
7,5 – 8,7	Basique
> 8,7	Très basique

Tableau n° 08 : Normes d'interprétation de la conductivité électrique (FERTIAL)

Valeur de CE (mS/cm)	Signification
0 - 0,35	Non salé
0,35 - 0,65	Légèrement salé
0,65 - 1,15	Salé
1,15 - 1,8	Très salé
> 1,8	Excessivement salé

Tableau n° 09 : Normes de la CSW pour l'évaluation des teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} , et Henin et al (1969) des teneurs en K^+

Qualificatif	Ca^{2+} (meq/100g)	Mg^{2+} (meq/100g)	K^+ (meq/100g)
Très élevé	> 22,8	> 0,81	> 1
Elevé	17,1 - 22,8	0,61 - 0,81	0,5 - 1
Bon	11,4 - 17,1	0,41 - 0,61	0,25 - 0,5
Faible	5,7 - 11,4	0,21 - 0,41	< 0,25
Très Faible	< 5,7	< 0,21	/

Tableau n° 10 : Normes internationales de Henin et al (1969) d'interprétation des teneurs en Phosphore

Teneur (ppm)	Signification
< 10	Pauvre
10 - 30	Moyen
30 - 56	Riche
> 56	Excessivement riche

Tableau n° 11 : Normes d'interprétation des teneurs en azote dans le sol (Wopereis et al, 2008)

Azote (%)	Niveau d'azote dans le sol
< 0,05	Pauvre
0,05 - 1	Moyen
> 1	Bon

Résumé

La caractérisation des potentialités agro-pédologiques des sols de la vallée de l'oued Soummam, s'est faite par l'évaluation physico-chimiques de cinq profils pédologiques réalisés au niveau de propriétés agricoles situées à Allaghene, Akbou, Souk Oufella et Sidi-Aich sur la rive gauche, et Smaoun sur la rive droite.

Les observations *in situ* et les analyses des différents paramètres au laboratoire, appuyées par une analyse statistique, ont montré que les sols appartiennent à la classe des sols calcimagnésiques. Ils sont d'apport alluvial sur la rive gauche et d'apport colluvial sur la rive droite.

Du point de vue agronomique, nous pouvons affirmer que la plupart des sols présente des caractéristiques structurales, texturales et chimiques intéressantes, confirmant ainsi la présence d'une fertilité physico-chimique appréciable, en dépit de certaines carences en carbone, en azote et en phosphore. Le recours aux engrais minéraux et humifères devront permettre une amélioration sensible de l'ensemble des propriétés de ces sols.

Mots clés : Soummam, pédologie, agriculture, fertilité physico-chimique

Abstract

The characterization of agro-pedological potentials of Soummam soils, was made by the physico-chemical evaluation of five pedological profiles achieved at agricultural properties located in Allaghene, Akbou, Souk Oufella, Sid-Aich on the left bank, and Smaoun on the right bank

In situ observations and analyzes of different parameters in the laboratory, supported by statistical analysis showed that soils belong to the class of Calcimagnesian soils, they are alluvial input on the left bank and colluvial input on the right bank

From an agronomic point of view, we can say that most soils presents interesting structural, textural and chemical characteristics, thus confirming the presence of significant physico-chemical fertility, despite some deficiencies of carbon, nitrogen and phosphorus. The use of mineral and humic fertilizers will allow will allow a significant improvement of overall properties of these soils.

Key words: Soummam, pedology, agriculture, physico-chemical fertility

ملخص

تمّ توصيف إمكانات التربة الزراعية لضفاف وادي الصومام عن طريق التقييم الفيزيائي والكيميائي لخمس ملامح ترابية أقيمت في ممتلكات فلاحية تقع في ألأغن، أقبو، سوق أوفلة و سيدي عيش على الضفة اليسرى، وسمعون على الضفة اليمنى

الملاحظات في الموقع والتحليل المخبرية لمختلف العناصر، مؤيدة بدراسة إحصائية أظهرت أن التربة تنتمي إلى فئة

التربة الغنية بالكالسيوم و المغنزيوم إنها ذات إسهام الطمي على الضفة اليسرى والمدخلات على الضفة اليمنى

من وجهة نظر زراعية، أن معظم أنواع التربة يعرض خصائص هيكلية، تكوينية وكيميائية مهمة مؤكدا وجود الخصوبة فيزيائية و كيميائية كبيرة على الرغم من أوجه القصور معينة من الكربون والنيتروجين والفوسفور فإن استخدام الأسمدة المعدنية والديبال تسمح تحسن كبير في كل من خصائص هذه ال

الكلمات الرئيسية: الصومام، علوم التربة، الزراعة، خصوبة فيزيائية و كيميائية