

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR –

جامعة باجي مختار

ANNABA

عنابة



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE DE RECHERCHE SOL ET DEVELOPEMENT DURABLE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Spécialité : FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

Intitulé

« Etude des relations sols-végétations dans la péninsule de l'Edough ».

Présentée par : Mlle LAKEHAL AYAT Somia

Membres de jury :

| | | | |
|----------------------|--------------|-----|--|
| Pr. HABBACHI Waffa | Président | Pr | Université Badji Mokhtar - Annaba |
| Pr. SAMAI Ibtissem | Directrice | Pr | Université Badji Mokhtar - Annaba |
| Pr. BENSLAMA Mohamed | Co-directeur | Pr | Université Badji Mokhtar - Annaba |
| Dr. KETIF Amel | Examinatrice | MCA | Université Badji Mokhtar - Annaba |
| Dr. BELDJAZIA Amina | Examinatrice | MCA | Université Ferhat Abbas - Sétif |
| Dr. NEBBACHE Saloua | Examinatrice | MCA | Université Larbi Ben M'Hidi - Oum El Bouaghi |

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu pour m'avoir donné la patience, le courage et la force pour terminer ce travail.

*Je tiens à remercier vivement madame **HABBACHI Waffa** professeur à l'Université Badji Mokhtar ANNABA, qui me fait l'honneur et l'immense plaisir de présider le jury de ma soutenance.*

Je remercie également ; Mesdames les membres du jury :

*Madame **KETIF Amel**, Maitre de conférence classe A à l'université d'ANNABA d'avoir examiné et évalué ce travail.*

*Madame **BELDJAZIA Amina**, Maire de conférence classe A à l'université de Ferhat Abbas Sétif, d'avoir examiné et évalué ce travail.*

*Madame **NEBBACHE Saloua**, Maitre de conférence classe A à l'université de Larbi ben M'Hidi Oum El Bouaghi, d'avoir examiné et évalué ce travail.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à ma Directrice de thèse Madame **SAMAI Ibtissem**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar ANNABA je suis très reconnaissante de m'avoir formée, orientée et conseillée, merci pour votre gentillesse et votre sympathie. Jamais je n'oublierai votre accompagnement tout le long de ce travail.*

*Je souhaite remercier mon Co-directeur de thèse monsieur **BENSLAMA Mohamed**, Professeur à l'Université d'ANNABA, de m'avoir accueillie au sein de son équipe. Je lui suis également reconnaissante pour le temps conséquent qu'il m'a accordé, ses qualités pédagogiques et scientifiques, J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse ma gratitude pour tout cela. Je vous remercie.*

En outre, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien émotionnel et spirituel de ma famille. Je n'oublierai jamais l'aide, les conseils, les encouragements et le soutien de mes parents « Abderrahmen et Zahia » qui ont toujours avoir cru en moi, Mille mercis ne suffisent pas pour vous exprimer ma grande gratitude à vous. Votre soutien a été extrêmement précieux.

Un immense merci à mes chères sœurs « meriem et sara » et mon très « Med wassim » cher frère pour leur soutien au cours de ces dernières années.

Merci à mon fiancé de m'avoir motivé, encourager et remontée le moral.

À la mémoire de mon grand-père Mohammed Nacer.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à tous ceux qui n'ont pas hésité un seul instant et m'ont encouragé même avec un sourire, je vous remercie de tout mon cœur.

Résumé :

Cette étude vise à déterminer les relations qui semblent exister entre les caractères édaphiques et la végétation à un niveau bioclimatique humide où la pluviométrie est abondante. Cette zone est la forêt d'Edough (Sereidi) (nord-est de l'Algérie).

Afin de caractériser et préciser les propriétés des sols dans la Forêt d'Edough à Sereidi et d'expérimenter le fractionnement de la matière organique, essentiellement important dans les écosystèmes forestiers, Une étude d'exploration et d'échantillonnage a été réalisée en superposant différents fonds topographiques avec des groupements végétaux différents. L'approche que nous avons choisie consiste en un plan d'échantillonnage stratifié « strate » de la végétation, un recensement des divers végétaux et une description du sol dans lequel cette plante colonise et se développe, En effet, le sol incarne le cadre de vie et les fondements des écosystèmes et de leur rôle.

Les résultats obtenus indiquent que les sols de cette forêt sont acides à fortement acides et non salins, avec une texture argileuse fine et peu perméable et une forte proportion de matière organique, qui contrôle le pouvoir tampon du sol.

Trois types de sols ont été identifiés grâce à la caractérisation des sols, où la formation végétale est directement influencée par l'apport en matière organique. Le lien entre le sol et la végétation dans cette forêt est évident et maîtrisé d'une manière très étroite. Après avoir ajouté de la matière organique, cela entraîne une dynamique et un développement considérables. Par ailleurs, les conditions météorologiques, la nature et le type de végétation ont un impact crucial et significatif sur le taux de minéralisation de la matière organique présente.

Mots clés : Forêt, sol, formation végétale, matière organique, strate.

Abstract:

This study aims to determine the relationships that seem to exist between edaphic characters and vegetation at a humid bioclimatic level where rainfall is abundant. This area is the forest of Edough (Sereidi) (northeast of Algeria).

In order to characterize and clarify soil properties in the Edough Forest at Sereidi and to experiment with the fractionation of organic matter, which is essentially important in forest ecosystems, An exploration and sampling study was carried out by superimposing different topographic backgrounds with different plant groups. The approach we have chosen consists of a stratified sampling plan «stratum» of the vegetation, a census of the various plants and a description of the soil in which this plant colonizes and develops, Indeed, soil embodies the living environment and the foundations of ecosystems and their role.

The obtained results indicate that the soils of this forest are acidic to strongly acidic and not saline, with a fine clay texture and a high proportion of organic matter, which controls the buffering power of the soil.

Three soil types have been identified through soil characterization, where plant formation is directly influenced by organic matter input.

The link between soil and vegetation in this forest is obvious and controlled in a very close way. After adding organic matter, this leads to considerable dynamics and development. In addition, weather conditions, nature and vegetation type have a crucial and significant impact on the rate of mineralization of the organic matter present.

Keywords: Forest, soil, plant formation, organic matter, strata.

Résumé en arabe:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد العلاقات التي يحتمل وجودها بين المتغيرات التكوينية ووفرة أنواع البلوط في غابة ايدوغ التابعة لبلدية السرايدي (شمال شرق الجزائر) ، وهي مرحلة مناخية بيولوجية رطبة تتساقط فيها الأمطار بكثرة.

من أجل توصيف خصائص تربة غابة ايدوغ (الصريدي) وللتحقق من فائدة تجزئة المواد العضوية في نظام بيئي للغابات ، قمنا بـ مع خطة لأخذ عينات التنقيب على أساس الخلفية الطبوغرافية لتراكم مختلف مجموعات النباتات.

في هذا السياق ، يتألف النهج الذي اعتمده من ثلاث خطوات رئيسية (1) أخذ عينات طبقية من التربة ، (2) تحديد طبقات النباتات المختلفة ، (3) وصف التربة التي تستقر عليها هذه التكوينات النباتية وتتطور.

كشفت نتائجنا أن تربة غابة ايدوغ من حمضية إلى شديدة الحمضية وغير مالحة. كما أنه يتميز بقوام طيني غير نافذ للغاية ، مع نسبة عالية من المواد العضوية ، والتي تتحكم في قدرة التخزين المؤقت للتربة.

سمح توصيف التربة بتحديد ثلاثة أنواع من التكوينات النباتية ، وبالتالي ثلاثة أنواع من التربة حيث يكون التكون تحت سيطرة مباشرة لتزويد المواد العضوية.

العلاقة بين التربة والغطاء النباتي في هذه الغابة وثيقة بشكل واضح. يتم التحكم فيه بشكل أساسي من خلال إمداد المواد العضوية ، مما يدل على ديناميكية وتطور كبير. من ناحية أخرى ، تلعب الظروف المناخية ونوع التكوينات النباتية دوراً رئيسياً في تمعدن المادة العضوية الموجودة

الكلمات المفتاحية: غابة ، مادة عضوية ، تربة ، تكوين نباتي ، طبقات

Liste des tableaux.**Liste des tableaux.**

| Tableau n° | Titre | page |
|-------------------|--|-------------|
| 01 | Principaux constituants du sol (Soltner, 2005). | 4 |
| 02 | Constituants de l'air souterrain et l'air extérieur. (Gobat et al., 2003). | 7 |
| 03 | Différents classes granulométriques avec leurs dimensions (Massenet, 2013). | 14 |
| 04 | Services écosystémiques des sols (Walter et al., 2014). | 20 |
| 05 | Composition analytique de fumier (Petit et Jobin, 2005). | 24 |
| 06 | Composition analytique de compost (Duplessis, 2002; Huber et Schaub, 2011). | 24 |
| 07 | Situation géographique de la station météorologique de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2010). | 39 |
| 08 | Températures moyennes mensuelles en (mm) station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 39 |
| 09 | Précipitations mensuelles (mm) de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 41 |
| 10 | les précipitations de l'année humide (2007/2008) et l'année sèche (2009/2010) [AS : Année Sèche ; AH : Année Humide ; Ob : Observation]. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 42 |
| 11 | Coefficients Pluviométriques de la station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 43 |
| 12 | Températures moyennes mensuelles (2T°C) ; Précipitations mensuelles (mm) de la station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 44 |
| 13 | Données concernant le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 45 |
| 14 | Humidité de l'air moyenne mensuelle et annuelle en (%) de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 46 |
| 15 | Vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s)de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 47 |

Liste des tableaux.

| | | |
|----|---|-----|
| 16 | Evaporation moyenne mensuelle en (mm) de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011). | 48 |
| 17 | L'interprétation du pH (Chang, 2016). | 57 |
| 18 | Classes d'abondance de la matière organique (Lambert, 1975). | 58 |
| 19 | Variations spatiales des paramètres physico chimiques dans les trois stations (st_1 * foret chêne liège ; st_2 * foret chêne zen ; st_3 * foret mixte). | 86 |
| 20 | Résultats de l'ANOVA des paramètres physicochimiques en fonction de la station et de la profondeur. | 89 |
| 21 | Résultats de l'ANOVA des éléments granulométriques en fonction de la station et de la profondeur. | 93 |
| 22 | Résultats de l'ANOVA des éléments minéraux en fonction de la station et de la profondeur. | 95 |
| 23 | Résultats de l'ANOVA des composants de la matière organique en fonction de la station et de la profondeur. | 97 |
| 24 | Degrés de signification des corrélations (P value). | 100 |
| 25 | Tableau représentatif des résultats morpho-analytiques de la forêt de l'edough. | 106 |

Liste des figures.

Liste des figures.

| Figure n° | Titre | Page |
|------------------|--|-------------|
| 01 | Répartition de la fraction organique (Quenea, 2004). | 6 |
| 02 | Différentes structures de sol. (Baize et Jabiol, 1995). | 12 |
| 03 | Minéralisation et humification « évolution de la matière organique » (Bonins, 2006). | 26 |
| 04 | Situation de la péninsule de l'Edough dans le Nord-Est algérien (Hamel, 2013). | 37 |
| 05 | Carte géologique de la péninsule de l'Edough (Bruguier et al., 2009). | 38 |
| 06 | Diagramme Ombrothermique de la station Séraïdi (2001/2011). | 44 |
| 07 | Situation de la région d'étude dans le Climagramme d'Emberger (1955). | 46 |
| 08 | Aire de distribution du chêne-liège (Quézel & Médail 2003). | 51 |
| 09 | Carte des formations forestières de la région d'Annaba (Hamel, 2013). | 52 |
| 10 | Carte de positionnement géographique de la station d'étude (Anonyme 01). | 53 |
| 11 | Les étapes méthodologiques expérimentales. | 54 |
| 12 | Diagramme de texture du sol. (poullain et al, 2019). | 64 |
| 13 | Fractionnement de la matière organique Selon Duchaufour et Jacquin, (1966). | 66 |
| 14 | Variations des paramètres physicochimiques du sol dans les 3 stations d'études en fonction de la profondeur (cm). | 88 |
| 15 | Variations du pH. E et de la Poro en fonction de la station et du N en fonction de la profondeur. | 90 |
| 16 | Varions des proportions des éléments granulométriques (%) dans les trois stations d'études (St_1, St_2, St_3) en fonction de la profondeur (cm). | 92 |
| 17 | Variations des proportions des éléments granulométriques (SF, SG, L) en fonction de stations. | 93 |
| 18 | Variations des teneurs en minéraux dans le sol. | 94 |
| 19 | Variation des teneurs en Calcium dans les Trois stations. | 96 |
| 20 | Variations de la granulométrie dans les trois stations d'étude en fonction de la profondeur. | 97 |
| 21 | Analyse du coefficient de corrélation de Pearson. | 100 |

Liste des figures.

| | | |
|----|---|-----|
| 22 | Analyses en composante principales. | 103 |
| 23 | Résultats de la classification hiérarchique descendent. | 104 |

| | |
|---------------------------|--|
| Résumé | |
| Abstract | |
| ملخص | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |

Sommaire

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 1 |
|-------------------|---|

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique »

| | |
|---|----|
| I. Le sol..... | 3 |
| 1. Que s'agit-il ?..... | 3 |
| 2. le sol un système à trois phases..... | 4 |
| 2.1. Phase solide du sol..... | 5 |
| 2.2. Phase liquide du sol..... | 6 |
| 2.3. Teneur en gaz ou « atmosphère du sol »..... | 6 |
| 3. Les facteurs écologiques et la formation des sols..... | 7 |
| 3.1. Matériaux originaux..... | 8 |
| 3.2. Climat..... | 8 |
| 3.2.1.Énergie..... | 8 |
| 3.2.2. Eau..... | 9 |
| 3.3. Topographie..... | 10 |
| 3.4. Temps..... | 10 |
| 4. Formation des sols..... | 10 |
| 5. Propriétés physico-chimiques du sol..... | 11 |
| 5.1. Propriétés physiques du sol..... | 11 |
| 5.1.1. Structure..... | 11 |
| 5.1.2. Texture..... | 13 |
| 5.1.3. Porosité..... | 15 |
| 5.1.4. Perméabilité..... | 15 |
| 5.1.5. Humidité..... | 15 |
| 5.1.6. Température..... | 16 |
| 5.2. Propriétés chimiques du sol..... | 16 |
| 5.2.1. Le pH du sol..... | 16 |
| 5.2.2. Pouvoir tampon des sols..... | 16 |
| 5.2.3. La capacité d'échange cationique..... | 16 |
| 5.2.4. La salinité..... | 17 |
| 5.2.5. La matière organique..... | 17 |
| 5.2.6. Le calcaire dans le sol..... | 17 |
| 5.2.7. L'azote total..... | 17 |
| 6. Microflore du sol..... | 18 |
| 6.1. Bactéries..... | 18 |
| 6.2. Actinomycètes..... | 18 |
| 6.3. Champignons..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 6.4. Les algues..... | 19 |
| 7. Fonctions écosystémiques du sol et services rendus..... | 19 |
| II. la matière organique..... | 22 |
| 1. Généralité..... | 22 |
| 2. Les types de la matière organique..... | 23 |
| 2.1. Le Fumier..... | 23 |
| 2.2. Compost..... | 24 |
| 2.3. Engrais verts..... | 25 |
| 2.4. Le Lisier..... | 25 |
| 2.5. La litière..... | 25 |
| 3. Evolution de la matière organique du sol..... | 25 |
| 3.1 La minéralisation..... | 26 |
| 3.1.1. La minéralisation primaire..... | 27 |
| 3.1.2. La minéralisation secondaire..... | 27 |
| 3.2. L'humification..... | 27 |
| 4. Les facteurs de biodégradation de la matière organique..... | 28 |
| 4.1. Facteur abiotique..... | 28 |
| 4.1.1. pH..... | 28 |
| 4.1.2. Humidité..... | 29 |
| 4.1.3. Teneur en oxygène (O ₂)..... | 29 |
| 4.1.4. Température..... | 29 |
| 4.1.5. La composition du sol..... | 30 |
| 4.1.6. Bilan air et eau..... | 30 |
| 4.1.7. Salinité..... | 30 |
| 4.1.8. La teneur en azote..... | 30 |
| 4.2. Facture biotique..... | 31 |
| 4.2.1. Nature de la matière organique..... | 31 |
| 4.2.2. Les organismes vivants..... | 31 |
| 4.2.2.1. Rôle de la microflore..... | 31 |
| 4.2.2.2. Rôle de la faune..... | 32 |
| 5. Effets de la matière organique..... | 32 |
| 5.1. Effet agronomique et environnemental..... | 32 |
| 5.2. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques du sol..... | 33 |
| 5.3. Effets de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques du sol..... | 34 |
| 5.4. Effets biologiques..... | 35 |

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

| | |
|---|----|
| 1. Situation géographique de la région d'étude..... | 36 |
| 2. Géologie et Orographie..... | 37 |
| 3. Pédologie..... | 38 |
| 4. Réseaux hydrographique..... | 38 |
| 5. Éléments de la climatologie générale..... | 39 |
| 5.1. Température..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 5.2. Précipitations..... | 40 |
| 5.2.1. Répartition annuelle des précipitations mensuelles..... | 42 |
| 5.2.2. Synthèse et classification du climat..... | 43 |
| 5.2.3. Quotient pluviothermique d'Emberger..... | 45 |
| 5.3. Humidité relative..... | 46 |
| 5.4. Vents..... | 47 |
| 5.5. Évaporation de l'eau..... | 48 |
| 6. Biodiversité..... | 49 |
| 6.1. Flore..... | 49 |
| 6.1.1. Formation d'arbres ou forêt..... | 49 |
| 6.1.2. Formation arbustives..... | 52 |
| 6.1.3. Formation des plantes herbacées..... | 52 |
| 6.2. Faune..... | 52 |

Chapitre III : Matériel et méthodes.

| | |
|--|----|
| 1. La démarche cartographique..... | 53 |
| 1.1. Plan de prospection..... | 54 |
| 1.2. Description morphologique (fiche de description)..... | 54 |
| 1.3. Prélèvement des échantillons..... | 55 |
| 2. Au laboratoire..... | 56 |
| 2.1. Préparation du sol..... | 56 |
| 2.2. Méthode d'analyse physico-chimique..... | 56 |
| 2.3. Les analyses physico-chimiques..... | 56 |
| 2.3.1. Le pH..... | 56 |
| 2.3.1.1. Le pH eau..... | 57 |
| 2.3.1.2. Le pH KCl..... | 57 |
| 2.3.2. La conductivité (C.E)..... | 57 |
| 2.3.3. L'humidité hygroscopique (H)..... | 57 |
| 2.3.4. La matière organique (MO)..... | 58 |
| 2.3.5. Dosage du carbone organique : (Méthode Anne)..... | 58 |
| 2.3.6. Dosage de l'azote total..... | 59 |
| 2.3.7. La porosité..... | 60 |
| 2.3.8. La densité apparente (D_A)..... | 60 |
| 2.3.9. La densité réelle (D_R)..... | 60 |
| 2.3.10. La granulométrie..... | 60 |
| 2.3.11. Extraction et fractionnement des matières humiques du sol..... | 64 |

Chapitre IV : Résultats et discussion.

| | |
|---|----|
| 1. Caractérisations morpho-analytiques des sols..... | 67 |
| 1.1. Station : 01 – Sidi Djemil (Profil N : 01) Forêt de chêne liège..... | 67 |
| 1.1.1. Description morphologique..... | 67 |
| 1.1.2. Résultats analytiques..... | 68 |

| | |
|---|----|
| 1.2. Station : 02 – Sidi djemil (Profil N : 02) Forêt de chêne liège..... | 71 |
| 1.2.1. Description morphologique..... | 71 |
| 1.2.2. Résultats analytiques..... | 72 |
| 1.3. Station : 03 – Sidi Ghdir (Profil N : 03) Forêt mixte..... | 74 |
| 1.3.1. Description morphologique..... | 74 |
| 1.3.2. Résultats analytiques..... | 75 |
| 1.4. Station : 04 – Sidi Ghdir (Profil N : 04) Forêt mixte..... | 77 |
| 1.4.1. Description morphologique..... | 77 |
| 1.4.2. Résultats analytiques..... | 78 |
| 1.5. Station : 05 – Sidi Amara (Profil N : 05) Forêt de chêne zeen..... | 80 |
| 1.5.1. Description morphologique..... | 80 |
| 1.5.2. Résultats analytiques..... | 81 |
| 1.6. Station : 06 – Sidi Amara (Profil N : 06) Forêt de chêne zeen..... | 83 |
| 1.6.1. Description morphologique..... | 83 |
| 1.6.2. Résultats analytiques..... | 84 |
| 2. Interprétation statistiques des résultats..... | 86 |
| 2.1. Paramètres physico-chimiques..... | 87 |
| 2.2. Granulométrie..... | 91 |
| 2.3. Bases échangeables..... | 94 |
| 2.4. Le Fractionnement de la matière organique..... | 96 |

Chapitre V : Relations sols-végétations.

| | |
|----------------------------------|-----|
| 1. Sol-végétation..... | 105 |
| 2. Discussion..... | 108 |
| Conclusion et perspectives | 112 |

Références bibliographiques.

Liste des abréviations.

Introduction

Introduction.

Introduction.

Les milieux forestiers sont des exemples particulièrement clairs d'écosystèmes organisés en couches superposées, permettant une utilisation maximale de l'énergie solaire et une grande diversification des niches écologiques (Dajoz, 1985). Les forêts méditerranéennes constituent l'un des centres les plus actifs de la biodiversité mondiale (Myers et al. 2000, Olson et Dinerstein 2002).

Dans la région méditerranéenne, les zones forestières ont une certaine importance écologique et socio-économique (Medail et Quezel, 2003). La flore contemporaine de la région méditerranéenne est composée d'une combinaison complexe d'espèces ayant des origines biogéographiques plus ou moins variées. Ce qui provoque une différenciation locale d'espèces ancestrales et de multiples migrations végétales au fil du temps. L'hétérogénéité de la biodiversité dans le méditerranéen est expliquée grâce à l'histoire géologique très dynamique de la région et les fortes fluctuations climatiques au cours des deux derniers millions d'années. (Thompson, 2005 in Chouahda, 2016).

Les forêts sont l'habitat le plus commun dans les zones protégées. (Hadjdaj, 2017).

Les forêts algériennes, tout comme les forêts méditerranéennes, possèdent une richesse naturelle importante, notamment une diversité floristique avérée (Medail et Quezel, 2003). Il s'agit essentiellement d'une forêt clairsemée et irrégulière, constituée principalement de peuplements ouverts de conifères ou de feuillus, composée d'arbres d'âges et de tailles variés mélangés les uns aux autres, et constitués d'un grand nombre d'espèces secondaires. Une sous-couche dense est présente. Cela augmente la propagation des incendies et affaiblit le rendement moyen des plantes ligneuses (FAO, 1999). La croûte terrestre est constituée de la couche externe du sol forestier. Il se forme au fil du temps en raison du climat, de la géologie, du relief et de la présence des êtres vivants. L'atmosphère (air), la biosphère (milieu de vie des organismes vivants), l'hydrosphère (eau) et la lithosphère (roche) sont reliées par le sol. (Walser et al., 2021). Les sols forestiers sont au centre des préoccupations. Ils montrent que les sols agricoles ont des propriétés différentes et nécessitent des approches spécifiques pour déterminer leur comportement et leur potentiel de développement (Laissaoui, 2012). La matière organique est l'un des éléments essentiels du milieu forestier. Lorsqu'ils sont mécaniquement incorporés au sol par la faune sous forme de litière ou par le labour des sols agricoles, les résidus végétaux font partie de la matière organique du sol. (Calvet, 2003).

La biomasse vivante et tous les résidus organiques sont considérés comme de la matière organique du sol au sens le plus large. (Ekschmitt et al., 2005). Les micro-organismes y trouvent beaucoup de carbone et d'énergie, ce qui en fait un matériau essentiel pour le

Introduction.

développement de la vie biologique. Chabalier et *al* (2006) montrent que le carbone présent dans la matière organique est une source d'énergie pour les micro-organismes du sol.

La présence de matière organique provenant de l'extérieur du sol sous forme d'additifs ou de fertilisants permet d'accroître et de préserver l'apport en éléments organiques du sol. Des changements dans les caractéristiques physico-chimiques (agrégation, diminution de l'érosion, augmentation de la capacité d'échange cationique, ajout d'éléments fertilisants, etc.) et une stimulation de l'activité biologique sont généralement liées à cette restauration de la teneur en matière organique. (Annabi, 2001). La matière organique joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la structure du sol, notamment dans les sols qui ne contiennent pas de flocculant telles que les argiles, les oxydes et hydroxydes de fer et d'aluminium, et dans les environnements secs. (Baldock et Nelson, 2000 ; Franzluebbers et *al.*, 2001). Cela peut augmenter la cohésion des particules minérales du sol en créant des complexes organo-minéraux (argile-humine), augmenter l'hydrophobicité du sol et augmenter sa résistance à l'éclatement induit par l'humectation. (Chenu et *al.*, 2000 ; Annabi et *al.*, 2007).

Ainsi, nous avons axé notre étude sur la caractérisation des propriétés physico-chimiques des sols de la Forêt d'Edough (Seraidi, nord-est Algérien), l'évolution, la dynamique, et l'influence de la matière organique sur les propriétés physiques et physico-chimiques du sol, ainsi sur les relations existantes entre la végétation et le sol dans cette forêt.

Dans cette thèse :

Le chapitre 1 ; présente l'état de connaissance des sols et de la matière organique. Description du cadre général de l'aire d'étude, présentées au chapitre 2.

Le chapitre 3 ; s'appuie sur des approches méthodologique. Les résultats et l'analyse statistique de ces derniers décrit au chapitre 4.

Le chapitre 5 ; présente la relation entre sol-végétation dans notre région d'étude. On termine par une conclusion.

**Chapitre I : Etat de
connaissance « sol et matière
organique ».**

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

I. Le sol.

1. Que s'agit-il ?

Il existe de nombreuses définitions des entités du sol. Le sol est la zone superficielle du globe terrestre qui a été modifiée par des phénomènes climatiques, physico-chimiques et biologiques. Il est constitué de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants, qui ont été organisés en strates de sol. (ISO, 2015). Les sols sont des formations naturelles de surface avec une structure lâche et une épaisseur variable qui résultent de la déformation des roches hôtes sous-jacentes sous l'effet de différentes activités physiques, chimiques et biologiques (Baize et Jabiol, 2011). Selon Quentin (2018), le sol est un milieu vivant avec une flore, une faune et un microbiote particulièrement diversifiés qui interagissent entre eux et avec les composants du sol. Ainsi, plusieurs facteurs abiotiques (climat, propriétés des roches mères, composition physico-chimique du sol) et biotiques (abondance et variété des communautés florales, animales et microbiennes) influencent la composition du sol. (Baize et Jabiol, 2011). Les sols sont des compartiments complexes et des pôles multifonctionnels (Gobat et *al.*, 2010) au regard de l'hydrosphère, de la lithosphère, de l'atmosphère et de la biosphère (Girard et *al.*, 2011). Et il se développe constamment sous l'influence de topographie, végétation et de climat et des activités humaines. Il joue le rôle d'interface entre les phases liquide et gazeuse de l'environnement et constitue un système de production, de transport et de transformation des éléments traces. (Berthelin et Leyval., 2000). D'un point de vue environnemental, le sol est une matrice poreuse, complexe et multiphasée dont les phases (solide, minérale et organique) forment la structure du sol et, en même temps, sont responsables de la dynamique de la matière et de l'énergie. Assurer un échange correct. Donne des propriétés physiques et chimiques et biologique (Beauchamp, 2008). Le sol continue d'être un milieu de réaction et un milieu nutritif essentiel pour les écosystèmes terrestres grâce à ses capacités d'adsorption et d'échange (Camusard, 2009).

D'un point de vue fonctionnel et selon (Girard et *al.*, 2005), le sol est considéré comme un échantillon de la partie supérieure de la croûte terrestre, qui se produit au travers de changements et de transformations dus aux effets conjugués du climat, de la biologie (animaux, plantes, micro-organismes, humains), de la topographie de la géomorphologie.

On considère que le sol une ressource non renouvelable car son taux de formation se situe généralement entre 100 et 400 cm-1 et donc, contrairement à l'eau, il est invisible à l'échelle de temps humaine (Zaoui, 2017).

2. le sol un système à trois phases.

Le sol peut être considéré comme un système poreux composé de trois phases : solide, liquide et gazeuse. Ce tableau montre les différents constituants du sol :

Tableau n° 01: principaux composants du sol (Soltner, 2005).

| | Composants solides | | Composants liquides (solution du sol) | Composants gazeux (atmosphère du sol) |
|----------------------------|---|--|--|---|
| | Minéral | Organique | | |
| L'origine | désagrégation physique des roches et altération biochimique | fragmentation d'êtres vivants | Les précipitations, les nappes, eau de pluie | Respiration, air hors du sol, matières en décomposition |
| Les critères de classement | la qualité (minéralogie) La taille (granulométrie) | la qualité chimique (d'origine, transformée), L'état (vivant, mort) | la qualité chimique L'origine (météorique, phréatique) l'état physique (potentiel hydrique) | La qualité chimique L'origine (air, organismes) |
| Les catégories | Selon minéralogie .des quartz . des minéraux silicatés . des minéraux carbonatés Selon granulométrie : .Squelette (sup. 2mm) | .des organismes vivants et morts . des matières organiques humifiées : des acides fulviques, humines . des matières organiques | eau . substances dissoutes : Les glucides, l'alcool, les cations et Anions, Les acides organiques et minéraux | .gaz de l'air : N2, O2, CO2. gaz produits par la respiration et les phénomènes de décomposition des organismes: CO2, H2, CH4, NH3 |

| | | | | |
|--|------------------------|--|--|--|
| | .Terre fine (inf. 2mm) | héritées : la cellulose, la lignine, la résine | | |
|--|------------------------|--|--|--|

2.1. Phase solide du sol.

Elle occupe plus de 50% du volume du sol. Généralement, 90 % des solides sont composés de composants inorganiques (presque 99 % de la masse du sol), mais la proportion de composant organique varie en fonction des conditions de formation et les types du sol. La teneur en matière organique dans les sols cultivés varie entre 1 % et 20 % de la masse du sol. (Calvet, 2003). Les minerais solides du sol peuvent être divisés en deux catégories : les minéraux primaires et les minéraux secondaires. Les silicates sont les minéraux principaux créés par la décomposition physique des roches du sol. La détérioration des silicates primaires forme les minéraux secondaires (Sposito, 1989). Les hydroxydes, les carbonates, les minéraux argileux et les oxydes sont les principaux représentants des minéraux secondaires (Calvet, 2000).

Le sol contient deux types d'éléments :

Éléments minéraux sont créés par une dégradation physique et des modifications chimiques dans la roche mère. Les minéraux du sol peuvent être dissociés par analyse granulométrique, qui détermine les fractions de sable de 2 mm à 50 μm , de limon de 50 à 2 μm et d'argile de moins de 2 μm . Les premières catégories ne sont pas particulièrement inertes, A l'inverse des argiles qui ont une surface spécifique énorme (Ksiezopolska, 2002). Généralement, 95 à 99 % du sol est composé de minéraux. Les minéraux est influencée par la nature de la roche mère. (Faugier, 2010). Les propriétés minérales sont très diverses en raison des différences de taille des particules (Quénéa, 2004). Le sable ($\varnothing = 2000$ à 50 μm) le limon ($\varnothing = 50$ à 2 μm) et les particules d'argile ($\varnothing < 2\mu\text{m}$) Cette fraction minérale est quantitativement très dominante (entre 80 à 99 % de masse) et sa composition est relativement stable (Muriel, 2007). Les composants organiques constituent généralement plus de 80 % de la matière organique morte (Paul et Clark, 1996). On retrouve également des organismes tels que des bactéries, dont de nombreuses actinobactéries, des champignons, des protozoaires, une microfaune composée de nématodes, d'insectes et de vers de terre (Quénéa, 2004).

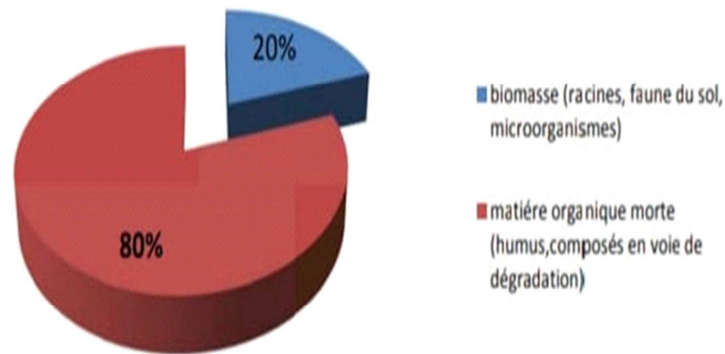


Figure 01 : Répartition de la fraction organique (Quenea, 2004).

2.2. Phase liquide du sol.

Elle est parfois appelée solution du sol. Elle est une partie importante de la porosité du sol et est composée de diverses substances organiques et minérales dissoutes, ainsi que d'eau en présence de particules en suspension. Leur composition varie d'un sol à l'autre, mais également en fonction des apports anthropiques (engrais, pesticides, etc.) du climat, et de l'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de décomposition microbienne). ... (El Alfaoui Benaomar, 2010). Plusieurs substances organiques et inorganiques et des substances ionisées et non ionisées, sont dissoutes. En général, les solutions du sol sont difficiles à étudier et décrire en raison de leur grande variabilité (Calvet, 2000). Cette section est essentielle à la production de substances organiques et à la croissance des plantes et accueille des réactions chimiques persistantes. Il existe trois solutions différentes. (Mustin, 1987).

- Un liquide libre circule dans le sol et s'infiltré par gravité.
- Le liquide disponible pour les plantes est retenu par les particules du sol, comblant de petites lacunes et mouillant les particules par capillarité.
- Un liquide ne peut pas être utilisé par les plantes et est très fortement lié avec les particules solides du sol.

2.3. Teneur en gaz ou « atmosphère du sol ».

Le contact le plus fréquent avec le sol est l'air. L'eau pénètre de manière adéquate pour combler toutes les fissures. Elle peut être fortement modifiée car les racines et les micro-organismes consomment de l'oxygène et expulsent du dioxyde de carbone. (Bruand et *al.*, 1996). Bien que l'air du sol contient presque les mêmes substances que l'atmosphère, ses composants peut différer considérablement en fonction de l'activité biologique. (Soulas et *al.*, 1983).

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

La configuration de cette phase est déterminée par :

- l'échange avec la couche atmosphérique via diffusion moléculaire avec dissolution et volatilisation.
- le phénomène de respiration des êtres vivants.
- l'apport de diverses substances organiques volatiles, qu'elles soient spontanées (traitement avec des pesticides gazeux) ou accidentelles (accumulation incontrôlée de déchets industriels).

Tableau n°02: Constituants de l'air souterrain et l'air extérieur. (Gobat et al., 2003).

| Les constituants | L'air du sol (%) | L'air extérieur (%) |
|-------------------|---|----------------------------------|
| L'oxygène | 18 à 20.5 sols bien aérés 10 après pluie 2 structures compactes 0 horizons réduits | 21 |
| L'azote | 78.5 à 80 | 78 |
| Le gaz carbonique | 0.2 à 3.5 5 à 10 Rhizosphère | 0.03 |
| La vapeur d'eau | 75 à saturation | Variable |
| Divers gaz | Traces H ₂ , N ₂ O, Ar En anoxie : NH ₃ , H ₂ S, CH ₄ | 1 (surtout Ar, autres en traces) |

Ces gaz peuvent être présents dans le sol sous différentes formes, en forme libre ou peuvent être en forme dissous dans les solutions de sol. Cependant, la phase gazeuse peut être absente dans certaines conditions (par exemple hydrophile). Lorsque toute la porosité du sol est remplie d'eau, on dit que le sol est saturé. (Duchaufour, 1984 ; Robert, 1996 ; Calvet, 2003).

3. Les facteurs écologiques et la formation des sols.

Cinq facteurs peuvent être identifiés qui influencent la formation du sol.

- Matériel original.
- Climat.
- Végétation.
- Topographie.
- Temps.

3.1. Matériaux originaux.

Le sol est formé par fragmentation physique et modifications chimiques des matériaux in situ. L'altération physique brise progressivement la roche en morceaux plus petits et fragmente le matériau sans modifier sa texture. Les minéraux primaires et secondaires sont modifiés par les réactions chimiques provoquées par l'énergie et l'eau présentes dans le sol. Le matériau d'origine est progressivement fragmenté et modifié de cette manière, ce qui produit un matériau qui est un mélange de composants d'origine et de nouveaux minéraux, entre autre les argiles, qui jouent un rôle essentiel dans la fertilité du sol. D'autres environnements subissent une altération chimique intense, produisant de grandes quantités de minéraux secondaires, tandis que certains favorisent l'altération physique. Les propriétés chimiques et physiques du sol sont à court terme héritées du matériau d'origine. Le matériau source peut être une roche (roche mère) ou un matériau non consolidé (comme les colluvions, les dépôts glaciaires ou les alluvions). (Duchaufour, 2001 in Kétif, 2018).

3.2. Climat.

Les précipitations et la température ont le plus d'influence sur elle. La vitesse à laquelle les roches et les minéraux s'altèrent et la matière organique se décompose sont influencées par l'eau et la température. À des températures très basses ou très élevées, lorsque les précipitations sont nulles, il n'y a quasiment aucun changement. Des précipitations élevées et des températures basses ont tendance à provoquer une accumulation de matière organique, tandis que des températures élevées entraînent une altération minérale intense. De plus, les différences d'évapotranspiration des précipitations (P-ETP), provoquent le drainage et l'écoulement des produits de l'altération hors du profil, sont également importantes pour le développement du sol. (Samai, 2017).

3.2.1.Énergie.

Lorsque l'eau gèle, elle passe d'un liquide à un solide, son volume augmentant d'environ 10 %. Par conséquent, les environnements exposés à des intempéries physiques sévères sont des environnements humides avec plusieurs cycles de gel-dégel par an. On estime que pour chaque élévation de température de 10°C, l'accélération des réactions chimiques double. Par conséquent, l'environnement qui provoque de forts changements chimiques est un environnement chaud et humide. La dégradation de la matière organique du sol a un rôle important dans les propriétés physico-chimiques du sol. Cette décomposition se produit par les organismes du sol.

À des températures inférieures à environ 4 °C, les bactéries et les formes de vie présentes dans le sol cessent de fonctionner ou ne fonctionnent que très lentement. La matière organique n'est plus décomposée et sa concentration est accélérée. Par conséquent, un environnement à basse température est favorable à l'agglomération de matière organique et constitue un environnement où l'altération chimique est extrêmement faible (Gobat et al, 2010).

3.2.2. Eau.

À mesure que l'eau pénètre et s'infiltré dans le sol, les produits dissous (divers cations et anions) sont éliminés du sol par osmose. Les pluies abondantes et les infiltrations provoquent une acidification des sols en raison de l'exportation de cations basiques (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) au profit de l'apport de H^+ . Lorsque les précipitations sont faibles et que l'évaporation du sol est élevée, les cations basiques se concentrent près de la surface du sol, ce qui entraîne son alcalinité. D'autres particules telles que les matières organiques, les argiles et les oxydes peuvent être circulé par l'écoulement d'eau. La texture verticale du sol reflète la dynamique d'infiltration, d'infiltration et d'évaporation au sein du profil. L'eau participe donc à l'exportation de produits spécifiques du profil du sol et à la réorganisation des composants du sol. Enfin, on peut souligner l'importance de drainer l'eau. L'eau qui coule à la surface de la terre transporte et détache les sédiments et la matière organique. Les mouvements de sol dus à l'érosion hydrique contribuent à l'organisation horizontale du sol, et certaines pentes sont progressivement débarrassées de la couverture terrestre, tandis que les dépressions représentent des sites d'accumulation (Wagai et al., 2008).

3.3. Végétation.

Le climat a un impact significatif sur les espèces végétales et la biomasse de surface. Le sol est construit par des organismes vivants qui décomposent la matière organique de la végétation. Les critères physiques et chimiques du sol sont basés sur l'apport de matière organique. En ce qui concerne la formation des sols, la végétation remplit trois fonctions distinctes.

- Les plantes aident à modifier physiquement le matériau d'origine en pénétrant dans ses racines.
- Lorsque la décomposition d'une substance organique riche en C, H et O se produit, H^+ est libéré et contribue à la transformation chimique du sol.

- Le taux élevé de matière organique dans le sol favorise la fertilité du sol et améliore la croissance et la densité des plantes. Cela accélère la transformation physique et chimique. (Gobat et *al.*, 1998 in Kétif, 2018).

3.3. Topographie.

Par rapport à d'autres facteurs, il s'agit de facteurs indirects qui ont un impact sur les conditions hydriques (débits d'eau verticaux et horizontaux) ou climatiques (rayonnement solaire, température du sol), ainsi que sur les facteurs biologiques (stade bioclimatique) de la faune et de la flore dans le cas de l'altitude. (Hubert, 2008 ; Samaï, 2017).

3.4. Temps.

L'effet du temps varie considérablement en fonction des types de roche mère et les processus pédogéniques associés. Il faut donc des centaines, voire des milliers d'années pour que le sol se développe. (Samaï, 2017). Toutefois, cela ne peut être considéré qu'en termes de résistance aux intempéries. Quelques centaines d'années en milieu tropical humide auront des effets plus importants que quelques centaines de millions d'années en milieu sec. Les conditions d'altération et de pédogenèse sont nécessaires pour le changement et la formation des horizons bien définis (Trambore, 2009).

4. Formation des sols.

Étape 1 : Effondrement des roches et altération.

Le sol est formé de roches en décomposition, appelées « roches mère ». Attention, il peut y avoir non seulement des roches dures (comme le granite et le schiste), mais aussi des roches molles (comme l'argile) ou des roches meubles (sable, éboulis, etc.). La détérioration physique et des changements chimiques dépendent du facteur réel de formation du sol : le climat. Le résultat de cette décomposition et transformation est un mélange de minéraux initialement plus ou moins décomposés mais toujours inchangés.

- Blocs de pierre et graviers. Grains de sable et poudre de limon. Les complexes d'altération, un type de pâte, résultent de l'altération chimique des minéraux.
- Pâte d'argile colorée à l'oxyde de fer.
- Sels comme le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium. Sous une forme difficile à dissoudre. Mais on ne peut toujours pas parler de sol (Thomas, 1999).

Étape 2 : Fortifier la matière organique.

Le sol se forme uniquement lorsque des composants organiques tels que des plantes et des animaux sont ajoutés à ces composants minéraux. Cette phase provoque des changements biochimiques dans la phase minérale. Les sols sont structurés par l'apparition de couches superficielles organiques, de litière de feuilles et d'interactions entre phases minérales et organiques. (Hubert, 2008 ; Samaï, 2017).

Étape 3 : Le sol se développe en raison du mouvement des matériaux.

Dans ce sol encore jeune et qui ne cesse de s'approfondir, le mouvement descendant et ascendant de l'eau donne naissance à des éléments solubles et colloïdaux (sels de calcium, oxydes de fer, argile, humus) appelés migration.

□ Le mouvement descendant représente un lessivage et est prédominant dans les climats à fortes précipitations. □ En revanche, dans les climats à forte évaporation, le mouvement ascendant ou l'augmentation est dominant. La force de ces mouvements varie en fonction de divers éléments, tels que la teneur en calcium du sol, la quantité de précipitations, et la nature de l'humus formé. Grâce à ces mouvements, des strates lessivées ou lessivées se forment, ainsi que de strates d'argile, d'humus ou d'accumulation d'oxyde de fer. Ces trois étapes de formation des sols expliquent pourquoi deux grands types de sols peuvent être rencontrés.

- Sols jeunes ou peu développés. Elle est plate, ou du moins peu différente de la roche mère dont elle est issue, et constituée d'un seul horizon.
- Sols aménagés. Généralement plus profonds, leurs contours présentent une série d'horizons, certains exsudés et d'autres concentrés (Calvet, 2003).

5. Propriétés physico-chimiques du sol.

5.1. Propriétés physiques du sol.

5.1.1. Structure.

Elle fait référence à la façon d'assemblage des particules. Elle s'observe et s'explique à deux niveaux. L'une est l'échelle macroscopique, qui correspond à la structure elle-même visible à l'œil nu. Échelle microscopique : microstructure ou micromorphologie. Les structures sont le résultat de divers processus : biologiques, chimiques, physiques et enfin mécaniques. La prédominance de certains processus est à l'origine de différents types de structures (Duchaufour, 2001). Selon (Musy et *al.*, 1991), la définition de la structure peut se faire selon deux approches complémentaires. La première repose essentiellement sur la manière dont sont disposés les composants de la phase solide du sol, et la seconde vise à atteindre un objectif. Décrire le réseau d'agrégats qui résulte de la structure du sol. Dans les

deux approches, l'analyse repose essentiellement sur des critères géométriques développés à l'aide de méthodes non destructives. La structure du sol est liée à la disposition spatiale des composants du sol, ainsi qu'au type et à la force des liaisons qui existent entre eux. (Stengel, 1990). Autrement dit c'est la traduction de l'hétérogénéité de la composition et des propriétés du sol dans le temps et dans l'espace (Dexter, 1988). La structure du sol est une mosaïque de microenvironnements avec des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques variées. (Faugier, 2010). Elle dépend directement de la texture et de l'état colloïdal, de la teneur en matière organique et en eau et, dans une large mesure, de l'activité faunique (Gobat et al., 2003). La taille, la forme et la stabilité des granulats déterminent plus le volume de l'espace du sol que les particules minérales elles-mêmes. (Ranjard et Richaume, 2001).

Les sols peuvent donc avoir différents niveaux d'organisation, et chaque niveau possède une stabilité différente (Faugier, 2010).

Selon la manière dont les éléments structurels sont formés et disposés, les structures sont divisées en cinq catégories principales (Baize et Jabiol, 1995).

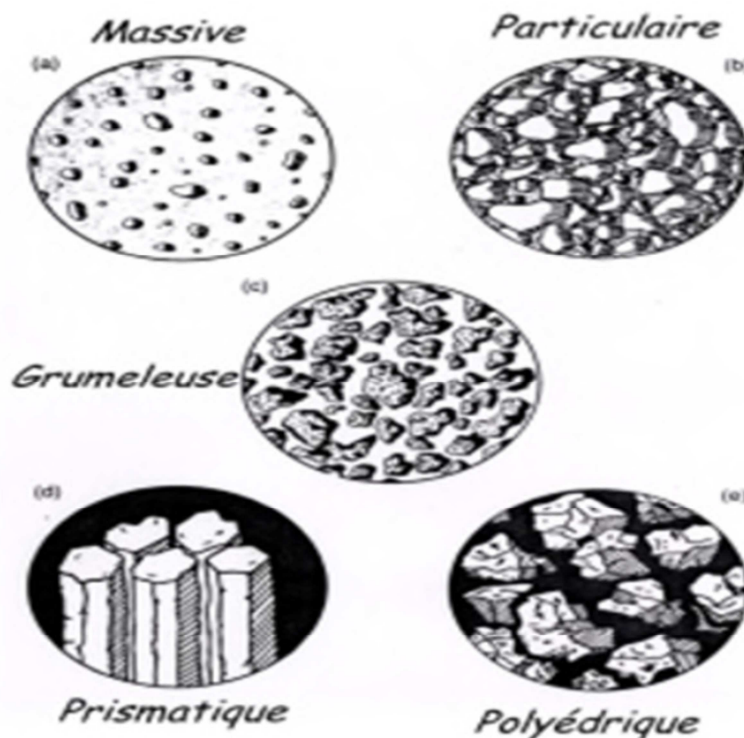


Figure 02: Différentes structures de sol. (Baize et Jabiol, 1995).

- Manque d'agrégats : structure couramment observée dans les matériaux organo-minéraux.

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

- Structure massive ou cohésive : Les constituants sont noyés dans une masse argileuse dispersée pour former un bloc homogène. Le sol est défavorable à l'activité biologique et étouffé (pénétration des racines faible et creusement des tranchées difficile).
- Particulaire ou structure de base : les constituants sont placés les uns à côté des autres ou emballés ensemble sans liaison colloïdale. Ce sont des sols meubles et filtrants qui sèchent rapidement. - Présence de granulats ronds : ces structures ont un effet particulièrement positif sur la fertilité des sols.
- Structure grumeleuse : Les éléments organiques et minéraux sont combinés dans un complexe argilo-humique. Il retient beaucoup d'eau tout en permettant la circulation et l'aération du sol (lissage des vides où les animaux et les racines peuvent élire domicile). - Présence de granulats à bords anguleux : Ce type de structure est souvent le résultat de processus physiques qui affectent l'argile, tels que : B. Expansion et contraction alternées de la smectite.
- Structure prismatique : Caractérise principalement les sols alcalins. □ Structure polyédrique : courante dans les horizons d'altération S. L'analyse structurale du sol peut révéler la morphologie et la répartition des polluants, ce qui influence également leur transport et leur rétention. La taille et la forme des agrégats qui composent le sol sont appelées structure du sol. (Sharma et Reddy, 2004). Les agrégats sont des particules du sol qui sont maintenues ensemble par des forces physiques et chimiques. (Pierynski et *al.*, 2005). La forme de ces agrégats détermine le type de structure (Gobat et *al.*, 1998). Parce qu'il existe une relation inverse entre la densité microbienne et la taille des particules du sol, cette dernière joue un rôle dominant dans la distribution microbienne. (An, 2012 ; Naoum, 2016).

5.1.2. Texture.

Elle est un ensemble de propriétés qui résultent de la composition granulométrique du sol (proportions de sable grossier et fin, limon, argile, humus et calcaire). Elle est déterminée par analyse granulométrique (Pasquier, 2010 in Ouarab, 2017)

La texture est le résultat d'un mélange de sols fins et grossiers dont les proportions varient selon les sols (Siegenthaler, 2011 in Ouarab, 2017). Selon la nature du sol, la granulométrie des éléments minéraux varie.

- Sable ($\varnothing=2000-50\mu\text{m}$) : des fragments de roches chimiquement stables et abondants dans les parties grossières du sol et ne jouant pas de rôle fertilisant du sol. Leur rôle est avant tout physique puisqu'ils contribuent à l'organisation morphologique du sol (Benslama, 2016).
- Limon ($\varnothing = 50 \text{ à } 2 \mu\text{m}$) : différentes propriétés chimiques. Ils sont instables et contribuent

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

grandement à la fertilité du sol. Le limon peut être décomposé en morceaux plus petits. Alternativement, il peut s'être développé par agglomération ou agrégation. (Bensrama, 2016).

- Argiles granulométrique ($\emptyset < 2\mu\text{m}$) : Ils sont formés par l'altération des roches et la transformation secondaire et constituent la partie la plus active du sol. (Benslama, 2016). L'argile est un silicate d'aluminium microcristallin, plus ou moins hydraté, à structure feuilletée (phylite). Ils ont des propriétés particulières. □ Parce qu'il a une charge négative, il retient les cations sous une forme échangeable. □ Certaines couches ont la capacité d'absorber de l'eau entre elles (les argiles se dilatent), ce qui entraîne de grandes fluctuations de volume entre les saisons sèches et humides. □ L'argile, avec la matière organique et le ciment, ont un rôle important dans la formation des granulats qui la composent. □ L'argile a un rôle très important dans la stabilité des sols. (Duchaufour, 1995 ; Samai, 2017). □ L'action directe des particules d'argile est principalement due à leur effet protecteur sur la matière organique dû à la formation de complexes organo-minéraux moins sensibles à l'activité microbienne (Morel, 1989).

Tableau n° 03 : Différents classes granulométriques avec leurs dimensions. (Massenet, 2013).

| LA CLASSE GRANULOMETRIQUE | LES DIMENSIONS (en μm) |
|---------------------------|------------------------------------|
| L'argile | >2 |
| Le limon fin | 2-20 |
| Le limon grossier | 20-50 |
| Le sable fin | 50-200 |
| Le sable grossier | 200-2000 |

La connaissance des propriétés du sol est cruciale car elle fournit des informations sur le comportement du sol, sur les propriétés physiques et chimiques et sur les propriétés hydrauliques (rétention d'eau, conductivité hydraulique). (Kholadi, 2009).

En fait, la texture est une caractéristique importante des sols. Cela affecte différents aspects de son fonctionnement, notamment la quantité d'eau qu'un sol retient, les électrolytes et la capacité d'échange de cations. En outre, cela affecte l'activité et la répartition des organismes du sol ainsi que leurs interactions (Lavelle et Spain, 2001).

5.1.3. Porosité.

Selon l'humidité et leur taux, les cavités du sol sont principalement remplies d'eau ou d'air. Le tout représente la porosité. Porosité du sol, qui reflète le volume poreux total du sol. L'avantage supplémentaire de la porosité est qu'elle permet des mesures comparatives et donne un aperçu de l'état structural. (Gobat et *al.*, 2003). La porosité dépend de la disposition des particules dans la phase solide, qui elle-même dépend de plusieurs facteurs.

- Hétérogénéité des sols. Cela provoque de très grandes variations spatiales dans toutes les propriétés de l'espace interstitiel.
 - Type et teneur en composants minéraux et organiques dans la phase solide.
 - Teneur en humidité du sol.
 - Diverses actions mécaniques naturelles d'origine biologique et artificielle (Calvet, 2003).
- La densité apparente (d_a), qui est le poids du sol sec par unité de volume apparent, et la densité réelle de la phase solide, également connue sous le nom de densité spécifique réelle (d_r), sont utilisées pour calculer sa densité. (Koller, 2004).

$$P \{ \% \} = [1 - (d_a/d_r)] \cdot 100$$

5.1.4. Perméabilité.

La perméabilité du sol fournit des informations sur la capacité à transporter l'eau vers le substrat et dépend fortement des propriétés et de la porosité du sol. Bien que cela soit nécessaire pour les calculs de réseaux de drainage, cela reste sensible car il ne peut être utilisé que sur des matériaux non perturbés (Koller, 2004).

5.1.5. Humidité.

Dans les sols secs, l'activité microbienne est faible, mais à mesure que l'humidité augmente, l'activité microbienne augmente progressivement, atteint une valeur maximale, puis diminue (Morel, 1989). Le sol est riche non seulement en ions, mais aussi en minéraux et molécules organiques, selon l'eau qu'il rencontre. Cette dernière joue un rôle supplémentaire en soulignant sa capacité de transport et son action dans les processus d'insolubilisation et de solubilisation. (Dajoz, 2000). Le surplus d'humidité entraîne une mauvaise ventilation et détermine la sélection bactérienne (Soltner, 2005). Une carence hydrique chronique entraîne également une sélection, mais le microbiote inhibé est nettement différent du précédent (Morel, 1989).

5.1.6. Température.

La température joue un rôle très important en influençant la croissance et l'activité des micro-organismes du sol. Cela détermine la migration verticale en profondeur, où il y a peu de variation de la température de surface. Le froid ralentit l'activité animale et le gel entraîne la mort de nombreux animaux. Ceci est très utile pour les parasites des plantes. Cependant, outre le fait qu'une faune estivale et hivernale existe, son impact sur la pédofaune pourrait être surestimé (Gobat et *al.*, 2003).

5.2. Propriétés chimiques du sol.

5.2.1. Le pH du sol.

L'acidité du sol est la concentration en ions H⁺. La concentration en ions hydrogène H⁺ dans le milieu chimique détermine sa réaction et se mesure par le pH (0-14). Tous les substrats se situent entre 6,5 et 8,5 et se dégradent rapidement. Les bactéries et les actinobactéries, avec un pH optimal proche de la neutralité, rivalisent moins pour les nutriments dans les environnements acides, tandis que les champignons dominent dans les sols acides (Morel in Oustani, 2006). D'autre part, le pH affecte indirectement les micro-organismes en affectant les propriétés physicochimiques du sol, modifiant ainsi la biodisponibilité des nutriments (Calvet, 2013).

5.2.2. Pouvoir tampon des sols.

Il s'agit de la capacité de réduire les fluctuations du pH du sol lorsque des acides ou des bases sont ajoutés. Cela permet d'évaluer le niveau d'évolution des sols et la résistance potentielle aux polluants atmosphériques. Lorsque le sol a une capacité d'échange cationique importante, le pouvoir tampon reste plus élevé, c'est-à-dire qu'il contient plus d'argile et d'humus comme complexes d'absorption (Gobat et *al.*, 2003).

5.2.3. La capacité d'échange cationique.

C'est la capacité du sol à retenir les cations de forme échangeable. Donc il s'agit d'une propriété intéressante et utile des sols car elle permet de caractériser les sols sous le contrôle de la composition ionique et en ce qui concerne les contaminants métalliques (Calvet, 2003).

5.2.4. La salinité.

C'est la concentration de solutions ionisables, dont la salinité, présente dans l'échantillon et représente un indicateur de la quantité de sels solubles présents dans ce sol. L'augmentation de la conductivité d'une solution est liée à l'augmentation de la concentration en cations et anions porteurs de charges, ce qui constitue la fondation de cette propriété électrochimique. (Clément et Pieltain, 2003).

Cependant, certains groupements des bactéries halophiles sont résistants au stress salin (Naoum, 2016). En fait, une salinité élevée augmente la pression osmotique, ce qui inhibe la croissance microbienne, et les sols salins réduisent l'activité microbienne, conduisant à l'addition de matière organique non décomposée et à la disponibilité des nutriments essentiels à la croissance des plantes. Cela affectera négativement le développement des micro-organismes. (Karabi, 2017).

5.2.5. La matière organique.

La matière organique est composée de divers débris végétaux (feuilles, branches mortes) qui tombent sur le sol et sont décomposés rapidement par l'activité biologique. La matière organique joue un rôle essentiel dans la formation des agrégats et donc dans le développement de la structure du sol. Le sol est instable en raison d'un manque de matière organique. (Clément et Pieltain, 2003).

5.2.6. Le calcaire dans le sol.

Le calcaire se trouve dans le sol sous forme de fragments de toutes tailles, allant des blocs et graviers aux colloïdes argileux. Les débris font généralement partie de la roche mère. Il peut également provenir d'une source biologique et être constitué en partie ou entièrement de coquilles de gastéropodes (Helicidae). (Clément et Pieltain, 2003).

5.2.7. L'azote total.

IL représente le stockage total de l'azote présent en permanence dans l'humus, et son taux de mobilisation varie fortement selon le type d'humus (mull, moder, mor). Interprété à l'aide du rapport C/N, l'azote total est un bon indicateur de fertilité (Clément et Pieltain, 2003).

6. Microflore du sol.

Les micro-organismes présents dans le sol jouent un rôle crucial dans le contrôle des cycles biogéochimiques (azote, carbone, soufre). (Sasson, 1967).

6.1. Bactéries.

Les bactéries représentent quantitativement et fonctionnellement le principal groupe de micro-organismes du sol (Morel, 1989). Elles sont divisées en bactéries autotrophes, qui utilisent le carbone sous forme minérale, et en bactéries hétérotrophes, qui utilisent le carbone sous forme organique. Il prospère dans un environnement aéré, riche en azote et peu acide (pH 6 ou plus). Ils sont particulièrement fréquents dans la rhizosphère des plantes (graminées et légumineuses) (Duchaufour, 2001). Cette dernière constitue une part nécessaire de la matière organique qui produit l'humus. Ils participent à la formation de microagrégats. Les cycles biogéochimiques comprennent la minéralisation des matières organiques et la conversion des composants organiques en humines (Gobat *et al.*, 2003).

6.2. Actinomycètes.

Les eubactéries est très ramifié et hétérotrophe, formant dans le sol un mycélium ramifié très fin, plus ou moins différencié. Les actinomycètes les plus courantes sont *Streptomyces* et *Nocardia*. Ces derniers sont plus sensibles aux acides que les moisissures et préfèrent un pH de 6 à 7,5 (Soltner, 2005). Toutes les actinobactéries jouent un rôle essentiel dans le sol. Il peut décomposer les substances organiques difficiles à décomposer et produire des vitamines et des antibiotiques. Cependant, ce sont des indicateurs d'une bonne aération et structure du sol. Ils sont impliqués dans la décomposition des composés aromatiques des matières organiques fraîches (lignine et tanins) (Duchaufour, 2001).

6.3. Champignons.

Les champignons du sol sont des champignons supérieurs et des levures, notamment des moisissures telles que *Penicillium*, *Fusarium* et *Aspergillus*. Contrairement aux bactéries, elles sont toujours aérobies et hétérotrophe. Elles ont des dimensions différentes et sont plus résistantes à la sécheresse et aux acides que les bactéries (Soltner, 2005). Leur rôle est essentiel dans la dégradation des substances résistantes telles que la lignine. Elles vivent en symbiose avec les racines et apportent de grands avantages aux plantes (Morel, 1989).

6.4. Les algues.

Ils sont autotrophes, unicellulaires (en colonies filamenteuses). On les trouve couramment dans le sol (Soltner, 2005). Ils sont présents en surface et dans de grandes fissures (Gobat et *al.*, 2003). Les algues colonisent rapidement la surface des minéraux bruts et accélèrent leur transformation en dissolvant la matière grâce à l'activité photosynthétique. Les algues participent également à l'agrégation des composées solides en produisant de polysaccharide extracellulaire (Soltner, 2005).

7. Fonctions écosystémiques du sol et services rendus.

Le sol a plusieurs fonctions. C'est l'environnement biologique où les organismes se développent. Leur développement dépend de la fertilité et de la qualité des sols (teneur en azote, en carbone, capacité d'échange cationique, etc.). Elle joue également un rôle important dans le cycle d'eau (régulation et stockage) et la qualité d'eau (capacité à retenir et source des polluants ainsi que leur biodégradation) (Quenea, 2004). Bien qu'il existe de nombreuses définitions, les fonctions écosystémiques ou fonctions écologiques sont considérées comme des processus liés au flux des matières et des énergies au sein d'un écosystème (Wallace, 2007). Les fonctions des sols peuvent être de nature chimique (oxydation), physique (diffusion) et même biologique (dénitrification ou calcification) (Dominati et *al.*, 2010; Vincent, 2018). Les services écosystémiques présentent des avantages directs et aussi indirects que les humains tirent de la nature (Vincent, 2018). Ces services écosystémiques présentent l'ensemble des avantages socio-économiques que les humains tirent de l'utilisation soutenue des fonctions écologiques des écosystèmes, que les humains ont le potentiel de modifier ou d'exploiter en fournissant du capital ou du travail. » (CGDD, 2015). Nous distinguons fondamentalement les services publics, les services de soutien, les services de culture et les services de régulation (tableau n°04) (De Groot et *al.*, 2002 ; MEA, 2005 ; Carpenter et *al.*, 2009 ; Turbé et *al.*, 2010).

Tableau n°04: Services écosystémiques des sols (Walter et *al.*, 2014).

| Services écosystémiques | Définition et exemple |
|-----------------------------|---|
| Support (ou auto-entretien) | Regroupe toutes les fonctionnalités nécessaires pour générer d'autres services. Cela inclut le soutien aux animaux (y compris les humains) et aux végétaux. Si sa fonction est efficace, les ressources qu'elle représente permettent |

| | |
|--------------------|--|
| | <p>l'efficacité de tous les autres services écosystémiques. Ces services incluent le cycle de l'eau et des éléments nutritifs, la production primaire, la genèse des sols, etc. Il s'agit de changements (à l'échelle de décennies, de siècles ou de millénaires) dans les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.</p> |
| Régulation | <p>Concernent la capacité des sols à réguler à la fois l'eau, la qualité de l'air et le climat, et à lutter contre différents types de pollution. Par exemple, cela peut prévenir l'érosion hydrique et l'érosion éolienne. Il permet de participer à la lutte auprès d'effet de serre, représente un lieu de stockage pour divers éléments et assure l'élimination d'un grand nombre de polluants par filtration. Il permet le recyclage de certains déchets et le contrôle des ravageurs et pathogènes des plantes.</p> |
| Approvisionnement | <p>Regroupent toute la production à partir du sol. Le sol, en tant que ressource agricole (au sens le plus large), fournit de la nourriture (végétaux et animaux) et des fibres. En tant que ressource génétique, elle possède un patrimoine biologique relativement méconnu mais très diversifié, notamment dans la production de produits biochimiques et pharmaceutiques. Nous fournissons des matériaux de construction en tant que ressource « terre ». Par exemple, les produits pour la nourriture humaine et animale, le bois issu des arbres, les fibres pour la production textile, les matières premières pour les secteurs de l'horticulture ou de la construction, ainsi que les ressources génétiques issues de la biodiversité des sols (apportant des ressources biochimiques). et les produits pharmaceutiques.</p> |
| Services culturels | <p>Il fournit également des services culturels sous trois aspects : Le sol fournit des matériaux pour la production artistique (argile colorée, pigments, argile pour la peinture et la poterie). Il s'agit d'un lieu qui stocke et protège les données anciennes sur l'histoire et le passé de la Terre, telles que l'archéologie, les données naturelles et les archives paléoclimatiques. C'est une</p> |

| | |
|--|---|
| | source d'inspiration non seulement pour la religion, la mythologie et les cultes, mais aussi pour la création artistique et littéraire. |
|--|---|

Le sol remplit différents services en fonction de ses propriétés chimiques, biologiques et physique. De par ses fonctions naturelles, il peut également considérer comme :

- support aux êtres vivants. Le sol sert de milieu de vie pour les organismes terrestres, ce qui garantit la conservation de leur génétique (en particulier pour les micro-organismes du sol). (Gobat et *al.*, 2003).

- Réservoir de substances organiques et minérales. Il est une source majeure des nutriments pour les organismes terrestres, mais les sols cultivés ont des réserves de matière organique nettement inférieures à celles des sols sous-jacents aux forêts et aux pâturages. (Laboubée, 2007).

- Il régule les échanges et les flux dans des écosystèmes riches en biodiversité, sert de réservoir et d'environnement de transformation de substances minérales et organiques et purifie les substances toxiques. De plus, le sol est comme un miroir de l'histoire de la civilisation et de la culture, un gisement de matières premières et de déchets et demeure l'une des bases essentielles de la vie humaine, permettant entre autres la production agricole et forestière. (Gobat et *al.*, 2010).

- Régulateur des échanges et flux des écosystèmes. Les sols sont la pierre angulaire des systèmes biogéochimiques et jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques, comme les cycles du carbone, d'azote, et même d'eau (Gobat et *al.*, 2003).

- Là où les substances organiques subissent des transformations. La richesse et la diversité des micro-organismes du sol sont principalement responsables de cette fonction du sol. Au milieu du XIXe siècle, L. Pasteur a également écrit : "S'il n'y avait pas de micro-organismes dans le sol qui recouvre la Terre, la surface de la Terre serait remplie de cadavres et l'existence de la vie deviendra impossible". (Gobat et *al.*, 2003)

- Nettoyer le système de polluants. En raison de leurs propriétés de transformation et de rétention, les sols peuvent limiter la propagation de polluants tels que les nitrates, les éléments traces métalliques et les pesticides vers d'autres environnements des écosystèmes terrestres, tels que les nappes phréatiques et les environnements fluviaux-marins (Gobat et *al.*, 2003).

En raison de toutes ces fonctions naturelles, le sol pour l'homme est l'un des fondements essentiels de la vie (la base principale des activités et des structures humaines). Un siège de production forestière et agricole (les principales fonctions du sol ont déjà été évoquées) ;

Zones de stockage des déchets. Composantes du paysage. Un miroir qui reflète l'histoire de la civilisation et de la culture (Samai, 2017).

II. la matière organique.

1. Généralité.

Selon (Calvet, 2003), la matière organique représente l'ensemble des particules et des molécules contenue dans le sol, c'est-à-dire tous les composants organiques non vivants. Les résidus végétaux sont mécaniquement incorporés au sol par l'action de la faune et de la microfaune sous forme de litière ou par le labour des sols cultivés, ils font partie de la matière organique du sol. Généralement, il existe quatre formes de matière organique à proximité du sol.

- Matière organique vivante, animaux, végétaux, micro-organismes (y compris toute biomasse active)
- Déchets dérivés de végétaux (résidus végétaux, exsudats), d'animaux (excréments, carcasses) et de micro-organismes (cadavres, exsudats), dits « matières organiques biologiques » ;
- Composés inter-organiques, dits matières organiques transitoires (apparition de matière organique fraîche) ;
- Composés organiques stabilisés, substances humiques ou substances humiques issues de développements de matériaux antérieurs : Matières organiques stables (Beauchamp, 2003). La composition de la matière organique du sol est influencée par le climat, la végétation, la roche mère, la topographie, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles. On utilise souvent les mots « matière organique du sol » ou « carbone organique du sol » de manière parallèle, le carbone étant le principal constituant de cette matière organique. En réalité, le carbone constitue 40 % de la matière organique sèche non dégradée des végétaux ou 50 % de la matière organique du sol, qui renferme aussi 40 % d'oxygène, 5 % d'hydrogène, 4 % d'azote et 1 % de soufre. Il renferme aussi des composés secondaires tels que du P, du K, du Ca et du Mg. (Laboubee, 2007).

Les végétaux et les animaux morts (écorces, racines, feuilles, carcasses, etc.) sont des sources importantes de matière organique, qui existent à l'état inerte dans le sol et sont plus ou moins rapidement décomposées par l'activité microbienne (Kögel-Knabner, 2002). Les sources de matière organique comprennent tous les composés organiques qui atteignent la surface du sol et tous les composés organiques produits dans le sol (produits d'animaux,

biomasse et exsudats de racines) (Samai, 2017). Une liste des principales sources de matière organique dans les sols forestiers a été dressée.

- Débris végétaux.
 - la faune du sol.
 - Microflore du sol.
 - Exsudat de racine.
 - Dérivés du pluviote.
- Cela correspond à l'apport de substances solubles ou de résidus divers de très petite taille (lessivage de la phyllosphère par les eaux de pluie) (Meridja, 2008 ; Mouassan et Saidi, 2015).

2. Les types de la matière organique.

2.1. Le Fumier.

Le fumier est une combinaison de déjections animales et de litière. Il contient une grande quantité de nutriments et est essentiel pour la fertilisation en biologie agricole. (Petit et Jobin, 2005). Il joue un rôle important et participe à la formation de l'humus du sol (Leprettre et *al.*, 2002), favorisant la durabilité de la fertilité des sols en apportant des nutriments ou en améliorant les propriétés du sol physicochimiques (Duplessis, 2002;hiraoka et *al.*, 2005) ;

Il est utilisé comme engrais en agriculture. Lorsqu'ils sont utilisés correctement, les engrais contribuent à enrichir les terres en apportant de la matière organique et des nutriments (notamment de l'azote) et à maintenir la fertilité (Ouarab, 2017). Ceux-ci contiennent des macronutriments et des micronutriments qui permettent non seulement la croissance des plantes, mais améliorent également la structure et la qualité du sol. De plus, les engrais aident à lutter contre l'érosion et le ruissellement (Albaladejo et *al.*, 2000).

Tableau n°05 : Composition analytique de fumier (Petit et Jobin, 2005).

| Type de fumier | C/N | N% | P2O5 | K2O |
|-----------------------|------------|-----------|-------------|------------|
| Le fumier de vache | 14 à 18 | 6 | 3 | 6 |
| Le fumier de volaille | 10 à 13 | 24 | 21 | 20 |
| Le fumier de mouton | 20 | 6,7 | 4 | 11 |
| Le fumier de chèvre | - | 6 | 5 | 6 |

L'analyse chimique de fumier (tableau 5) montre que la composition analytique diffère selon le type. Le fumier de volaille est le plus nutritif par rapport au fumier de vache, de mouton et de chèvre.

2.2. Compost.

Les micro-organismes décomposent de la matière organique fraîche pour créer du compost, qui est une source importante de matière organique. (Petit et Jobin, 2005), tels que les insectes et les vers de terre (Duplessis, 2002) dans des conditions bien définies.

Une fois le processus de compostage terminé, les matières premières organiques telles que les résidus de récolte, les excréments d'animaux, les résidus alimentaires et les déchets industriels associés peuvent être ajoutés au sol comme engrais. (Petit et Jobin, 2005). L'utilisation du compost améliore la qualité physique et chimique du sol et a des effets positifs sur la faune du sol (Carpenter Boggs et *al.*, 2000). Le compost contient des matières organiques, des éléments fertilisants qui permettent le bon développement des plantes et des substances qui inhibent l'action des agents pathogènes (Perner et *al.*, 2006).

Tableau n°06 : Composition analytique de compost (Duplessis, 2002; Huber et Schaub, 2011).

| Type de compost (en g/kg de produit brut) | MO | C/N | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|-----|----------|-------|-------------------------------|------------------|
| Le compost de vache | 210 | 12 à 16 | 8 | 5 | 14 |
| Le compost de volaille | 577 | - | 24,9 | 28 | 25 |
| Le compost de mouton | 260 | - | 11 ,5 | 7 | 23 |
| Déchet vert | 270 | 15-20 | 8 | 4 | 8 |
| Bois de taille | - | 80 à 200 | 3 | 1 | 4 |

L'analyse chimique de de composts (tableau 6) montre que leur composition analytique varie en fonction de leur origine. Cependant, le compostage du fumier de volaille, quelle que soit son origine, produit le meilleur compost riche en composants fertilisants par rapport aux autres types de déchets et de fumier.

2.3. Engrais verts.

L'engrais vert est la culture rapide de plantes enfouies sur le site, principalement dans le but d'enrichir la fertilité des sols. Ce type d'engrais a un impact essentiel sur la protection des sols. Il est considéré comme une source jeune de matière organique, de nutriments, notamment l'azote, pour les plantes (Soltner, 2003).

2.4. Le Lisier.

Le lisier est un mélange d'excréments animal solides et liquides et n'inclut pas la litière. Ce sont des mélanges fermentés d'excréments et d'urine. Ceux-ci contiennent des résidus alimentaires et peuvent être dilués par l'eau de pluie ou de lessivage (Petit et Jobin, 2005). On distingue les lisiers liquides ayant une teneur en matière sèche inférieure à 13 % et les engrais à base de paille, qui contiennent une quantité indéterminée de litière et ont une teneur moyenne en matière sèche de 10 à 20 %. Les lisiers imposent diverses contraintes environnementales en raison de leur forte teneur en nitrates et de la présence de certains métaux comme le zinc et le cuivre. (Ouarab, 2017).

2.5. La litière.

Les résidus, les feuilles et les branches mortes des plantes tombent dans le sol et constituent une source importante de matière organique. Ils constituent des déchets qui subissent une transformation absolument biologique connue sous le nom d'humification. Le terme "humus" signifie un ensemble de composés organiques colloïdaux foncés qui sont généralement produits par la formation de nouveaux micro-organismes et forment des liaisons plus ou moins stables avec des minéraux tels que l'argile du sol, l'hydroxyde de fer et l'hydroxyde d'aluminium. (Ouarab, 2017).

3. Evolution de la matière organique du sol.

Est un processus de séparation de la matière organique du sol de ses composants de base (Abiven, 2004). Les modifications de la matière organique se produisent principalement par deux processus humification et minéralisation (INRA, 2009). Selon Duchoufour (1995), l'exploitation de la matière organique fraîche (MOF) produit de l'humus de manière similaire aux minéraux primaires à partir desquels se forme l'argile. Les molécules plus complexes de matière organique fraîche sont décomposées par des micro-organismes, libérant des composés simples pour la plupart solubles. Certains subissent des processus de minéralisation; conversion en composés minéraux solubles ou gazeux. "C'est une minéralisation primaire." Certains de ces composés peuvent également être reconstitués lors du mouillage. Une partie n'est pas minéralisée et est utilisée comme matériau pour la création de molécules de plus en plus complexes, dont l'ensemble forme l'humus. Cela crée de l'humification. Ces éléments humiques établissent des liens plus ou moins étroits avec les minéraux (comme les argiles et les oxydes). Cependant, elle se minéralise plus lentement que la matière organique fraîche, « minéralisation secondaire ».

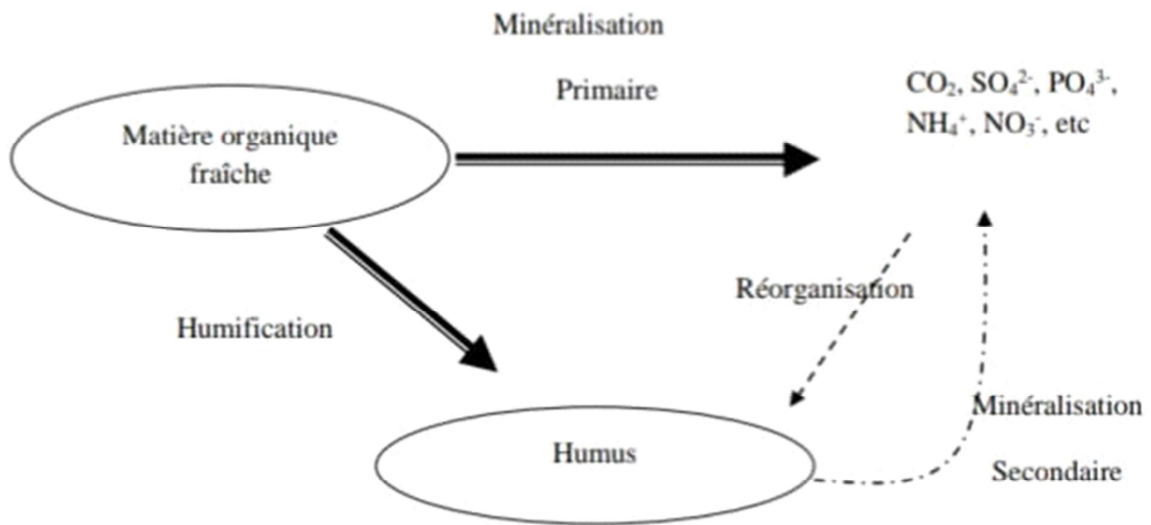


Figure 03 : Minéralisation et humification « évolution de la matière organique »
(Bonins, 2006).

3.1 La minéralisation.

Un processus de décomposition est la minéralisation de la matière organique. Ses principaux effets sont une diminution de la quantité de matériaux organiques présents dans le sol ainsi qu'une disparition précieuse de certains composés. (Abiven, 2004). Des composés organiques complexes sont transformés en composés minéraux simples par une série de réactions chimiques. (Falindirina, 2010). Elle désigne la formation de composés minéraux primaires ou basiques, humiques ou non (Duchaufour, 1983).

3.1.1. La minéralisation primaire.

Cela comprend la dégradation des MOF, en particulier des composants faibles comme les glucides, les protéines, les acides aminés, les lipides et les acides nucléiques. Les cations, les anions et les molécules simples sont les produits de la transformation une fois terminée. Le processus par lequel ces substances solubles dans la solution du sol se transforment est le suivant :

- Les émissions de CO_2 , H_2O , NH_4^+ , N_2 et H_2S dans l'atmosphère en raison des échanges gazeux.
 - Les plantes absorbent des Cations, des Anions et H_2O .
 - Les micro-organismes absorbent CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} et PO_4^{3-} .
- Fixe K^+ , NH_4^+ et H^+ dans les complexes d'absorption. (Falindirina, 2010).

3.1.2. La minéralisation secondaire.

Malgré le fait qu'il s'agit de la forme d'humus la plus lente par a (1 à 3 %), elle produit les mêmes résultats que la minéralisation primaire, affectant les molécules organiques qui ont été synthétisées par humification auparavant. Ces molécules sont plus robustes et résistent à l'oxydation. (Gobet et *al.*, 1998).

Le taux de minéralisation du K2 dans les sols sableux peut atteindre des niveaux élevés d'environ 2 à 3 % par an. Mais dans les sols argileux, limoneux et abondants en calcaire. Des taux de minéralisation plus bas peuvent également atteindre environ 0,5 à 1,5 % annuellement. (Soltner, 2003).

3.2. L'humification.

L'humification est une série de synthèses qui conduisent à la construction de molécules complexes, de composants humiques ou d'humus stable (Soltner, 2003).

Cette deuxième étape est de nature physico-chimique et biologique (par exemple les effets de la dessiccation) et intervient dès que l'étape de croissance microbienne est terminée. Selon (Duchaufour, 1968), l'humification se déroule en deux étapes.

□ Premièrement est la transformation biochimique plus ou moins rapide de matière organique fraîche, aboutissant à la production d'un humus « instable », faiblement lié aux minéraux et souvent faiblement polymérisé. Cette première étape semble être fondamentalement déterminée par la nature de la matière première et la composition plus ou moins favorable des résidus végétaux (litière) tombés au sol (Duchaufour, 1968).

□ Au contraire, la deuxième étape est un développement lent et est fortement liée aux conditions extérieures, notamment à l'environnement climatique. Selon (Chabalier et *al.*, 2006), la constitution d'humus ou humification consiste en la recombinaison de molécules organiques de nature différente.

- Molécules complexes se trouvent dans le sol.
- Molécules simples dérivées en substrats organiques directement décomposés par les organismes du sol.
- Peu de molécules sont obtenues directement à partir de restes végétaux ou animaux. Les résidus ayant un faible rapport C/N, comme les légumineuses, sont dégradés le plus rapidement (Huber et Schaub, 2011).

Le principal résultat de l'humification est l'humus, c'est-à-dire une matière organique développée et plus ou moins stabilisée (Samai, 2017).

La formation d'humus être sous la dépendance des micro-organismes présents, notamment des enzymes libérées par les micro-organismes. Pour le processus de minéralisation de la matière organique, nombreux facteurs entrent en jeu, notamment les facteurs physico-chimiques et biologiques du sol, des plantes et des pratiques agricoles. La formation d'humus dans les sols très acides, les sols très humides et où la température diminue est très ralentis (Benslama, 2018).

4. Les facteurs de biodégradation de la matière organique.

Plus une molécule organique est complexe et volumineuse, plus il est difficile de la décomposer. Plus une molécule organique est petite et simple, plus elle est facile à décomposer par toute la biomasse vivante (Benslama, 2018). La biodégradation des composants organiques et la biosynthèse des composés humiques dépendent du type d'apports organiques (composés simples, polymères, etc.) et de facteurs environnementaux globaux (texture, humidité, température, pH). Ils peuvent être divisés en deux composantes : abiotique et biotique.

4.1. Facteur abiotique.

Les facteurs abiotiques représentent les conditions du milieu.

4.1.1. PH.

La valeur optimale du pH pour une dégradation rapide de tous les substrats se trouve entre 6,5 et 8,5. Les actinobactéries et les bactéries, dont le pH optimal est proche de la neutralité, entrent moins en compétition pour les nutriments dans les environnements acides, ce qui explique l'abondance de champignons à pH élevé (Ousatani, 2006). L'acidification des sols à long terme augmentent le temps d'habitation du carbone organique dans le sol, conduisant à la formation de tourbe à long terme dans le froid (Giva, 2011).

4.1.2. Humidité.

L'humidité du sol est optimale où elle est proche de la capacité du champ, c'est-à-dire lorsque les réserves d'eau disponibles dans le sol sont complètement remplies. Trop d'humidité empêche la circulation de l'oxygène dont les organismes ont besoin pour respirer. Au contraire, la sécheresse entraîne l'inactivité de peuplement microbien (Benslama, 2018). L'humidité du sol peut également être limitée. S'il y en a trop, les conditions environnementales deviennent anoxiques et l'activité des micro-organismes aérobies est perturbée. Les réactions ultérieures sont principalement des réactions de fermentation et sont

moins efficaces pour dégrader les substances organiques (Sahrawat, 2004 in Grosbellet, 2008).

4.1.3. Teneur en oxygène (O₂).

La plupart des transformations organiques effectuées par les micro-organismes nécessitent de l'oxygène. Les racines en ont également besoin. Le même type de circulation dans le sol est utilisé par le gaz et l'eau : la porosité créée par un grand nombre de pores et de canaux entre les agrégats du sol. Ainsi, une meilleure circulation des gaz dépend toujours du niveau d'humidité du sol, de la quantité d'espace poreux et de l'état de la structure du sol. Ainsi, dans la pratique, les agriculteurs devraient encourager l'aération des sols. (Benslama, 2018).

4.1.4. Température.

Annabi (2005) compare l'incubation à 4°C et à 28°C. Cela montre que la minéralisation du carbone ralentit à basse température. Même à des températures plus élevées, la minéralisation enzymatique produite par ces micro-organismes est toujours possible. En dessous de 10 °C, la minéralisation est significativement réduite (Chabalier et *al.*, 2006). Par conséquent, La matière organique est plus faible dans les sols des climats plus chauds que dans ceux des climats plus froids, car la matière organique se décompose plus rapidement à des températures plus élevées. (Soco, 2009 ; Giva, 2011).

4.1.5. La composition du sol.

La composition chimique du sol a également un impact direct sur le pH et les sources nutritionnelles minérales autres que C et N. La teneur et le type d'argile du sol affectent la qualité du complexe argilo-humique qui stocke les éléments minéraux assimilables par les plantes. (Benslama, 2018).

4.1.6. Bilan air et eau.

Le taux de décomposition de la matière organique est accru par l'augmentation de la macroporosité du sol et de sa température moyenne. (Soco, 2009 ; Giva, 2011). Le sol est plus humide, lorsque l'oxygène responsable de la décomposition de la matière organique est faible et la matière organique s'accumule (Soco, 2009).

4.1.7. Salinité.

Les études sur le développement de la matière organique dans les sols salins indiquent sans aucun doute l'inhibition de l'activité microbienne dans le processus de la minéralisation et l'absence de dérivée humiques polymérisés. Le rapport AF/AH accroître linéairement avec la salinité (Oustani, 2006).

La matière organique du sol est physiquement protégée par les proportions échangeables de Ca et Mg ainsi que par la teneur en calcaire actif. De plus, l'aluminium libre protège physiquement et physico-chimiquement la matière organique des sols (Giva, 2011).

4.1.8. Teneur en azote.

La disponibilité de l'azote dans l'environnement est un facteur influent (Coppens *et al.*, 2007). Les micro-organismes ont souvent besoin de sources d'azote minéral pour utiliser de manière optimale les substrats carbonés des produits organiques. La minéralisation des matières organiques non compostées provoque une fixation importante de l'azote par les micro-organismes (Christensen, 2001; Widmer *et al.*, 2002; Busby *et al.*, 2007). La teneur présente dans l'environnement peut limiter la dégradation de la matière organique (Grosbellet, 2008).

4.2. Facture biotique.

La décomposition de la matière organique dépend de la nature des organismes vivants et de la matière organique.

4.2.1. Nature de la matière organique.

le carbone présent dans la matière organique du sol est une source d'énergie pour les micro-organismes (Chabalier *et al.*, 2006). Le manque d'azote et de phosphore disponibles limite l'activité microbienne (Giva, 2011). Dans les environnements acides, le rapport C/N est toujours plus faible, ce qui signifie que plus d'azote est présent. (Ndira, 2006). Les niveaux d'azote dans les sols sont souvent comparés à l'aide du rapport C/N. Par conséquent, des valeurs plus élevées du rapport C/N de la matière organique indiquent que la décomposition de la matière organique est plus faible et que l'activité microbienne est limitée par la quantité d'azote disponible dans le sol. (Oustani, 2006).

4.2.2. Les organismes vivants.

Diverses catégories de faune et de microflore du sol, ainsi que leur abondance, ont un impact sur l'évolution de la matière organique. (Giva, 2011).

4.2.2.1. Rôle de la microflore.

- **Bactéries** : Elles se développent dans des environnements riches en azote et moins acides et sont particulièrement communes autour des racines dans la rhizosphère (Berthelin et *al.*, 1990). La plupart sont saprophytes et hétérotrophes, dégradant la cellulose, un sucre qui fournit de l'énergie et qui est principalement minéralisé sous forme de CO₂. (Duchaufour, 1995). Elles jouent un rôle important dans le rédox en fonction du potentiel rédox (Eh) et du pH du milieu. (Totuain, 1984).

- **Actinomycètes** : jouent un rôle important dans la minéralisation et l'humification des litières, mais ce rôle est toujours mal compris. (Duchaufour, 1995). Ils décomposent probablement les produits aromatiques de la matière organique fraîche (tanins et lignine) et produisent certains acides humiques en favorisant la liaison des chaînes peptidiques aux noyaux aromatiques (notamment les noyaux ioniques). (Kilbertus et *al.*, 1979 – Berthelin et *al.*, 1983, 1986, 1990)

- **Champignons** : Ils participent à différentes étapes de la dégradation de la matière organique. Ils jouent un rôle crucial et très varié dans le sol. Les effets qu'ils ont sur la matière organique fraîche se manifestent principalement pendant la période de décomposition. Les composés phénoliques les plus résistants peuvent être hydrolysés par la plupart, ce qui leur permet de dégrader la cellulose (lignine et tanins).

- La pourriture brune ou pourriture molle dégrade préférentiellement la cellulose en composés phénoliques, mais peu de lignine libérée est convertie. - A l'inverse, la pourriture blanche s'attaque à la lignine et aux tanins, libérant des composés phénoliques de faible poids moléculaire, solubles. (Gourbière, 1981 ; Rihani, 1988 ; Rihani et *al.*, 1995).

4.2.2.2. Rôle de la faune.

Les êtres vivants sont divisés en en micro, méso et macrofaune. En fonction de leur taille.

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

- Microfaune : comme les protozoaires (notamment les bactéries ciliées) et les nématodes. Il est courant dans les milieux humides et s'attaque aux bactéries et actinobactéries. (Toutain, 1984).
- Mésofaune : arthropodes inférieurs (collemboles et acariens) et enchytrides. Caractérise principalement le milieu acide "Moder et Mol". (Duchaufour, 1995).
- Macrofaune : Il s'agit notamment des vers de terre, et sont résistants aux acides. Ils activent la décomposition des litières, mais aussi leur captage dans les sols minéraux (horizon H). La forme anémique est caractéristique du Mul, qui favorise la division des litières et les intègre également aux sols minéraux, contribuant à la formation de macroagrégats d'humus argileux par digestion. (Toutain, 1981 ; Benslama-Zanache, 1998).

Les arthropodes et les larves d'insectes sont plus fréquentes dans les milieux acides et secs (moder), tandis que dans les régions tropicales, les termites ont des effets mécaniques (ramenant la terre fine à la surface) et biochimiques sur le développement du sol (formant des agrégats avec l'argile). - le complexe argilo-humique, qui apporte une structure aérienne (Garnier et *al.*, 1988).

5. Effets de la matière organique.

5.1. Effet agronomique et environnemental.

Dans le sol, la MO remplit plusieurs fonctions agronomiques et écologiques intégrées (Duprarque et Rigalle, 2011).

- Grâce à la minéralisation, les végétaux sont assurés d'être préservés et de recevoir les nutriments nécessaires.
- Stimule l'activité biologique et constituent une source d'énergie et de nutriments pour les organismes du sol.
- Joue un rôle crucial dans la structure des sols et contribuent à leur stabilité face aux influences extérieures (pluie, compactage...), notamment en limitant l'érosion hydrique.
- Favorise le réchauffement des sols (la matière organique devient plus foncée).
- Contribue à l'infiltration, à l'aération du sol et à la capacité de rétention d'eau.
- Joue également un rôle majeur dans d'autres domaines environnementaux en contribuant au maintien de la qualité de l'eau grâce à leur forte capacité à retenir les polluants organiques (hydrocarbures, pesticides...) et minéraux (oligo-éléments métalliques).
- Cependant, elles peuvent également être une source de polluants potentiels tels que les phosphates et les nitrates.
- Affecte la qualité de l'air en stockant ou en émettant des gaz à effet de serre.

- Effectue des fonctions d'absorption ou d'émission de carbone (principalement sous forme de CO₂). Quelques changements dans les pratiques agricoles permettent de stocker le carbone dans les sols (conversion des cultures en pâturage).

Au contraire, la gestion de ces pâturages exerce une réduction des stocks de carbone.

- Joue également un rôle important pour l'environnement. Contribue également à lutter contre le phénomène de désertification, car L'augmentation de la concentration de sol entraîne une augmentation de la quantité de gaz qui contribue à la production de dioxyde de carbone et permet de diminuer les émissions de dioxyde de carbone dans l'air. (FAO, 2008).

- la qualité des sols est évalué par deux critères la stabilité et la quantité de MO (Virto et *al.*, 2008).

- Confirme la libération et le stockage des nutriments pour les micro-organismes et plutôt pour les plantes dans le sol et régule la qualité et le comportement d'eau dans ce dernier. (Craswell et *al.*, 2001 ; Bronick et *al.*, 2005 ; CRA-LR, 2011 ; Lehmann et *al.*, 2015 ; Trigalet et *al.*, 2017).

5.2. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques du sol.

L'ajout de matière organique exogène au sol sous forme de fertilisants ou d'amendements augmente et maintient la teneur organique du sol. Les changements dans les propriétés physico-chimiques (comme la floculation, la réduction de l'érosion, l'augmentation du CEC, l'apport d'éléments fertilisants, etc.) et la stimulation de l'activité biologique sont généralement associés à cette restauration de la teneur en matière organique. (Annabi, 2001).

- Effet de la matière organique sur la structure du sol. Le rôle de la matière organique est d'améliorer la structure des sols, en particulier les sols pauvres en flocculants physico-chimiques tels que les argiles, hydroxydes d'aluminium et de fer, et les oxydes, ainsi que les environnements secs (Baldock et Nelson, 2000 ; Franzluebbbers et *al.*, 2001). L'ajout de matières organiques favorise la formation d'agrégats de plusieurs millimètres, entraînant une augmentation de la porosité lacunaire globale (Grosbellet, 2008). Par la création de complexes organo-minéraux (argilo-humique), il peut augmenter la force de cohésion entre les particules minérales du sol, induire une hydrophobie et accroître la résistance du sol à l'éclatement induit par l'humectation (Chenu et *al.*, 2000 ; Annabi et *al.*, 2007). La fraction humique est la fraction organique la plus essentielle dont il a été prouvé qu'elle est impliquée dans la stabilité structurale des sols (Annabi et *al.*, 2007). L'agrégation stable assure la bonne structure du sol, aussi assure une protection contre l'érosion et une porosité élevée, et peut assurer une formation de croûtes de boue (Le Bissonnais et *al.*, 2002; Tejada et Gonzalez, 2008).

- Effet de rétention d'eau. Les matières organiques ont une très grande capacité de stockage d'eau, ce qui accroît les réserves utiles (RU) des sols. Cette amélioration est particulièrement intéressante dans les sols sableux et filtrés (Vilain, 1989).

5.3. Effets de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques du sol.

La matière organique a un effet positif sur les propriétés physico-chimiques du sol (capacité d'échange cationique, pouvoir tampon, etc.), et cet effet se renforce à mesure que l'humification de la matière organique augmente. (Drouet, 2010).

- Effet sur la capacité d'échange cationique (CEC). Selon Drouet (2010), entre 20 et 70 % de CEC présente dans la couche superficielle de nombreux sols peut être attribuée aux substances humiques. Le rôle de la matière organique est très important dans les sols à texture grossière et dans les sols à faible composition argileuse en minéraux phyllite à CEC élevée. La CEC toujours dépend du complexe argilo-humique (CAH) du sol. Les sols limoneux et/ou riches en humus sont courants et les sols sableux sont très rares. Le but de l'ajout de MO aux sols sableux est d'augmenter cette CEC. En revanche, l'ajout de matière organique aux sols argileux vise à stabiliser l'argile, à augmenter la CEC et à limiter le lessivage (Citeau et *al.*, 2008). De plus, les matières organiques permettent la formation de complexes (chélates) avec des oligo-éléments, augmentant ainsi leur réserve dans le sol (Drouet, 2010). L'évolution des racines par les acides humiques accolés à la matière organique a également été rapportée en réponse aux engrais organiques et est fréquemment observée, même si les effets physiologiques sont encore mal connus (effets positifs des acides humiques) (Drouet, 2010).
- Effet sur la valeur du pH. La décomposition de la matière organique maintient une certaine acidité dans le sol, notamment en raison du dégagement d'acides organiques et de l'effet acidifiant du CO₂ dégagé par l'activité microbienne. La dissolution des éléments difficilement assimilables se fait grâce à cette acidité (phosphates, fer...) dans les sols calcaires. D'un autre côté, les matières organiques stabilisées empêchent l'acidification des sols grâce à leur effet tampon (Adaeso in Oustani, 2006).
- Impact sur la salinité des sols. La matière organique s'est avérée très efficace pour contrôler les effets de la salinité en favorisant le lessivage de l'excès de sel et en accroître la tolérance des plantes au sel (Halitim et Benabadji in Oustani, 2006).

5.4. Effets biologiques.

La matière organique stimule l'activité biologique et constitue une source de nutriments et d'énergie pour la pédofaune et pédoflore (Citeau et *al.*, 2008 ; Merrouki et *al.*, 2012).

Chapitre I : Etat de connaissance « sol et matière organique ».

- La matière organique comme réserve de nutriments du sol. Les matières organiques assurent le stockage et la nutrition des plantes ;

Les organismes du sol obtiennent les éléments nécessaires par minéralisation (Rasool et *al.*, 2007, 2008).

La MO agit tel qu'un réservoir de nutriments pour la végétation dans toutes les complexes argiles Humine (CRA-LR, 2011). L'accumulation de matière organique participe également à une augmentation expressive de la CEC. Ceci est lié à le volume de substances humiques et donc à la capacité d'adsorption du sol, qui améliore le stockage des nutriments nécessaires aux plantes (Chen et *al.*, 2004).

- Les matières organiques comme sources de carbone.

Le carbone présent dans la matière organique du sol est une source d'énergie pour les micro-organismes hétérotrophes, les micro-organismes qui ne profitent pas d'énergie de la lumière solaire (comme la plupart des micro-organismes) (Chabalier et *al.*, 2006). La végétation est un élément essentiel du cycle d'échange d'énergie et de matière dans les écosystèmes, et la présence de végétation constitue la base matérielle pour prévenir la dégradation des écosystèmes.

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

1. Situation géographique de la région d'étude.

La zone d'étude couvre une superficie de 47 350 hectares et est bordée au nord-est et au nord-ouest par la mer Méditerranée, au sud par le bassin du lac Fetzara et à l'ouest par le cours inférieur de l'oued. L'est d'El Kebir et la plaine de Kherraza (Fig. 7). Le massif de l'Edough se trouve dans une zone forestière entre le Cap des Fers à l'ouest et la ville d'Annaba à l'est. Le massif, qui atteint une hauteur de 1 008 mètres au Kef Saba'a, est bordé au nord, à l'est, au sud et au sud-est par la mer Méditerranée, ainsi que par le lac Fetzara et les plaines agricoles d'Annaba. Au nord-ouest, la plaine de Senhaja et le massif de Chetaibi sont bordés par lui.

Le massif de l'Edough s'étend dans une direction est-ouest. La crête linéaire de 26 km de long commence au nord du lac Fetzara, passe par Koudiat el Roha (616 m), atteint 1008 m à Kef Saba'a, point culminant de la région, et s'élève à 867 m en direction du village de Serraidi, pour ensuite tomber du là. Jusqu'à l'extrémité du Cap de Garde (161 m) au nord d'Annaba (Toubal-Boumaza 1986). Deux espèces principales composent la flore du massif forestier d'Edough. Le chêne-liège occupe une superficie de 3419 hectares tandis que le chêne zen, qui est constitué de massifs compacts et recouvre toutes les zones humides ou fraîches des versants nord. La superficie de la Forêt d'Edough est de 527 402,45 hectares et elle est répartie géographiquement dans la Wilaya d'Annaba. Situé entre la longitude 7°43' et 7°39'E et les latitudes 36°55' et 36°56'N, Serraidi est un village forestier très ancien. Il se distingue par des forêts denses composées de chênes lièges et de zen, de pins et d'arbustes. Depuis 1845, l'une des plus importantes forêts de chênes lièges de l'est de l'Algérie se trouve dans cette zone. Située à une altitude de 1 008 mètres, elle se trouve dans la région nord-est du pays, à 13 kilomètres à l'ouest d'Annaba. (DGRF, 2006). En termes de végétation la région de Serraidi est caractérisée par des forêts denses de chêne liège et de chêne zen, de pin ou de maquis denses.

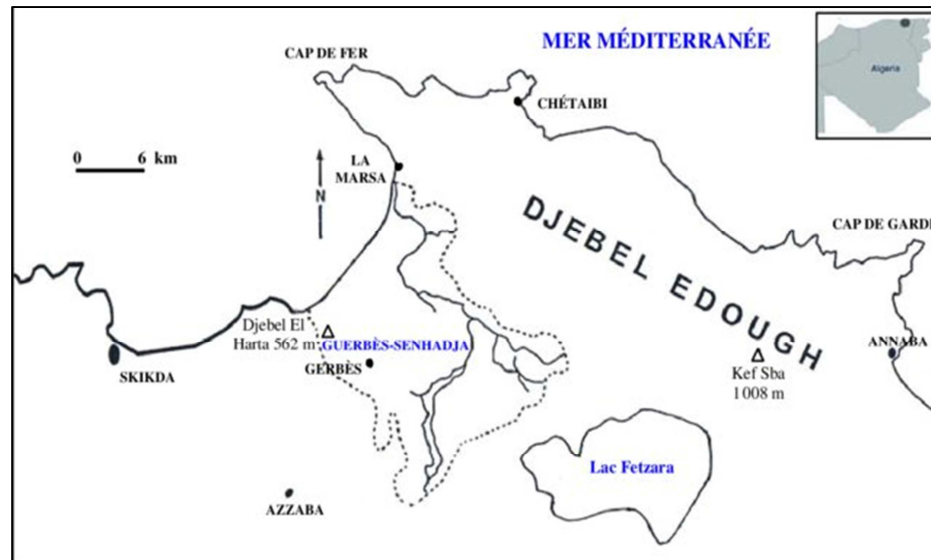


Figure 04 : Situation de la péninsule de l'Edough dans le Nord-Est algérien. (Hamel, 2013).

2. Géologie et Orographie.

Sur le plan géographique, notamment en géobiologie des montagnes, le relief et la combinaison des facteurs d'élévation, de pente et d'exposition sont des critères déterminants. Le relief représente donc la composante de l'environnement physique qui définit le mieux les caractéristiques montagnardes d'un espace ou d'une région. Dans la zone d'Edough, les pentes des catégories 15-25% et 25-40% sont prédominantes (Oularbi et Zeguiche 2009). Généralement, les pentes d'origine métamorphique formées de roches mères et de plusieurs formations géologiques. La façade côtière est constituée de marbre et de quartzite micaschiste (représenté par du gneiss) (Hamel, 2013). Ce qui frappe dans la région de l'Edough, c'est la raideur des pentes de ces collines, qui restent souvent convexes vers le fond de nombreuses vallées. Il s'agit d'un modèle typique d'un massif de gneiss. Le Kef Sabaa a une altitude de 1008 m et ses crêtes sont perpendiculaires aux vents dominants du nord-ouest, les précipitations sont donc relativement abondantes et les températures hivernales ne sont jamais basses.

Le cours moyen du fleuve est couvert par certaines des plus belles forêts d'Algérie. Le phénomène de stratification est caractérisé par l'apparition de plusieurs châtaigniers, notamment le passage du chêne-liège au chêne zen près du sommet. S'il y a une vallée, les racines seront profondes et il sera difficile de les déplacer. Les principaux fleuves sont Oued El Amels, Oued Erbiha, Oued Efris, Oued sahel, Oued Bagrat (DGF, 2002).

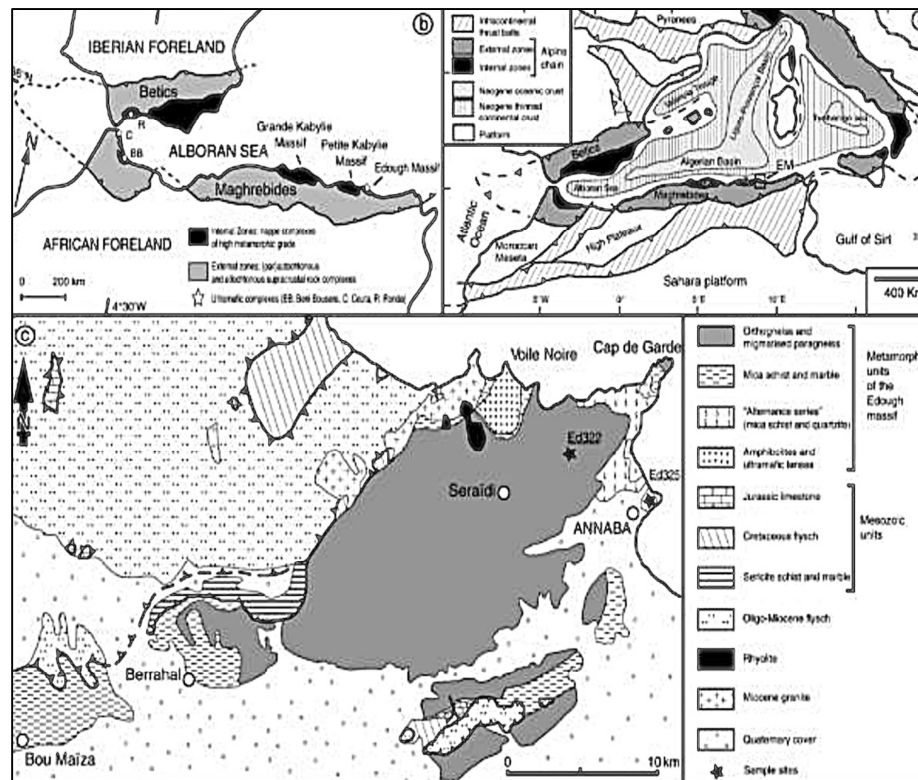


Figure 05 : La Carte géologique dans la péninsule de l'Edough (Bruguier et *al.*, 2009).

3. Pédologie.

La recherche scientifique sur les sols dans la forêt d'Edough à caractériser par plusieurs types de sols appartient à différentes classes :

- Une classe de sols peu développés.
- Classe de sols de sesquioxyde de fer.
- Classe des sols bruns (BNDEF, 1990).

4. Réseaux hydrographique.

La péninsule d'Edough possède un cours d'eau assez important, constitué d'oueds temporaires alimentés par l'eau du point culminant, Kef Saba'a (1 008 m). La plupart de ces oueds perdent de l'eau pendant les sécheresses. Réduisant ainsi le débit. Cependant, cette eau s'écoule à travers les fissures et les vides et forme de nombreuses sources dans les secteurs de la zone d'étude (Hamel, 2013).

5. Éléments de la climatologie générale.

Le climat méditerranéen se caractérise par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud avec un rayonnement solaire et une évaporation élevés. Il s'agit donc d'un climat de transition entre tempéré et tropical (Emberger 1930-1971 ; Quézel 1985), qui se définit par la présence de périodes estivales sèches et chaudes durant lesquelles la végétation est exposée à un stress hydrique important. (Quézel & Médail 2003)

Le massif de l'Edough est situé en bordure côtière de la région d'Annaba, à plus de 800 m d'altitude. L'étude dernière a été menée sur la base d'observations effectuées à la station météorologique de Seraïdi au cours de la période 2001-2011.

Tableau n°07. Situation géographique de la station météorologique de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2010).

| Altitude (m) | Longitude | Latitude | Période d'observation |
|--------------|-----------|----------|-----------------------|
| 870 | 07 ° 41'E | 36° 55'N | 2001/2011 |

Dans notre étude, on s'est basé sur des facteurs très importants à l'étude climatologique qui sont :

5.1. Température.

La température est un facteur très important dans le contrôle des phénomènes d'évapotranspiration et des déficits de débit annuels et saisonniers.

Le tableau 08 présente la répartition mensuelle des températures moyennes mesurées à la station météorologique de Séraïdi sur une période de 10 ans (2001-2011).

Tableau n°08. Températures moyennes mensuelles en (mm) station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| Mois Année | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc | Moyenne annuelle |
|---------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---------------------|
| 2001-2002 | 9.1 | 7.8 | 17.6 | 11.8 | 15.8 | 22.5 | 25.5 | 25.5 | 19.4 | 21.0 | 11.1 | 7.8 | 16.18 |
| 2002-2003 | 7.6 | 8.8 | 10.6 | 13.1 | 17.1 | 23.9 | 23.8 | 23.6 | 19.9 | 17.8 | 12.4 | 9.7 | 14.95 |

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2003-2004 | 6.7 | 5.9 | 10.1 | 13.7 | 17.3 | 25.4 | 28.3 | 28.1 | 20.1 | 18.0 | 12.6 | 7.7 | 16.16 |
| 2004-2005 | 7.5 | 9.2 | 10.2 | 11.9 | 14.5 | 21.2 | 22.9 | 25.8 | 21.2 | 20.4 | 10.1 | 8.2 | 13.59 |
| 2005-2006 | 5.0 | 3.9 | 10.8 | 12.7 | 19.6 | 22.8 | 25.2 | 22.9 | 18.8 | 17.9 | 12.1 | 6.9 | 14.88 |
| 2006-2007 | 5.5 | 6.8 | 11.5 | 15.5 | 19.7 | 24.0 | 26.1 | 22.7 | 21.2 | 19.8 | 13.5 | 9.1 | 16.28 |
| 2007-2008 | 10.2 | 9.0 | 9.0 | 13.7 | 17.6 | 21.8 | 25.2 | 24.8 | 20.6 | 16.0 | 10.8 | 7.4 | 15.51 |
| 2008-2009 | 8.7 | 8.8 | 9.2 | 13.8 | 17.3 | 20.7 | 25.2 | 25.6 | 21.2 | 17.4 | 11.1 | 7.3 | 15.05 |
| 2009-2010 | 7.2 | 6.2 | 10.9 | 11.1 | 18.8 | 22.5 | 27.1 | 25.5 | 19.8 | 15.2 | 13.9 | 10.6 | 15.73 |
| 2010-2011 | 7.6 | 9.4 | 11.1 | 13.2 | 15.1 | 19.7 | 25.1 | 24.3 | 19.6 | 17.0 | 11.5 | 9.4 | 15.25 |
| Moyenne mensuelle | 7.51 | 7.58 | 11.1 | 13.05 | 17.3 | 22.6 | 23.4 | 24.8 | 20.2 | 18.0 | 11.9 | 8.3 | 15.49 |

Le tableau ci-dessus montre les changements de température de 2001 à 2011. La température la plus basse en janvier (7,51 °C) et la température la plus élevée en août (24,8 °C) a été enregistrée, avec une température mensuelle moyenne de 15,49 °C.

5.2. Précipitations.

La pluie joue un rôle important dans les études climatiques car elle affecte le ruissellement saisonnier et, par conséquent, l'état des cours d'eau et des sources. Les précipitations en Algérie ont une origine plus géomorphique. (Seltzer 1946). En effet, l'altitude, l'orientation des montagnes et l'exposition influencent les conditions climatiques. En conséquence, l'orientation de l'axe de la montagne par rapport à l'océan et aux vents humides détermine les précipitations. En Algérie, les régions les plus exposées aux précipitations sont les versants nord et nord-ouest, ainsi que leurs sommets. À mesure que les vents diminuent, elles diminuent vers le sud. (Hamel, 2013).

Selon Hamel (2013), les précipitations sur la péninsule d'Edough varient en fonction de quatre paramètres :

- Longitude : On voit donc que les précipitations diminuent d'est en ouest.
- Latitude : Les précipitations diminuent du nord au sud.

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

- Altitude : Les précipitations augmentent avec l'altitude.

- Exposition : Les versants nord reçoivent plus de précipitations que les versants sud.

Les données collectées à la station Seraidi sur une période de 10 ans (2001-2011) sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°09. Précipitations mensuelles (mm) de la région de Séraidi. (D'après la station météorologique de Séraidi 2001-2011)

| Mois Année | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc | Préc annuelle |
|---------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| 01-02 | 267.9 | 108.5 | 28.7 | 72.3 | 44.9 | 17.0 | 00 | 4.30 | 52.10 | 5.00 | 181.6 | 147.2 | 229.50 |
| 02-03 | 65.9 | 75.9 | 71.4 | 74.8 | 29.9 | 18.0 | 28.1 | 48.4 | 44.6 | 122.5 | 235.7 | 265.1 | 1080.30 |
| 03-04 | 403.6 | 168.5 | 66.1 | 270 | 25.5 | 00 | 00 | 00 | 107.2 | 68.0 | 69.50 | 365.3 | 768.90 |
| 04-05 | 244.4 | 43.1 | 122.0 | 154 | 37.3 | 30.7 | 00 | 00 | 42.7 | 14.6 | 147.6 | 72.8 | 909.40 |
| 05-06 | 249.8 | 274.2 | 132.6 | 189 | 11.5 | 4.8 | 8.2 | 44.1 | 45.2 | 21.2 | 103.1 | 387.0 | 636.80 |
| 06-07 | 218.2 | 128.6 | 96.6 | 47.1 | 39.0 | 3.6 | 00 | 16.6 | 29.8 | 40.0 | 130.5 | 373.3 | 1123.30 |
| 07-08 | 64.1 | 108.5 | 334.4 | 61.4 | 17.3 | 93.1 | 22.0 | 74.0 | 81.6 | 196.6 | 165.2 | 251.9 | 1470.10 |
| 08-09 | 34.8 | 27.0 | 239.3 | 39.5 | 53.8 | 13.4 | 10.1 | 00 | 113.5 | 70.6 | 122.4 | 250.6 | 975.00 |
| 09-10 | 134.6 | 36.5 | 32.0 | 82.0 | 32.8 | 00 | 00 | 20.0 | 21.3 | 47.1 | 57.8 | 76.4 | 540.50 |
| 10-11 | 270.4 | 121.1 | 135.0 | 60.1 | 57.4 | 32.2 | 00 | 5.7 | 54.8 | 255.3 | 253.3 | 110.2 | 1355.50 |
| Moy mens | 195.3 | 109.2 | 125.8 | 105 | 34.9 | 21.3 | 6.90 | 21.3 | 59.3 | 84.09 | 146.7 | 229.9 | 978.93 |

Ce tableau montre que les précipitations annuelles moyennes sont de 978,93 mm/an. Les fluctuations des précipitations sont importantes d'un mois à l'autre. Les précipitations maximales (jusqu'à 229,9 mm) sont enregistrées en décembre et janvier, et les minimales en juillet (6,90 mm).

5.2.1. Répartition annuelle des précipitations mensuelles.

Les variations des précipitations au fil du temps sont importantes. En effet, l'année la plus humide (2007/2008) a eu une pluviométrie de 1470 mm, tandis que l'année la plus sèche (2009/2010) a eu une pluviométrie de seulement 540,50 mm (Tableau 10).

Tableau.10. les précipitations de l'année humide (2007/2008) et l'année sèche (2009/2010) [AS : Année Sèche ; AH : Année Humide ; Ob : Observation]. (D'après la station météorologique de Séraidi 2001-2011).

| Mois Année | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Totale | Ob |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|---------|-----------|
| 2009-2010 | 21.3 | 47.1 | 57.8 | 76.4 | 134.6 | 36.5 | 32.0 | 82.0 | 32.8 | 00 | 00 | 20.0 | 540.50 | AS |
| 2007-2008 | 81.6 | 196.6 | 165.2 | 251.9 | 64.1 | 108.5 | 344.4 | 61.4 | 17.3 | 93.1 | 22.0 | 74.0 | 1470.10 | AH |

Coefficient pluviométrique

Ce paramètre climatique, joue un rôle très important dans la détermination des années excédentaires et déficitaires.

Il est calculé par la formule suivante :

$$H = \frac{H_i}{\bar{H}}$$

H : coefficient pluviométrique.

H_i: Pluviométrie de l'année considérée.

H' : Pluviométrie moyenne pour une période de n années.

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie.

Plus le coefficient de précipitation (H>1) est grand, plus l'excédent de l'année correspondante est important et plus le coefficient de précipitation (H<1) est petit plus le déficit est important au cours d'une année donnée.

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

Les valeurs du coefficient de précipitation présentées dans le tableau 11 mettent en évidence les années excédentaires et déficitaires.

Pour la station de Séraïdi, on rencontre 06 années déficitaires : 2001/2002 ,2003/2004 ,2004/2005 ,2005/2006 ,2008/2009 ,2009/2010, et 04 années excédentaires : 2002/2003 ,2006/2007 ,2007/2008 ,2010/2011, avec un taux maximale de 1470 mm en 2007/2008 et minimale de 540,50 mm en 2009/2010.

Tableau.11. Coefficients Pluviométriques de la station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| Années Hydrologiques | Hauteur annuelle de pluie en mm (Hi) | Coefficients pluviométrique (H) |
|-----------------------------|---|--|
| 2001-2002 | 929.50 | 0.95 |
| 2002-2003 | 1080.30 | 1.10 |
| 2003-2004 | 768.90 | 0.78 |
| 2004-2005 | 909.40 | 0.92 |
| 2005-2006 | 636.80 | 0.65 |
| 2006-2007 | 1123.30 | 1.14 |
| 2007-2008 | 1470.10 | 1.50 |
| 2008-2009 | 975.00 | 0.99 |
| 2009-2010 | 540.50 | 0.55 |
| 2010-2011 | 13355.50 | 1.38 |

5.2.2. Synthèse et classification du climat.

La synthèse bioclimatique met l'accent sur différentes caractéristiques du climat qui permettent de délimiter les stades de végétation (Riva Martinez 1984 ; Dahmani 1997). Ces phases peuvent également être classées par précipitation ou température. La combinaison de ces paramètres climatiques a permis à de nombreux auteurs de développer plusieurs

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

indicateurs reflétant le climat et la végétation existante. Il est représenté par la courbe ci-dessous et la figure se réfère à $P = 2T$.

L'analyse de la courbe ombrothermique sur 10 ans (2001-2011) (Figure 09) à partir des données mensuelles moyennes de précipitations (P) et de température (T) révèle que cette région est une région méditerranéenne. Un climat caractérisé par deux saisons distinctes :

L'une est humide, caractérisée par de fortes pluies et des températures froides du début septembre au début mai. L'autre est sèche et relativement courte, s'étendant de fin mai à début septembre.

Tableau.12. Températures moyennes mensuelles (2T°C) ; Précipitations mensuelles (mm) de la station Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T (°C) | 15.02 | 15.16 | 22.2 | 26.1 | 34.56 | 45.28 | 46.8 | 49.96 | 40.36 | 36.1 | 23.82 | 16.68 |
| P (mm) | 195.37 | 109.2 | 125.8 | 105.1 | 34.94 | 21.28 | 6.84 | 21.31 | 59.28 | 84.09 | 146.7 | 230 |

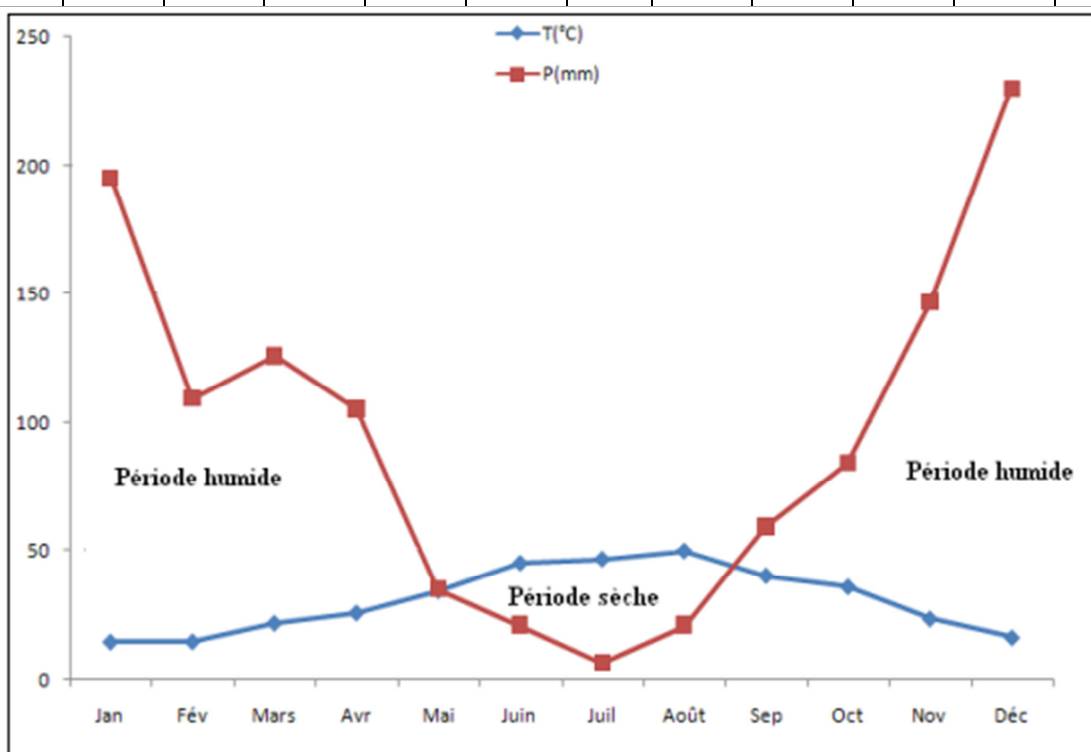


Figure 06: Diagramme Ombrothermique de la station Séraïdi (2001/2011).

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

Emberger a créé une carte climatique montrant toutes ces étages. Chaque étage est associé à la température moyenne minimale du mois le plus froid et au coefficient de source froide correspondant. Ce climagramme permet de caractériser le climat régional et de le classer en niveaux bioclimatiques.

5.2.3. Quotient pluviothermique d'Emberger.

Le quotient thermique de précipitation (Q₂) d'Emberger (1952, 1955) correspond à une expression composite du climat méditerranéen qui prend en compte les précipitations annuelles moyennes (P en mm) et pour la température, d'une part « moyenne des valeurs minimales du mois le plus froid » (m). D'autre part, à partir de la « moyenne des valeurs maximales du mois le plus chaud » (M).

Ces deux valeurs thermiques extrêmes permettent d'évaluer la « température moyenne » $(M + m)/2$ et l'« amplitude thermique extrême moyenne » $(M - m)$. Cette dernière reflète le caractère continental de la station et intègre, selon (Calvet 1982), quasiment l'évapotranspiration, variable climatique difficile à quantifier in situ.

Ce quotient ne prend pas en compte la valeur absolue de m, qui est la variable d'identification de la région concernée, car elle détermine la durée et l'étendue de la période de gel. Le calcul du quotient thermique profond « Q₂ » d'Emberger est déterminé par une combinaison de trois facteurs climatiques majeurs. La formule utilisée pour le calcul est :

$$Q_2 = (2000 P) / (M^2 - m^2)$$

P : Précipitation annuelles en mm.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré de Kelvin (°K) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré de Kelvin (°K).

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau.13. Données concernant le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| La région | M (°K) | m (°K) | P (mm) | Q ₂ | Période |
|-----------|--------|--------|--------|----------------|-----------|
| Séraïdi | 301.61 | 278.02 | 978.93 | 143.20 | 2001-2011 |

Situation de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger :

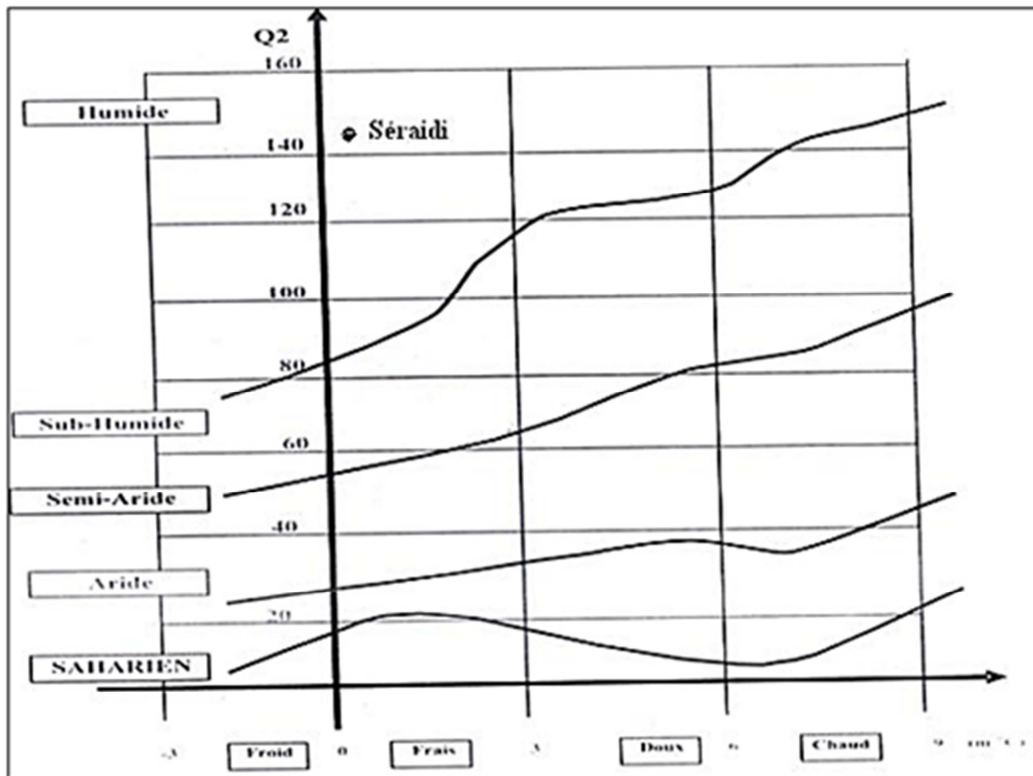


Figure 07 : Situation de la région d'étude dans le Climagramme d'Emberger (1955)

5.3. Humidité relative.

Humidité moyenne mensuelle et annuelle mesurée à la station météorologique de Séraïdi entre 2001 et 2011.

Tableau.14. Humidité de l'air moyenne mensuelle et annuelle en (%) de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| Mois Année | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc | Moy annuelle |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| 2001-2002 | 72 | 75 | 60 | 75 | 75 | 54 | 55 | 58 | 81 | 65 | 84 | 84 | 69.83 |
| 2002-2003 | 75 | 78 | 75 | 72 | 61 | 50 | 62 | 67 | 75 | 66 | 75 | 81 | 69.75 |
| 2003-2004 | 89 | 85 | 75 | 77 | 74 | 53 | 53 | 48 | 81 | 75 | 80 | 83 | 72.75 |
| 2004-2005 | 87 | 74 | 78 | 76 | 76 | 65 | 62 | 58 | 69 | 56 | 89 | 85 | 72.92 |

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2005-2006 | 87 | 86 | 73 | 72 | 62 | 63 | 61 | 65 | 77 | 73 | 77 | 85 | 73.42 |
| 2006-2007 | 80 | 83 | 68 | 67 | 65 | 51 | 57 | 71 | 65 | 64 | 77 | 85 | 69.42 |
| 2007-2008 | 74 | 83 | 82 | 77 | 70 | 69 | 56 | 59 | 74 | 84 | 79 | 87 | 74.50 |
| 2008-2009 | 79 | 80 | 80 | 68 | 71 | 69 | 61 | 60 | 67 | 74 | 77 | 84 | 72.50 |
| 2009-2010 | 86 | 78 | 72 | 78 | 67 | 55 | 49 | 61 | 29 | 83 | 62 | 73 | 66.08 |
| 2010-2011 | 82 | 74 | 74 | 80 | 72 | 72 | 62 | 64 | 77 | 68 | 81 | 68 | 72.83 |
| Moyenne mensuelle | 81.1 | 79.6 | 73.7 | 74.2 | 69.3 | 60.1 | 57.8 | 61.1 | 69.5 | 70.8 | 78.1 | 81.5 | 71.40 |

Le mois le plus sec de l'année est juillet, avec une humidité relative moyenne de 57,8 %, et les mois les plus humides sont décembre et janvier, avec une humidité relative variant entre 81,10 et 81,50 %.

5.4. Vents.

Le vent a un effet important sur le couvert végétal. Caractérisé par la direction, la fréquence et la vitesse. Durant l'hiver, les vents soufflent du nord-ouest sur la péninsule d'Edough. Les vents soufflant du nord-est et produisant de fortes brises de mer atteignent une fréquence de 13 % en juillet, mais seulement de 4 % en décembre (Seltzer 1946). Selon l'Observatoire météorologique de Seraïdi, les vents dominants souffleront du nord au sud. Pour caractériser le régime des vents, nous avons analysé les données de la station météorologique de Seraïdi.

Tableau.15. Vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s) de la région de Séraïdi. (D'après la station météorologique de Séraïdi 2001-2011)

| Mois Année | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc | Moy annuelle |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| 2001-2002 | 2.2 | 1.8 | 1.7 | 1.3 | 0.7 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 1.1 | 0.6 | 1.9 | 2.4 | 1.28 |
| 2002-2003 | 12 | 17 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.3 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 3.1 | 2.4 | 3.89 |

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2003-2004 | 3.5 | 2.1 | 1.2 | 3.6 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 3.1 | 3.4 | 2.4 | 5.8 | 2.64 |
| 2004-2005 | 7.5 | 3.9 | 3.5 | 4.3 | 3.1 | 2.5 | 1.4 | 1.7 | 3.1 | 1.8 | 3.2 | 5.5 | 3.46 |
| 2005-2006 | 4.6 | 5.8 | 3.0 | 2.9 | 2.4 | 1.9 | 1.4 | 2.7 | 1.9 | 1.3 | 3.4 | 3.5 | 2.90 |
| 2006-2007 | 2.8 | 3.9 | 6.1 | 3.6 | 1.6 | 2.4 | 0.7 | 1.4 | 2.8 | 3.4 | 3.1 | 2.3 | 2.84 |
| 2007-2008 | 3.1 | 5.4 | 2.3 | 2.9 | 3.6 | 1.6 | 0.9 | 1.7 | 2.2 | 3.4 | 4.2 | 3.7 | 2.92 |
| 2008-2009 | 2.5 | 1.5 | 5.2 | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 1.9 | 0.5 | 2.5 | 1.8 | 4.6 | 4.5 | 2.88 |
| 2009-2010 | 4.8 | 4.4 | 3.0 | 3.3 | 1.8 | 1.8 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 3.4 | 3.2 | 6.6 | 3.06 |
| 2010-2011 | 5.7 | 6.3 | 3.2 | 2.9 | 3.5 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 3.4 | 3.7 | 5.4 | 5.9 | 3.83 |
| Moyenne mensuelle | 4.87 | 5.21 | 3.24 | 3.09 | 2.29 | 1.69 | 1.30 | 1.41 | 2.33 | 2.43 | 3.45 | 4.26 | 2.96 |

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 2,96 m/s. La vitesse moyenne mensuelle minimale du vent atteint 1,30 m/s (juillet) et la vitesse moyenne mensuelle maximale du vent 5,21 m/s (février).

5.5. Évaporation de l'eau.

La quantité d'eau qui s'évapore ou transpire du sol et des plantes. Ci-dessous se trouvent les valeurs d'évaporation de l'eau (en millimètres) selon la station météorologique de Seraidi.

Tableau 16. Évaporation moyenne mensuelle (mm) dans la région de Seraidi. (Selon l'Observatoire météorologique de Seraidi de 2001 à 2011)

| Mois Année | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc | Moy annuelle |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|
| 2001-2002 | 64.0 | 49.4 | 126 | 56.7 | 80.2 | 145 | 173 | 152 | 61.4 | 111 | 36.6 | 133 | 99.06 |
| 2002-2003 | 37.8 | 39.1 | 50.2 | 59.3 | 95.5 | 13.9 | 11.2 | 97.3 | 62.3 | 74.8 | 54.2 | 31.6 | 52.27 |
| 2003-2004 | 22.1 | 20.0 | 42.2 | 52.5 | 61.1 | 131 | 149 | 164 | 52.7 | 61.1 | 37.7 | 28.6 | 68.50 |

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2004-2005 | 27.6 | 45.4 | 39.9 | 40.8 | 46.2 | 82.2 | 118 | 129 | 81.1 | 101 | 20.4 | 25.2 | 63.07 |
| 2005-2006 | 15.8 | 18.4 | 52.8 | 53.6 | 96.3 | 95.7 | 124 | 100 | 60.0 | 50.7 | 39.6 | 22.3 | 60.77 |
| 2006-2007 | 21.4 | 21.9 | 86.5 | 67.6 | 85.5 | 14.4 | 135 | 73.0 | 79.5 | 79.6 | 41.1 | 24.5 | 58.59 |
| 2007-2008 | 42.7 | 23.4 | 30.3 | 41.5 | 68.2 | 86.0 | 121 | 118 | 63.5 | 36.5 | 37.9 | 20.9 | 57.49 |
| 2008-2009 | 29.2 | 28.7 | 38.1 | 66.5 | 71.2 | 80.8 | 12.7 | 112 | 82.5 | 50.8 | 42.3 | 22.9 | 53.14 |
| 2009-2010 | 21.3 | 26.7 | 43.5 | 55.9 | 77.1 | 114 | 156 | 110 | 44.4 | 35.6 | 62.4 | 56.5 | 67.95 |
| 2010-2011 | 22.1 | 20.0 | 42.2 | 52.5 | 61.1 | 131 | 149 | 164 | 52.7 | 61.1 | 37.7 | 28.6 | 68.50 |
| Moyenne mensuelle | 30.4 | 29.3 | 55.2 | 54.56 | 72.9 | 89.4 | 115 | 122 | 64.1 | 66.2 | 40.9 | 39.7 | 64.94 |

La quantité mensuelle moyenne annuelle d'eau évaporée dans la région de Seraidi est de 64,94 mm/an. On constate qu'une grande quantité d'évaporation d'eau est enregistrée en août (122 mm) et une diminution de l'évaporation d'eau en février (29,3 mm).

6. Biodiversité.

6.1. La flore.

La végétation du massif de l'Edough est essentiellement constituée d'essences forestières. (Chêne-Liège, Chêne-Zen, Pin-Maritime) et autres essences secondaires moins réactives (DGRF, 2006).

6.1.1. Formation d'arbres ou forêt.

Il s'agit de strates géologiques dominées par des strates d'arbres de plus de 7 mètres de hauteur et caractérisées par une densité arborée au moins 100 arbres par hectare. Selon la structure horizontale et la densité des arbres, on distingue (Donadieu, 1985) :

- Forêt dense si les feuilles se touchent et que la couverture totale de la strate arborescente est supérieure à 75%.
- Forêt ouverte. La répartition des arbres est assez régulière, les cimes ne se touchent pas et la couverture totale de la strate arborescente se situe entre 50 et 75 %.

Chapitre II : Description du cadre général de l'aire d'étude.

□ Forêt de trouée où les arbres sont disposés de manière irrégulière. Souvent situé dans un bosquet plus ou moins dense, avec des zones sans arbres. Le rendement dans ce cas est de 25 à 50 %.

Selon les espèces qui composent la strate arborescente (espèces dominantes), on distingue les forêts sclérophylles constituées d'arbres à feuilles persistantes comme le chêne-liège (*Quercus suber* L.) et les forêts de feuillus comme le chêne zen (*Quercus canariensis*). (Hamel, 2013). Selon Quézel (1976) et Quézel et Bonin (1980), on distingue les forêts de conifères, les forêts aux feuilles caduques, les forêts sclérophylles centrées sur les chênes verts et les forêts humides qui se développent le long des cours d'eau.

Forêt à feuilles caduques

En Algérie, ce type de formation se produit principalement dans les massifs littoraux et sublittoraux sous des bioclimats humides à très humides et rarement subhumides. La péninsule de l'Edough contient la Zénaïe la plus méridionale. Ces forêts de chêne Zen sont principalement situées sur les versants nord à partir d'une altitude de 600 m (Hamel, 2013).

Forêt sclérophylle

Le chêne liège est une essence endémique du bassin méditerranéen. Il est présent en Méditerranée Occidentale depuis plus de 60 millions d'années. Son aire de répartition est fortement réduite suite à des fortes variations climatiques et surtout de l'action anthropique de cette longue période. La subéraie serait d'environ 2.289.000 hectares (Benabid 1989), répartie exclusivement sur sept pays (figure 10) : Portugal 28,5% ; Espagne 22% ; Maroc 15,3% ; Algérie 21% ; Tunisie 4,4% ; Italie 4,4% ; France 4,4%. L'Algérie occupe ainsi le 3ème rang mondial. Cette essence strictement calcifuge, colonisent les substrats siliceux fissurés ou meubles : gneiss, micaschistes, granites, rhyolites, grés et sables fixés (Quézel & Médail 2003). Le chêne Liège a besoin de chaleur, d'humidité et de lumière. Il semble trouver ces conditions dans la péninsule de l'Edough. Le *Quercus suber* L présente une grande plasticité vis-à-vis de l'altitude. Il se développe depuis le niveau de la mer jusqu'au le point culminant de l'Edough (Kef Sabâa 1008m). En Algérie, sa limite supérieure se situe à 1 500 m d'altitude (Hamel, 2013).

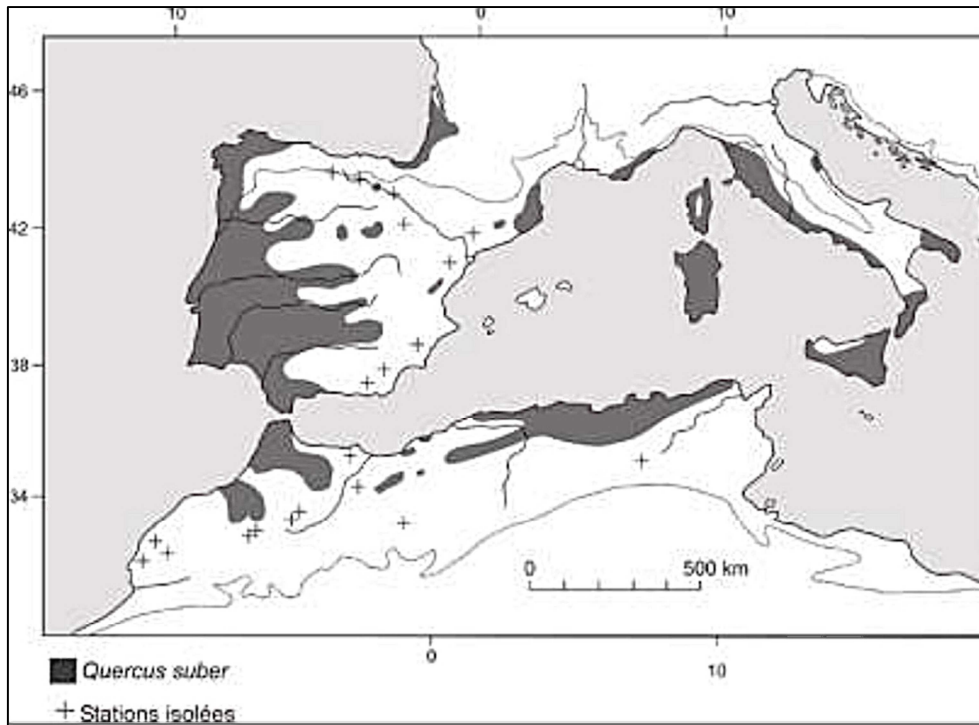


Figure 08 : Aire de distribution du chêne-liège (Quézel & Médail 2003).

Forêt de conifère

Ce type de forêt est constitué de pins maritimes (*Pinus pinaster* Aiton). Présent généralement sur des sols calcaires, parfois siliceux, il représente la forêt pure ou la forêt mixte, se rencontrant en mélange avec d'autres espèces forestières, notamment le chêne-liège et le chêne Zen, ou à la conquête de vastes zones de la péninsule d'Edough. Il concurrence le chêne-liège (Hamel, 2013).

Forêt hygrophile

Nous avons observé ce type de formation principalement dans la plaine de l'Oued (Oued Errebiba, Oued el Hrouur et Oued el Gueb). Ce type de milieu s'apparente à une zone humide. Les ripisylves d'Edough, souvent mixtes ou mélange (aulnaies et frênaies, forêts d'aulnes et de zen, strates d'aulnes et de peupliers, prairies), se caractérisent par une prédominance d'une strate herbacée. Les taux de récupération sont très élevés, atteignant jusqu'à 90 % (Hamel, 2013).

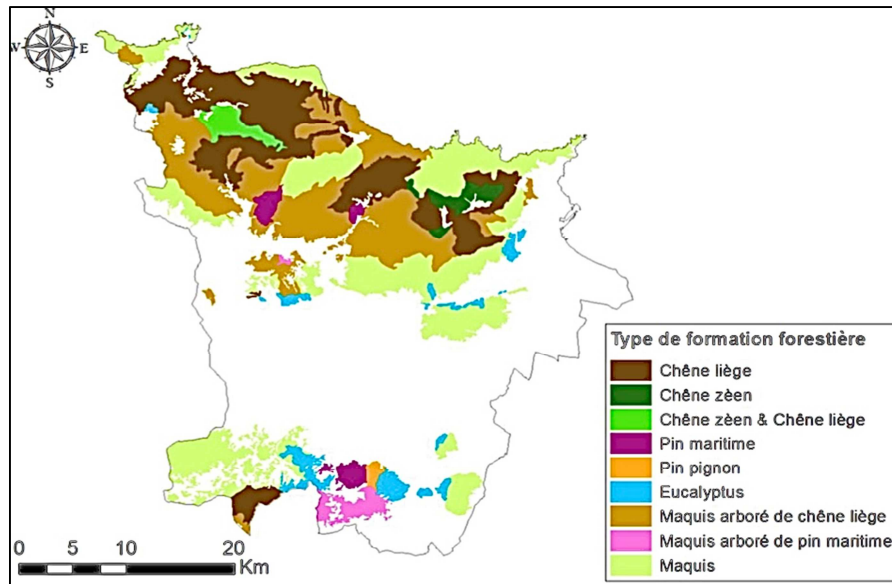


Figure 09 : Carte des formations forestières de la région d'Annaba. (Hamel, 2013).

6.1.2. Formation arbustives.

Il s'agit d'une formation végétale haute, généralement dressée ($h > 2$ m), c'est-à-dire une formation sclérophylle à feuilles persistantes, dont la partie aérienne n'est pas clairement distinguable en tronc et en feuilles, mais généralement fortement ramifiée à partir de la base (Tomaselli, 1976).

6.1.3. Formation des plantes herbacées.

Il s'agit généralement de « couches basses inférieures à 0,30 m dominées par des hémicryptophytes, des caméphytes herbacées et des géophytes, dont les rythmes de production saisonniers s'accroissent à mesure que dure la sécheresse édaphique » (Le Houerou et al., 1975).

6.2. Faune.

La faune du massif de l'Edough n'est plus la même. Les ours et les lions ont complètement disparu. Le dernier lion tué en Algérie a été tué à Edough vers 1890. Des léopards sont parfois signalés, mais il s'agit notamment de sangliers, de chacals, de renards, d'ocelots, de cochons venimeux et de certains lièvres. Les espèces d'oiseaux comprennent les bars, les éperviers, les pigeons corbeaux, les merles, les grives et les geais (DGRF, 2006).

Chapitre III : Matériel et méthodes.

Chapitre III : Matériel et méthodes.

La zone d'étude se situe dans la Wilaya d'Annaba, dans le nord-est d'Algérie.

Sa superficie est de 13 665 hectares, une altitude de 850 mètres, à 13,3 kilomètres d'Annaba, et est située entre $36^{\circ} 55'00''$ de latitude N et $7^{\circ} 40'00''$ de longitude E. au nord Elle est entourée par la mer Méditerranée, la ville d'El Bouni au sud, la ville d'Annaba à l'est et la ville d'Oued el Aneb à l'ouest (Ganjati et Benmrabet, 2018).

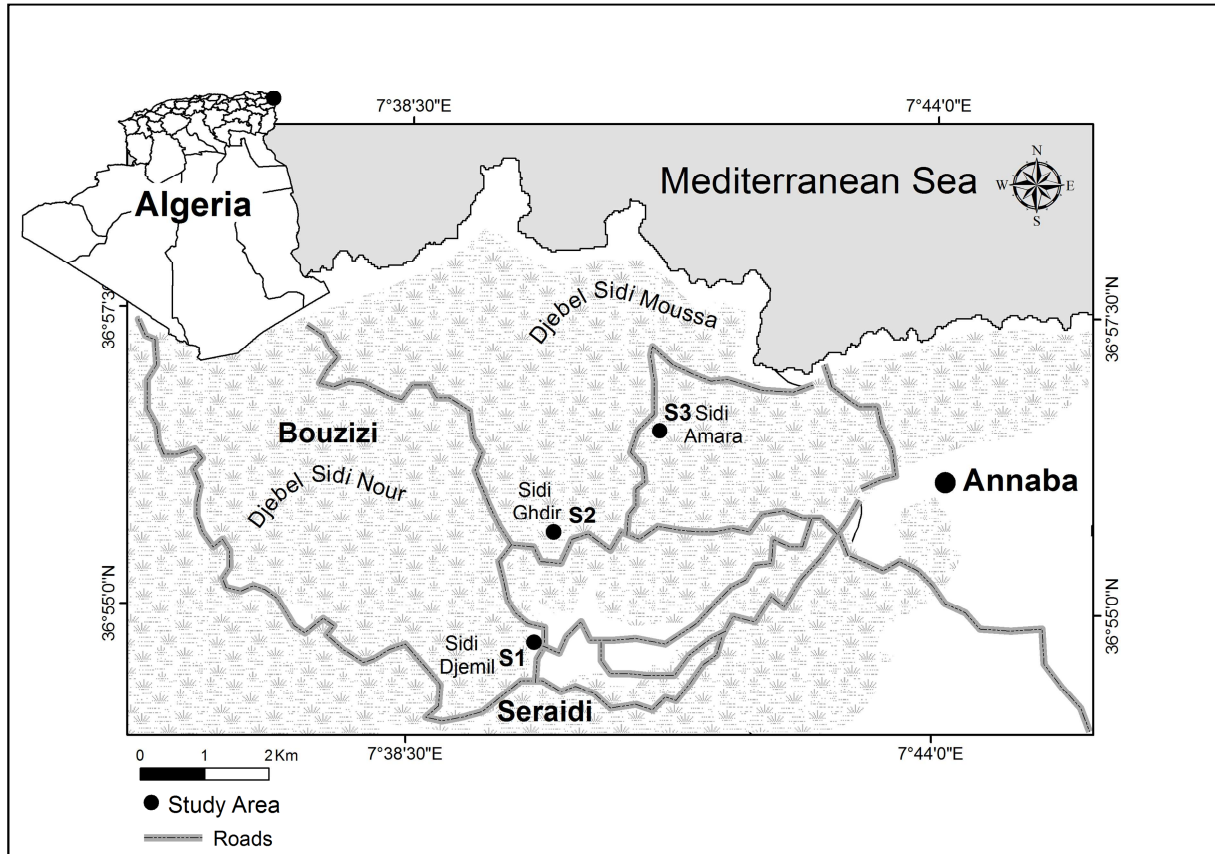


Figure 10 : Carte de positionnement géographique de la station d'étude. (Anonyme 01)

1. Le contexte cartographique.

Ce protocole est utilisé pour identifier et distinguer les liaisons entre le sol et la végétation de la péninsule de l'édough de la région de seraidi ; le protocole est présenté dans les étapes suivantes :

La station d'étude : bassin versant de l'Edough (Séraid) (écosystèmes forestier)

↓
La station écologique : versant nord de la forêt de l'Edough

↓
Méthode d'échantillonnage (méthode d'échantillonnage stratifié)

↓
Les points de sondage (emplacement).
↓

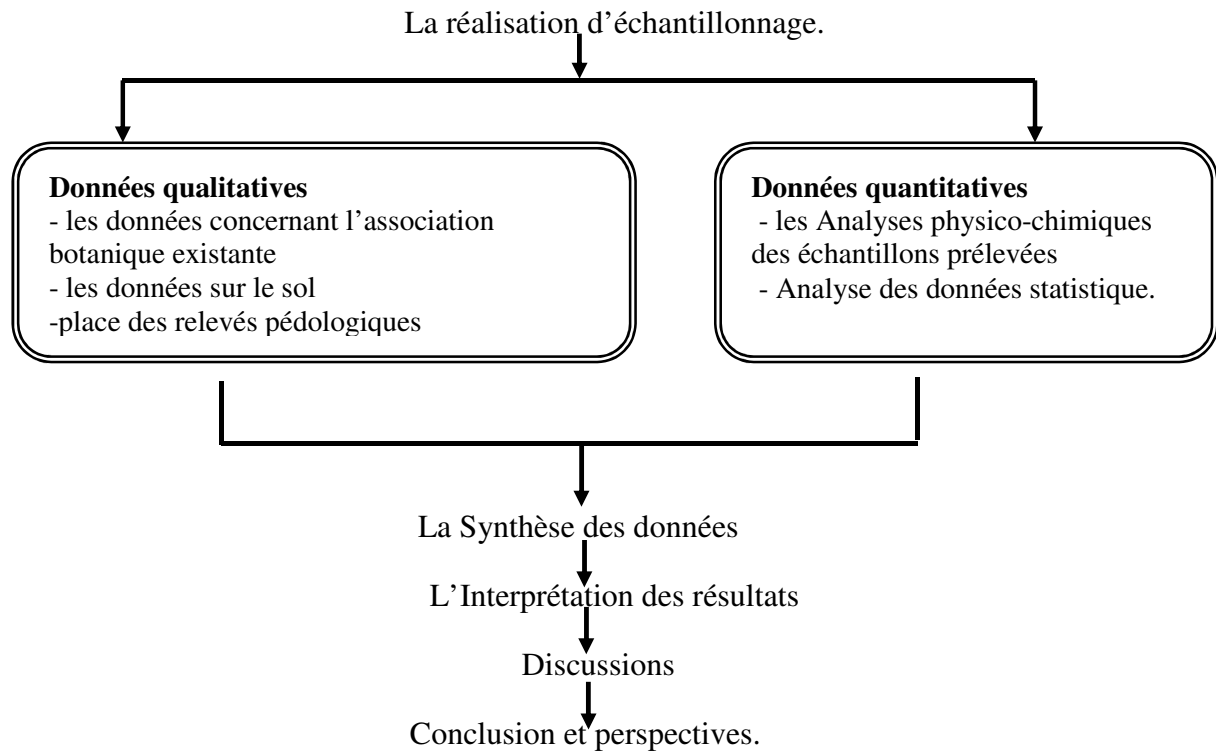


Figure 11: Les étapes méthodologiques expérimentales.

1.1. Plan de prospection.

La topographie de la région de Seraidi constitue la base de nos recherches. Nous avons choisi le versant nord d'Edough comme station d'étude. Notre zone d'étude est limitée par la présence d'une strate forestière. Cette partie de la région est subdivisée selon les strates caractérisées par les principales formations végétales. L'approche que nous avons adoptée consiste en un plan d'échantillonnage stratifié qui intègre les différentes couches de végétation et décrit le sol dans lequel se développe cette formation végétale (nous avons travaillé sur des profils de sols). Six stations d'observation représentatives du territoire considéré ont été maintenues grâce à la présence de formations forestières. A chaque endroit, des profils intégrant des échantillons de sol pour les caractéristiques physiques et chimiques ont été créés à l'aide d'une tarière et font l'objet d'une description morphologiquement descendante.

1.2. Description morphologique (fiche explicative).

La description morphologique du sol est basée sur le modèle suivant.

Fiche de description du profil :

Systèmes des Coordonnées géographiques : (GPS)

La latitude N:

L'altitude (m) :

La longitude E :

La géologie :

La géomorphologie :

La végétation :

Le climat :

Type d'occupation du sol :

Description des horizons selon le tableau suivant:

| Strates | H₁ | H₂ | H₃ | H₄ |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| L'Epaisseur | | | | |
| L'Humidité hygroscopique | | | | |
| La Couleur | | | | |
| La Structure | | | | |
| La Texture | | | | |
| Le Teneur en MO | | | | |
| Les Racine | | | | |
| L'Activité biologique | | | | |
| La Transition | | | | |
| Les Eléments grossiers | | | | |
| La Réaction à l'HCl | | | | |

1.3. Prélèvement des échantillons.

Chaque station a été échantillonnées à l'aide d'une tarière avec des descriptions morphologiques descendantes (par exemple couleur, texture, structure, réponse à HCl) ont été réalisées); Seulement 6 stations restantes. Les six profils traités sont représentatifs de la diversité des sols. Ces échantillons ont été examinées sur l'ensemble du profil, veut dire sur l'ensemble de ces horizons.

Les données collectées sur le terrain et les résultats obtenus ont été soumises à des analyses statistiques sur le logiciel R (R Codes TEAM 2019) version 3.6.2. Les résultats ont été exprimés par des moyennes \pm écart-type ($m \pm sd$). L'effet de la station et de la profondeur sur les caractéristiques du sol a été vérifié par une ANOVA unidirectionnel unidirectionnelle sur rangs (Kruskal Wallis test). Ce test a été opté après avoir vérifié la normalité et l'égalité des variances par un test F de Fisher. Les relations entre les différents paramètres étudiés ont été vérifiées par la corrélation de Spearman. Le seuil de signification pour tous les tests a été fixé à $p < 0,05$. De plus, les résultats des variations spatio-temporelles ont été illustrés par un graphique d'analyse en composantes principales (ACP). Enfin, La similarité entre les groups a été vérifiée par la classification ascendante hiérarchique (CAH).

2. Au laboratoire.

2.1 Préparation du sol.

Au laboratoire les échantillons ont été séchés à l'air pendant plusieurs jours, puis largement broyés et tamisés à 2 mm.

2.2 Méthode d'analyse physico-chimique.

Les paramètres suivants ont été effectués sur les échantillons broyées et tamisées.

Le pH eau, pH KCl.

L'Humidité.

La Conductivité électrique.

Les Matériaux organique.

L'Azote total.

Le Carbone organique.

La Densité réelle.

Les Bases interchangeable.

La Taille des particules.

Le fractionnement organique.

Pour la fraction non traitée, une seule analyse a été réalisée : la densité apparente.

2.3. Analyse physicochimique.

L'analyse des échantillons collectés fournit des informations importantes sur le sol. Nous discutons ici brièvement les plus importants paramètres d'analyse du sol.

2.3.1. Le pH.

Il s'agit d'une unité de mesure de concentration en ions hydrogène qui permet d'interpréter et d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un substrat.

Il existe différentes manières de mesurer le pH (pH de l'eau, pHKCl) (Dajoz, 1985). On a utilisé un pH-mètre électrique pour évaluer le pH en utilisant deux solutions de pH connues (pH 4 et pH 10) ainsi qu'une suspension de sol et d'eau distillée dans le rapport (2/5) à une température de 20 °C. Agité pendant 1 minute et calibré selon la norme (NF Les valeurs d'interprétation du pH sont résumées dans le tableau 17.

Tableau 17 : L'interprétation du pH. (Chang, 2016).

| pH | < 5,5 | 5,5-6,5 | 6,5-6,8 | 6,8-7,2 | 7,2-7,5 | 7,5-8,5 | > 8,5 |
|--------------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------|-------------------|
| Appréciation | Fortement acide | Acide | Très légèrement acide | Voisin de la neutralité | Légèrement alcalin | Alcalin | Fortement alcalin |

2.3.1.1. Le pH eau.

Il indique également la concentration d'ions « H+ » présents dans l'eau (Morel, 1989). Le pH après la stabilisation de l'aiguille est mesuré avec un PH mètre et laisser la suspension reposer pendant au moins 1 heure. (Ben Amara, 2007).

2.3.1.2. Le pH KCl.

Le terme "acidité d'échange" représente l'acidité potentielle. Il s'agit d'un indice de la saturation des complexes d'adsorption et des caractéristiques chimiques des ions immobilisées.

Dans notre travail, nous avons utilisé un rapport sol/solution standardisé pour mesurer l'acidité des suspensions de chlorure de potassium (KCl 1 N) (Delcour, 1981).

2.3.2. La conductivité (C.E).

Est mesurée de la même manière que le pH de l'eau (sol/eau), mais avec un conductimètre est à la place d'un pH-mètre. (Samai, 2007).

-Comment ça marche : Une solution pâteuse saturée d'eau distillée est obtenue à partir de l'échantillon de sol. Le rapport sol/eau est constant (1/5 ou 1/10).

Après calibrage du conductimètre.

Chapitre III : Matériel et méthodes

Au centre du récipient contenant la solution de sol, insérez la cellule de conductivité. Il est impératif que les deux électrodes traversent la solution.

Lisez la conductivité puis mesurez la température de la solution et terminez par le rinçage de la cellule. (Samai, 2009).

2.3.3. L'humidité hygroscopique (H).

L'humidité hygroscopique fait référence à la quantité d'eau que le sol exposé aux conditions naturelles de séchage peut stocker. Il s'agit de la quantité d'eau retenue à la surface externe de la pression atmosphérique et l'humidité. En équilibre avec les particules du sol. Pour évaluer l'humidité hygroscopique, le sol est séché à l'extérieur puis dans une étuve à 105 °C pendant 24 h. (Benslama, 2016). Le poids avant et après séchage est le résultat de la variation de l'humidité de l'échantillon. Le poids frais (PF) et le poids sec (PS) sont mesurés à l'aide d'une balance de précision. L'humidité du sol en poids (H%) est déterminée par la formule suivante:

$$H(\%) = [(PF - PS)/PS] \times 100$$

2.3.4. La matière organique (MO).

Ceci se fait en brûlant le sol après l'avoir passé dans un four à moufle à 480°C pendant 24 heures et on l'exprime en pourcentage du poids sec. (Benslama-Zanache, 1998).

Selon Lambert (1975), l'abondance de matière organique peut être classée en quatre classes, qui sont résumées dans le tableau suivant : (Tableau 18).

Tableau 18 : Classes d'abondance de la matière organique (Lambert, 1975).

| Classes | Taux de matière organique | Qualification |
|---------|---------------------------|---------------|
| 1 | <1 | Très pauvre |
| 2 | 1 à 2 | Pauvre |
| 3 | 2 à 4 | Moyenne |
| 4 | >4 | Riche |

2.3.5. Dosage du carbone organique : (Méthode Anne)

Selon le protocole Anne on dose le carbone organique :

- Évaluer la quantité de sol broyé dans un ballon de pyrex, à savoir P0 g (avec des teneurs en c inférieures à 30 mg).
- Attaque oxydante : ajouter 10 ml de solution aqueuse de bichromate de potassium à 8% et 15 ml de H2SO4 pur dans un ballon de 100 à 150 ml. Faire bouillir lentement.
- connecté à un réfrigérateur qui chauffe le ballon.

Chapitre III : Matériel et méthodes

Pendant le temps à partir de la première goutte condensée, il est recommandé de laisser 5mm à ébullition.

- Laisser refroidir, verser dans une fiole de 100ml. Adaptez-vous aux eaux de rinçage.
- Extraire 20 ml (V) et ajouter à un bécher de 400 ml. Réduire à 200 ml. Ajouter 1,5g de Naf afin d'améliorer la visibilité du virage. Donner entre 3 et 4 gouttes de diphénylamine.
- Utilisez une solution de sel de Mohr de 0,2 N pour titrer.

Soit X ml la quantité de solution tombée (trait de burette), tandis que Y ml est utilisé pour un essai témoin, sans sol.

- 1 milliliter of Mohr 0,2 N solution is equivalent to 0.61 grammes of carbon C. Based on an aliquote Vml /100 and an experiment take of P0 g, one can calculate: $C\% = 6.15 (P0 \text{ in grams})$

Préparez le diphénylamine et du sel de Mohr à une teneur de 0,2 N : Procéder à la dissociation de 0,5 g de diphénylamine dans 100 ml de H₂SO₄ concentré et à la liqueur sur 20 ml d'eau.

- Mélanger 78,5 g de sel de mohr (fer ferreux et sulfate double d'ammonium) dans 500 ml d'eau distillée, faire bouillir et refroidir à l'abri de l'air, en ajoutant 20 ml de H₂SO₄ supplémentaire. Réduire à 1litre et conserver dans un flacon de couleur marron. (Bonneau et Souchier, 1994).

Pour horizons riches en C :

Appliquer la Méthode Anne modifiée :

- Ajoutez 20 ml d'eau et 3,2 g de bichromate pour une quantité réduite du sol ($P0 < 500 \text{ mg}$)
- Chauffez doucement pour faire fondre. Terminez en ajoutant 30 ml de H₂So₄ concentré.
- Continuez à suivre le protocole précédent.

2.3.6. Dosage d'azote total : (Méthode Kjeldahl).

Mode opérationnel :

- dans un flacon Kjeldahl de 250 ml pour une prise P0. Versez 1 à5 g de terre broyée
- 10 à 20 ml de H₂SO₄ cm³, environ 36 N, et un mélange catalytique pincée (voir ci-dessous)
- minéralisation : à l'aide d'un entonnoir placé dans le col du ballon pour initier une ébullition. L'attaque dure une heure même après le changement de couleur. (Couleur verdoyante).
- Après réfrigération, ajoutez 20 à 50 millilitres d'eau. Verser le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Ajuster avec de l'eau de rinçage<<soit le volume total V0.
- Aliquoter V ml (20 ml) et ajouter environ 10 ml de lessive de soude 12 N.
- Dans l'appareil Parnas et Wagner. Observation de précipités de Cu(OH)₂.

Chapitre III : Matériel et méthodes

Le NH₃ doit être distillé à la vapeur d'eau à une température de 100 °C et le NH₄OH condensé doit être mesuré en présence de quelques gouttes de rouge de méthyle contenant du H₂SO₄.

- 0,1 N .1 ml H₂SO₄ 0,1 N équivaut à 1,4 mg N. Une dose de retour peut également être réalisée en ajoutant un excès d'acide sulfurique puis en utilisant la sonde NaOH à la dose de 0,1 N (x ml).

- Élaborer un échantillon avec les mêmes conditions (y ml).
N0% = 1,4 (y - x) (p0 en gramme)
Pour préparer le mélange catalyseur :

Mettez les produits en mélange dans les proportions indiquées. 5 grammes de CUSO₄, 5 grammes de K₂SO₄, 0,25 grammes de sélénium. Certains catalyseurs sont commercialisés (sans sélénium). (Bonneau et Souchier, 1994).

2.3.7. La porosité.

La mesure de la porosité totale a porosité minimale des agrégats peut être estimée en mesure de la porosité totale des petits agrégats de sol sec. (Barriuso, Andreux, Portal, 1990).

2.3.8. Densité apparente (D_A).

Elle varie entre 1 000 à 1 800 g/cm³ (Kaurichev, 1980 dans Boudjemaa, 2007). Représente la masse totale de l'agrégat divisée par son volume total. "DA" indique l'état ou la composition du sol et diminue à mesure que le sol devient moins riche en humus. (Duthil, 1970 in Boudjemaa, 2007).

2.3.9. Densité réelle (D_R).

Représente les composants de la phase solide du sol. « D_R » signifie masse de solide/volume de solide et est généralement compris entre 2,5 g/cm³ et 2,6 g/cm³ (Morrel, 1989).

2.3.10. La granulométrie.

Consiste à déterminer les différentes classes granulométriques du sol. L'analyse du sol sépare les particules en trois classes différentes : sable (2 à 0,05 mm), limon (0,05 à 0,02 mm) et argile (moins de 0,02 mm). (Damay et Julien, 1995). Cela permet de mieux comprendre certaines caractéristiques du sol, comme la capacité des racines à pénétrer dans le

sol, la capacité de rétention d'eau du sol et sa susceptibilité au compactage (Calvet, 2003) ; la répartition granulométrique est donc réalisée à l'aide d'une pipette de Robinson selon les méthodes internationales.

Mode opératoire :

1) Destruction de la matière organique :

- Ajoutez 10 g de terre fine séchée à l'air dans un grand bécher de 600 ml et tamiser à travers une maille carrée de 2 mm (10 g pour les sols limoneux et 20 g pour les sols sableux).
 - Pour une teneur en matière organique plus élevée, versez 50 ml de l'eau oxygénée dans un bécher de 20 volumes.
 - Pendant la phase d'effervescence, couvrir le bécher avec un verre de montre pour éviter que des gouttelettes ne sortent du bécher.
 - Placer le bécher au-dessus du bain de sable. La température du bain de sable ne doit pas dépasser 85°C. Si l'ébullition est intense, l'eau oxygénée se décompose trop rapidement. - Si le sol contient de l'humus, le bullage peut générer de grandes quantités de mousse et il existe un risque de débordement. Pour éviter cela, pour réduire la mousse ajouter quelques gouttes d'alcool éthylique.
 - Si la formation de mousse persiste, ajoutez de l'eau oxygénée en petites quantités dans un rapport de 110 volumes.
 - La teneur en matière organique dépend de la durée d'attaque (24-48 heures).
 - Après moussage, chauffer environ 2 heures pour éliminer l'excès de H₂O₂ et enfin faire bouillir pendant 10 minutes. (Vous pouvez accélérer l'élimination de l'excès de l'eau oxygénée en ajoutant quelques gouttes d'ammoniaque).
- Versez quelques gouttes du liquide chaud (60°) dans la solution diluée de permanganate de potassium et assurez-vous que toute l'eau oxygénée était disparu. En présence de l'eau oxygénée, le permanganate de potassium change de couleur.
- Laisser refroidir le bécher et transférer le contenu dans un flacon de sédimentation de 1000 ml à l'aide d'un flacon pulvérisateur.
 - Versez 10 ml (100 g par litre) d'hexamétaphosphate de sodium dans le flacon. Cette solution alcaline a la capacité de disperser les particules qui ont tendance à s'agréger.
 - Remplir d'eau distillée jusqu'au repère (1000ml).
 - Agiter sur un agitateur mécanique le flacon pendant au moins 1 heure.
 - la pipette Robinson doit être placée dans une pièce à température constante pour transporter le flacon à proximité.

2) Prélèvement d'argile et de limon

a) prélèvement des particules inférieurs à 50 microns (argile, de limon fin et de limon grossier.

- dans un récipient rempli d'eau à 20°C le flacon doit être placé
- Remuer avec un thermomètre indiquant 20°C, retirer le flacon, agiter immédiatement, agiter vigoureusement, retourner et répéter l'opération pour suspendre toute la terre.
- On met immédiatement le flacon sous la pipette Robinson.
- Décanté le contenu du flacon à 20° pendant 46 secondes.
- Après 46 secondes, prélever 10 ml de liquide à 10 cm de profondeur.
- Transférer 10 ml d'eau de rinçage dans une capsule en verre Pyrex ou en porcelaine de 30 ml pré-tarée.
- Placer les capsules dans une étuve ou un bain de sable et maintenir la température à 105 °C pour éviter toute perte de précipité due à l'ébullition ou aux éclaboussures.
- Peser la capsule et son contenu sec après évaporation complète. Étant donné que le site d'essai contient beaucoup de terre fine séchée à l'air, il est important d'éliminer les dépôts en exposant la capsule à l'atmosphère du lieu de travail pendant un certain temps après son passage dans une étuve de séchage ou sur un bain de sable. Régénère l'hydratation et maintient l'équilibre hydrique en laboratoire.
- Déterminer le poids « palh » du précipité en fonction de la différence avec le poids de la capsule vide.

(Argile + limon fin + limon grossier + acide hexamétaphosphorique) dans 10 ml de suspension.

b) Prélèvement des argiles et des limons fins (particules inférieures à 20 microns)

- Travailler comme avant (pas besoin de maintenir la température du liquide à 20°C).
 - Après avoir agité vigoureusement et retourné le liquide, laissez-le pendant 4 minutes et 48 secondes à une température de 20 °C.
 - Prélever un échantillon de 10 ml à une profondeur de 10 cm.
- Dès que le temps de sédimentation est écoulé,
- Les échantillons sont transférés dans des capsules en verre Pyrex ou en porcelaine pré-équilibrées.
 - Évaporez la capsule avec son contenu sec et pesez-la.
 - Déterminer le poids "Palfh" du sédiment (argile + limon fin + hexamétaphosphate) dans 10 ml de suspension en utilisant la différence avec le poids de la capsule.

c) Prélèvement d'argile (particules inférieures à 2 micron).

Après avoir agité vigoureusement et retourné, placez le flacon à proximité de la pipette Robinson.

- Laisser agir la solution pendant au moins 2 heures en maintenant la température constante.
- Après 6, 7 ou 8 heures, selon la température de la suspension et le temps de décantation, un échantillon de 10 ml peut être prélevé en profondeur.
- comme précédemment procéder pour déterminer le poids "pah" du dépôt d'argile + acide hexamétaphosphorique), contenu dans une suspension de 10 ml.

3) Calcul de l'excès de l'hexamétaphosphate de sodium.

- préparer une éprouvette graduée de 1000 ml
- Incorporer 1 ml de hexamétaphosphate de sodium, à hauteur de 10 g par litre.
- Ajouter de l'eau distillée pour obtenir 1000 ml ;
- Prélever et Agiter l'échantillon à l'aide d'une pipette Robinson comme auparavant. L'échantillon doit être transféré dans une capsule en verre Pyrex ou en porcelaine préalablement tarée.
- Évaluer et vaporiser la capsule ainsi que son contenu sec.
- Calculer le poids « ph » correspondant à la quantité supplémentaire d'hexa métaphosphate dans 10 ml de suspension, comme mentionné précédemment.

4) Déterminez le volume d'argile, de limon fin et de limon grossier.

Le poids d'argile « pa » présent dans une suspension de 10 ml est égal à pah-ph. Dans 10 ml de suspension, le poids de limon fin « plf » est de palfh-pah. Dans 10 ml de suspension, le poids de limon grossier « plg » est de palh-palfh.

En ayant connaissance des poids de pa, plf et plg, il est possible de déterminer le poids de l'argile, du limon fin et du limon grossier dans 1 000 ml de suspension ou dans un volume d'essai de sol.

Les résultats se présentent sous forme de pourcentages.

5) Division des sables - utilisation de tamis à 200 microns et 50 microns.

- Introduire le contenu du flacon dans un tamis de 200 microns en utilisant un filet d'eau.
- Faites passer l'eau à travers deux tamis empilés pour éliminer les particules inférieures à 50 microns.

Chapitre III : Matériel et méthodes

- Laver les sédiments au jet d'une pissette contenant de l'eau distillée et récupérer séparément le sable fin et le sable grossier dans deux capsules préalablement tarées.
- Après Élimine la majeure partie de l'eau emprisonnée à l'intérieur de la capsule.
- Placer la capsule au four ou au bain de sable.
- Après évaporation complète, peser la capsule et son contenu sec.
- puis déterminer le poids de sable fin et de sable grossier, en répartissant le poids de la capsule vide.
- Saisissez le résultat en % (Lahwel, 2008).
- Classe de texture la plus importante : USDA Par triangle de texture.

Pour définir la texture de la coupe fine du sol, nous avons utilisé le diagramme triangulaire présenté ci-dessous (Figure 12). La méthode du triangle de texture est basée sur la classification granulométrique de l'USDA et distribue les particules comme suit :

Le limon comprend toutes les particules dont la taille est comprise entre 0,002 et 0,05 mm. L'argile comprend toutes les particules de taille inférieure à 0,002 mm. (Bonneau et Souchier, 1994).

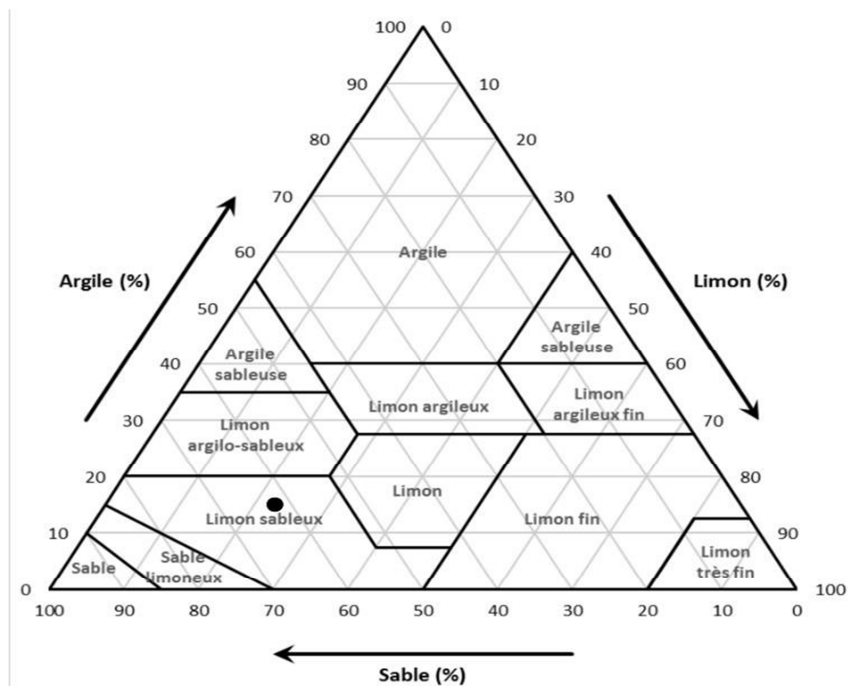


Figure 12 : Diagramme de texture du sol. (poullain et al., 2019).

2.3.11. Fractionnement et Extraction des matières humiques.

La technique : Selon Duchufour et Jacquin, (1966) :

1ère étape

Chapitre III : Matériel et méthodes

10 g de sol sont mesurée dans 30 ml de HCl 1M dans un tube à centrifuger jusqu'à ce que le pH soit de 1. Cela permet de libérer l'acide humique AH (qui ne se dissout pas à un pH acide).

La suspension est agitée au shaker pendant 1 heure puis centrifugée à vitesse constante (2800 tr/min) pendant 30 minutes pour éliminer le surnageant (S1) contenant l'acide fulvique (FA). Le résidu (R1) est resolubilisé avec 30 ml d'HCl 1M, pH 1. Ce processus est répété trois fois pour chaque répétition afin de générer trois surnageants, qui sont regroupés et analysés pour le carbone organique associé au fulvique et à l'humique.

2ème étape

On dissout le résidu (R1) dans 15 ml de NaOH 1M et 15 ml de NaOH 0,1M jusqu'à obtenir un pH de 13.

Une suspension d'acides humiques (HA) et d'acides fulviques (FA) qui n'ont pas été extraits à l'étape 1 est produite par le milieu alcalin. Pendant trois heures, la suspension a été agitée sous atmosphère d'azote et centrifugée à haute vitesse (2 800 tr/min) pendant trente minutes. Le résidu (R2) est récupéré et séché en étuve aux températures <60°C pendant quelques minutes et puis sera analysé pour déterminer le carbone lié aux humines. Le surnageant est acidifié au pH 1 avec 20 ml de HCl 6M.

Les acides humiques AH sont précipités par ce processus, tandis que la fraction d'acide fulvique reste en solution. Répétez ce processus deux fois. La centrifugation à 2800 tr/min produit le surnageant (S2). Pour générer trois surnageant (S2) et les regrouper, ce processus final a été répété trois fois. Le résidu (R3) contenant l'acide humique AH est ensuite dissous sous atmosphère d'azote dans 25 ml de NaOH 1 M. (Figure : 13).

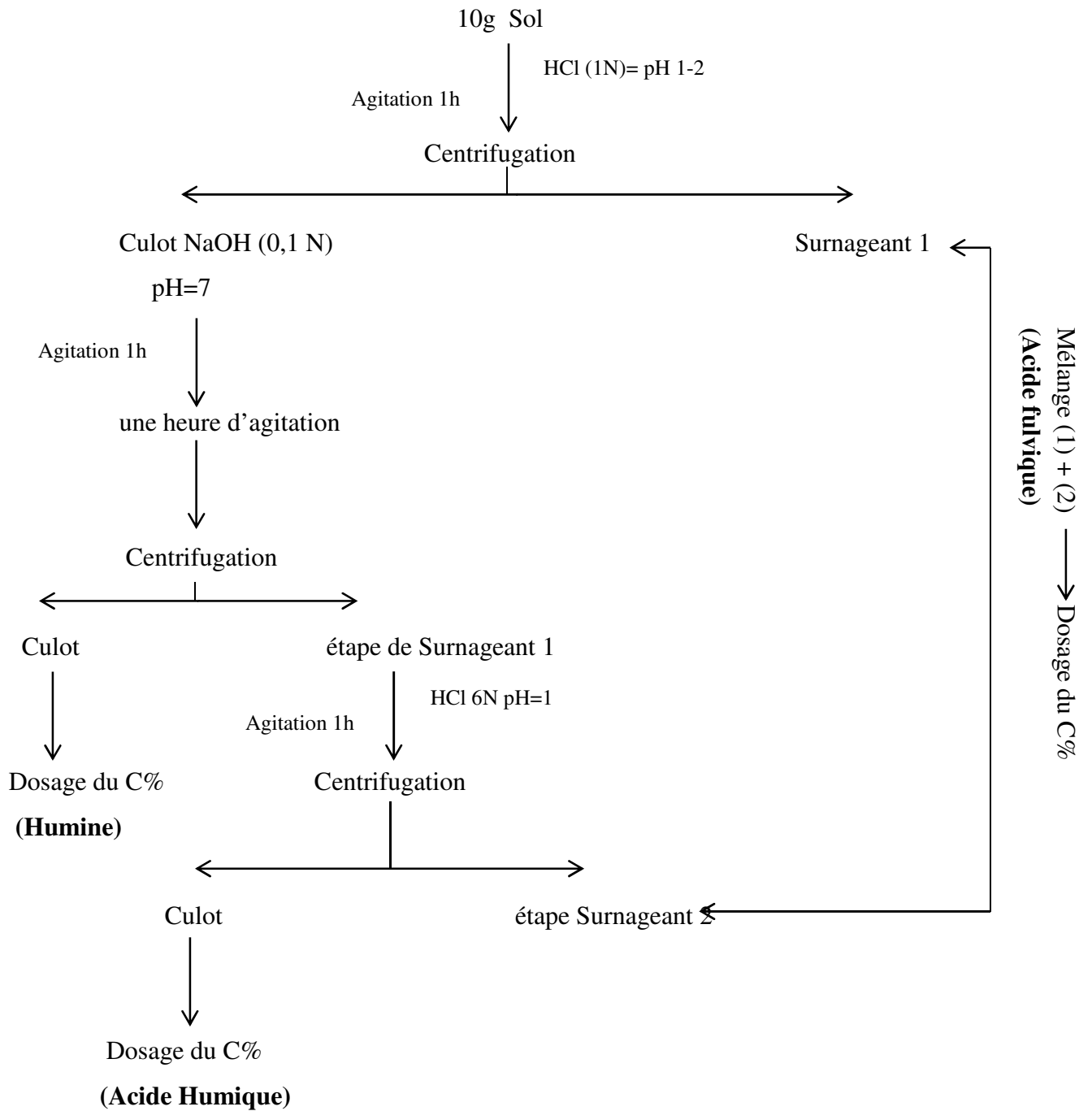


Figure 13 : Fractionnement de la matière organique Selon Duchaufour et Jacquin, (1966).

Chapitre IV : Résultats et discussions.

Chapitre IV : Résultats et discussions.

1. Caractérisations morpho-analytiques des sols.

Les fiches ci-dessous représentent les descriptions morphologiques des stations d'étude dans la péninsule de l'Edough (Région de Seraïdi), sélectionnées aléatoirement sur le versant Nord de l'Edough, illustrées par quelques photos des profils prises lors de sortie effectuée.

Sur le versant nord de la péninsule de l'Edough ; on a établis un échantillonnage stratifié, trois strates sont rencontrés et chaque une est représenté par un peuplement végétale précis, au niveau de chaque strate deux stations ont été échantillonnées, puis un profil pédologique était réalisé au niveau de chaque station.

Station 1 et 2 représentent les forêts de chêne liège.

Station 3 et 4 représentent les forêts mixtes.

Station 5 et 6 représentent les forêts de chêne zeen.

1.1. Station : 01 – Sidi Djemil (Profil N : 01) Forêt de chêne liège.

1.1.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 01

Numéro de station: 01 – Sidi djemil

La date: 14/06/2021

Position géographique: N : 36°55'49'', E : 7°40'53'', Z : 524 m.

La géologie: grés de Numidie.

La géomorphologie: pente orientation nord.

La végétation: Chêne liège (*Quercus suber*) , pin maritime(*Pinus pinaster*), bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'arbousier(*Arbustus unedo*), le cyprès d'atlas (*Tetraclinis articulata*), Genista(*Genista ferox*), la ronce a feuilles d'orme(*Rubus ulmifolius*), le myrte(*Myrtus communis*), calicotome velu (*Calicotome villosa*) calicotome épineux (*Calicotome spinosa*), le ciste femelle (*Cistus salviifolius*)

Le climat: une journée ensoleillée.

Description du profil N : 01



0-30cm: couleur dark yellow wish browen (10YR4/4), texture limoneuse, structure polyédrique, Présence des racines. Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur brown (7,5YR 5/4), texture argilo-limoneuse, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl.

1.1.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KCl | C.E μs/cm | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poro % | C % | K meq/10 0g | Na meq/10 0g | Mg meq/10 0g | Ca meq/10 0g | P meq/1 00g | N total % |
|-------------------------------|--------------|--------------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P ₁ H ₁ | 0-30 | 37,64 | 12 | 37,736 | 12,624 | 6.48 | 5.53 | 149 | 1.39 | 2.95 | 1.38 | 0.18 | 13.21 | 1.72 | 2.49 | 0.38 | 1.373 | 3.78 | 0.145 | 0.058 |
| P ₁ H ₂ | 30-60 | 36,88 | 10,64 | 36,942 | 15,538 | 6.37 | 4.82 | 53 | 1.19 | 1.84 | 1.38 | 0.15 | 14.47 | 1.07 | 1.53 | 0.25 | 1.184 | 0.84 | 0.23 | 0.057 |

Le sable domine tous les sols avec des valeurs supérieures à 50 %, tandis qu'un mélange d'argile et de limon est présent avec des valeurs inférieures à 49 %, selon l'analyse granulométrique des différents horizons de ce profil (tableau ci-dessus). Ces valeurs sont utilisées pour identifier une texture sableuse.

Nous avons un sol légèrement acide, proche de la neutralité en profondeur, selon le suivi de la réaction du sol.

En raison probablement d'une désaturation du complexe adsorbant, l'acidité résiduelle se développe dans le même sens.

En revanche, le suivi de la conductivité électrique tout le long du profil met en évidence la nature non salée de ce type de sol.

La faible humidité hygroscopique presque dans tout le profil est due à cause des caractéristiques physiques du sol, qui retient une quantité d'eau faible parce qu'il est soumis à des conditions naturels d'assèchement.

La quantité de matière organique diminue soudainement de la surface vers la profondeur, démontrant l'impact du revêtement végétal sur l'apport de matière organique fraîche et probablement associé à une activité biologique forte.

La porosité dans ce profil est bonne malgré la structure fine. La bonne porosité est liée à la présence de la matière organique qui agit sur les propriétés physiques du sol, elle accroît la capacité de rétention en eau, et augmente la cohésion (formation des complexes argilo-humique).

La teneur inférieure à 2 % en carbone montre une pauvreté en matière organique (le cas de ce profil). Ils sont soit caractérisés par une forte activité biologique ou par un faible apport. Le processus de minéralisation domine. L'intégralité de la matière organique est dans le sol.

Parmi les indicateurs de l'activité biologique des sols le rapport C/N, Il informe sur le degré d'évolution de la matière organique et le potentiel de fourniture d'azote par le sol (minéralisation). Le rapport C/N est compris entre 18 et 30 dans ce profil.

Les bases échangeables K, Na, Ca, et P donne des valeurs faibles dans tout le profil.

Le fractionnement de la matière organique du sol :

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | AF % (acide fulvique) | H % (humine) | A.H % (acide humique) |
|------------------------|--|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 0-30 | 40,00 | 7,14 | 51,31 | 1,55 |
| 30-60 | 8,53 | 27,80 | 60,67 | 3,00 |

Selon les résultats, il est évident que l'humine est la plus prédominante et que sa distribution est hétérogène dans la plupart des profils. Le processus d'humification est le plus dominant dans ces sols en raison d'un apport faible ou d'une activité biologique forte changeant les produits organiques transitoires en humus stable. Les résultats montrent que les acides humiques ont un apport faible et que les acides organiques ont la fraction condensée et polymérisée. En raison de leur solubilité dans l'eau et dans les milieux acides, les teneurs des acides fulviques très faible montrent une transformation lente de la matière organique. Sous la forêt de chêne liège, la matière organique subit une décomposition physique, chimique et microbiologique par divers micro-organismes (bactéries, actinomycètes, champignons).

1.2. Station : 02 – Sidi djemil (2) (Profil N : 02) Forêt de chêne liège.

1.2.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 02

Numéro de station: 02 –

La date: 14/06/2021

Position géographique: N : 36°55'31'', E : 7°40'27'', Z : 559 m.

La géologie: gneiss.

La géomorphologie: pente orientation nord

La végétation: Chêne liège (*Quercus suber*), pin maritime (*Pinus pinaster*), bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'arbousier (*Arbustus unedo*), le cyprès d'atlas (*Tetraclinis articulata*), Genista (*Genista ferox*), la ronce a feuilles d'orme (*Rubus ulmifolius*), le myrte (*Myrtus communis*), calicotome velu (*Calicotome villosa*) calicotome épineux (*Calicotome spinosa*), le ciste femelle (*Cistus salviifolius*) et le sillagène

Le climat: une journée ensoleillée.



Description du profil N : 02

0-30cm: couleur brown dark brown (10YR4/3), texture

Limono-argileuse, structure particulière, Présence des racines.

Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur light yellowish brown (10YR6/4), texture

limono-sableuse, structure particulière fine. Pas de réaction à

l'HCl.

1.2.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KC l | C.E | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poro % | C % | K meq/10 0g | Na meq/10 0g | Mg meq/10 0g | Ca meq/10 0g | P meq/ 100g | N total % |
|----------------|--------------|--------------------|------|--------|--------|-----------|---------------|-----|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P2H1 | 0-30 | 41,68 | 6,72 | 34,532 | 17,068 | 6.70 | 5.74 | 94 | 2.4 | 3.85 | 1.31 | 0.19 | 14.47 | 2.42 | 0.71 | 0.35 | 2.716 | 2.38 | 0.11 | 0.252 |
| P2H2 | 30-60 | 30,88 | 8,28 | 47,06 | 13,78 | 6.32 | 5.04 | 33 | 2.15 | 2.52 | 1.51 | 0.23 | 15.39 | 1.47 | 0.33 | 0.18 | 1.032 | 1.70 | 0.09 | 0.033 |

Les analyses chimiques et physique effectuées sur ce profil révèlent une texture sablo-argile qui résulte d'un équilibre entre le sable et l'argile dans les deux horizons.

La caractérisation physico-chimique révèle qu'en surface, le sol est neutre et en profondeur, il devient légèrement acide.

La conductivité électrique montre que le sol n'est pas salé. Elle est proportionnelle à la présence de sels ionisables dans le sol, ce qui en fait un bon indicateur des niveaux de minéralisation de la solution (Duchaufour, 1983).

Les conditions d'assèchement nature agissent sur les caractéristiques physiques du sol ce qui explique les faibles teneurs en humidité hygroscopique.

Le taux de la matière organique permet d'observer une évolution progressive avec la profondeur, une bonne distribution tout le long du profil, ce qui explique une bonne addition de la matière organique.

Malgré la structure fine, tous les sols ont une bonne porosité, comme le montre le suivi de la porosité de ce profil. L'existence de matière organique influence les propriétés physiques du sol, accroître la cohésion (formation des complexes argilo-humiques) et augmente la capacité de rétention d'eau. La présence de matière organique est liée à la bonne porosité.

Le rapport C/N indique le degré d'évolution de la matière organique (minéralisation). Dans l'horizon de base de ce profil, le rapport C/N est supérieur à 40 ; ce rapport est très élevé (LCA, 2008), l'activité biologique est réduite et la décomposition de la matière organique est lente dans ces horizons.

Les valeurs de tout le profil sont faibles après l'analyse des bases échangeables K, Na, Ca et P.

Le fractionnement de la matière organique du sol :

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | AF % (acide fulvique) | H % (humine) | A.H % (acide humique) |
|------------------------|--|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 0-30 | 42.33 | 6.98 | 49.95 | 1.67 |
| 30-60 | 7.91 | 36.93 | 58.91 | 2.94 |

La synthèse analytique des quatre fractions organiques (la matière organique légère, l'humine, les acides fulviques et les acides humiques) des sols de ce profil représente des différences notables d'un horizon à un autre dans le même profil. La matière organique semble évoluée rapidement car nous avons observé la dominance de deux fractions :

- Les acides fulviques (horizon de base) témoins d'une transformation physicochimique rapide.
- Humine indique une stabilisation très forte de la matière organique.

1.3. Station : 03 – Sidi Ghdir (Profil N : 03) Forêt mixte.

1.3.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 03

Numéro de station: 03 –

La date:14/06/2021

Position géographique: N : 36°55'22'', E : 7°40'04'', Z : 572m.

La géologie: gneiss.

La géomorphologie: pente orientation nord.

La végétation: Chêne zeen (*Quercus canariensis*), Chêne liège (*Quercus suber*), fougère male (*Dryopteris filix-max*), la ronce a feuilles d'orme (*Rubus ulmifolius*), le myrte (*Myrtus communis*), la cytise

Le climat: une journée ensoleillée.



Description du profil N : 03

0-30cm: couleur dark yellowish brown (10YR4/4), texture sablo-limoneuse, structure particulaire, Présence des racines.

Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur dark brown (7,5YR3/2), texture limono-sableuse, structure particulaire. Pas de réaction à l'HCl.

60-90 cm: couleur strong brown (7,5YR5/6), texture argileuse, structure polyédrique. Pas de réaction à l'HCl.

1.3.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KCl | C.E μs/cm | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poros % | C % | K meq/100g | Na meq/100g | Mg meq/100g | Ca meq/100g | P meq/100g | N total % |
|----------------|--------------|--------------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P3H1 | 0-30 | 47,52 | 17,52 | 13,502 | 21,458 | 6.28 | 4.71 | 50 | 3.60 | 3.06 | 1.31 | 0.18 | 14.04 | 1.78 | 1.09 | 0.23 | 2.160 | 5.29 | 0.07 | 0.142 |
| P3H2 | 30-60 | 51,16 | 20,72 | 13,292 | 14,828 | 5.99 | 4.43 | 38 | 3.79 | 3.80 | 1.47 | 0.08 | 5.97 | 2.21 | 0.93 | 0.28 | 2.418 | 3.39 | 0.03 | 0.135 |
| P3H3 | 60-90 | 32,16 | 18,68 | 21,732 | 27,428 | 5.93 | 4.15 | 42 | 7.12 | 2.37 | 1.42 | 0.15 | 10.96 | 1.38 | 1.14 | 0.78 | 3.034 | 3.84 | 0.04 | 0.098 |

L'analyse granulométrique décrit les proportions relatives des diverses tailles des particules solides du sol (sables et argiles limons). Selon les analyses fournies, il ressort que les horizons de surface montrent un pourcentage d'argile élevé (texture argileuse), alors que le sable est dominant en bas.

L'évaluation de concentration en ions H⁺ du sol montre que nous sommes dans un milieu acide.

Le caractère acide du KCl est confirmé par l'évaluation du pH et représente que le complexe adsorbant est désaturé.

La conductivité électrique de ce profil diminue à mesure que la profondeur augmente, indiquant que le sol n'est pas salé.

L'humidité hygroscopique toujours faible dans tout le profil, inférieure à 8 %. Ce qui confirme que le sol est texturé.

L'évaluation de la matière organique révèle une distribution uniforme dans tout le profil, ce qui explique une accumulation efficace de la matière organique.

Chapitre IV : Résultats et discussions

La porosité du sol montre le volume et les dimensions des pores d'un sol et dépend de sa composition granulométrique et de sa structure ; dans notre profil, la texture limoneuse en surface donne une bonne porosité, mais elle diminue avec la profondeur et avec l'augmentation du taux d'argile.

Le rapport carbone/azote est une mesure qui peut être utilisée pour évaluer la maturation de la matière organique, c'est-à-dire sa capacité à se décomposer rapidement dans le sol. Lorsque le rapport est compris entre 9 et 15 %, il est généralement admis que plus le rapport C/N est faible, plus la matière organique se dégrade rapidement dans le sol, plus l'humus acquérir est stable.

Le fractionnement de la matière organique du sol :

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | A.F % (acide Fulvique) | H % (humine) | A.H % (acide humique) |
|------------------------|--|-------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 0-30 | 13,56 | 1,70 | 83,17 | 1,57 |
| 30-60 | 1,88 | 9,10 | 85,95 | 3,07 |
| 60-90 | 2,30 | 9,34 | 86,00 | 2,36 |

Dans cette station, nous constatons une faible observation de la matière organique légère et qui diminue avec la profondeur, tandis que l'humine représentée plus 80% augmente légèrement avec la profondeur. Les acides humiques augmentent avec la profondeur tandis que les acides fulviques sont très faibles en surface et ne dépassent pas 10% en profondeur. Le taux d'humification de cette station est extrêmement élevé.

1.4. Station : 04 – Sidi Ghdir (Profil N : 04) Forêt mixte.

1.4.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 04

Numéro de station: 04 –

La date:14/06/2021

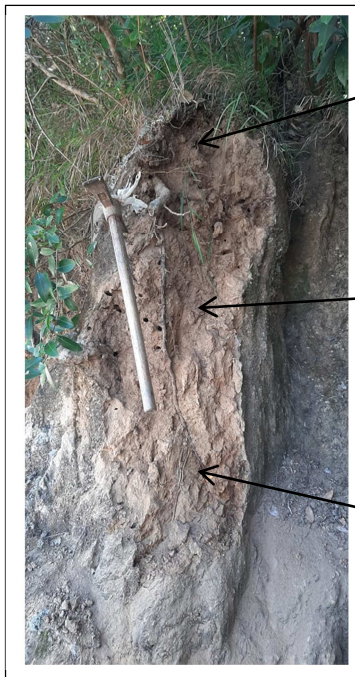
Position géographique: N : 36°55'31'', E : 7°39'37'', Z : 616m.

La géologie: gneiss.

La géomorphologie: pente orientation nord.

La végétation: Chêne liège (*Quercus suber*), Chêne zeen (*Quercus canariensis*), l'arbousier (*Arbustus unedo*), le pin maritime (*Pinus pinaster*), la filaire (*Phillyrea angustifolia*), le daphné garou (*Daphne gnidium*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), c'est la strate la plus diversifié.

Le climat: une journée ensoleillée.



Description du profil N : 04

0-30cm: couleur dark yellowish brown (10YR 4/4), texture sablo-limono-argileuse, structure particulière fine,

Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur light yellowish brown (10 YR 6/4), texture limoneuse, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl.

60-90 cm: couleur yellowish brown (10 YR 5/6), texture limoneuse / limono-sablause, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl.

1.4.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KCl | C.E μs/cm | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poro % | C % | K meq/100g | Na meq/100g | Mg meq/100g | Ca meq/100g | P meq/100g | N total % |
|----------------|--------------|--------------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P4H1 | 0-30 | 42,60 | 11,44 | 28,743 | 17,217 | 6.29 | 4.89 | 50 | 1.78 | 2.32 | 1.72 | 0.16 | 9.67 | 1.35 | 0.84 | 0.20 | 1.438 | 3.19 | 0.07 | 0.065 |
| P4H2 | 30-60 | 34,32 | 11,40 | 32,514 | 21,766 | 5.94 | 4.49 | 25 | 1.79 | 2.27 | 1.85 | 0.11 | 6.44 | 1.32 | 0.51 | 0.14 | 0.853 | 0.52 | 0.04 | 0.031 |
| P4H3 | 60-90 | 39,84 | 8,52 | 37,576 | 14,064 | 5.92 | 4.41 | 22 | 1.19 | 2.37 | 1.51 | 0.13 | 8.74 | 1.38 | 0.49 | 0.15 | 1.018 | 0.80 | 0.13 | 0.017 |

La texture du sol peut être déterminée à l'aide d'une analyse granulométrique. A partir des données présentées dans le tableau ci-dessus, il est évident que la texture argileuse présente à la surface se transforme en une texture sablo-argileuse en bas du profil.

La caractérisation physico-chimique révèle qu'en surface, le sol est faiblement acide et qu'en profondeur, il devient acide.

Le caractère acide du KCl est confirmé par l'évolution du pH. Ce qui montre une désaturation du complexe adsorbant.

La conductivité électrique de ce profil diminue à mesure que la profondeur augmente, indiquant que le sol n'est pas salé.

L'humidité hygroscopique restera toujours faible dans l'ensemble du profil.

Les valeurs moyennes du profil sont obtenues en suivant la matière organique.

La texture fine du sol est confirmée par une porosité extrêmement faible dans tous le profil.

Le taux de carbone organique dans ce profil a été évalué avec des valeurs faibles en profondeur, confirmant ainsi la diminution de la matière organique à différents niveaux. Le sol contient toute la matière organique.

Chapitre IV : Résultats et discussions

Le rapport de C/N pour cette station présente des valeurs entre 20 à 80% de surface à la profondeur ; Ces valeurs élevées sont reliés à des conditions d'évolution défavorables.

Le fractionnement de la matière organique du sol :

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | A.F % (acide Fulvique) | H % (humine) | A.H % (acide humique) |
|------------------------|--|-------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 0-30 | 41.23 | 6.51 | 50.10 | 1.61 |
| 30-60 | 9.01 | 26.71 | 54.36 | 2.10 |
| 60-90 | 17.77 | 22.14 | 59.67 | 2.97 |

La fraction légère sous cette forêt est très élevée en surface, diminuant au milieu du profil pour augmenter à la base et évoluant dans le sens inverse que l'humine, selon les résultats obtenus. La matière stable est représentée par cette dernière fraction.

Le fractionnement sous cette forêt montre une dynamique de la matière organique malgré l'acidité du milieu, avec une fraction stable (humine) dominante et une forte concentration relative des acides fulviques, suggérant une mobilité des composants facilement hydrolysables.

1.5. Station : 05 – Sidi Amara (Profil N : 05) Forêt de chêne zeen.

1.5.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 05

Numéro de station: 05 –

La date: 14/06/2021

Position géographique: N : 36°55'07'', E : 7°39'33'', Z : 649 m.

La géologie: grès de Numidie.

La géomorphologie: pente orientation nord.

La végétation: chêne zeen (*Quercus canariensis*), pin maritime (*Pinus pinaster*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*) et le cytise (*Laburnum anagyroides*). C'est la strate la plus pauvre à la végétation. Possède une couche de litière importante.

Le climat: une journée ensoleillée.



Description du profil N : 05

0-30cm: couleur dark brown (10 YR 3/3), texture limono-argileuse, structure polyédrique fine, Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur brown (10 YR 5/3), texture limoneuse, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl.

60-90 cm: couleur yellowish brown (10 YR 5/6), texture argilo-limoneuse, structure polyédrique fine. Pas de réaction à l'HCl.

1.5.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KCl | C.E µs/cm | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poros % | C % | K meq/10 0g | Na meq/10 0g | Mg meq/10 0g | Ca meq/10 0g | P meq/ 100g | N total % |
|----------------|--------------|--------------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|--------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P5H1 | 0-30 | 49,20 | 14,60 | 23,091 | 13,109 | 6.17 | 5.09 | 67 | 1.78 | 2.90 | 1.28 | 0.15 | 11.80 | 1.69 | 0.89 | 0.31 | 1.795 | 4.94 | 0.11 | 0.135 |
| P5H2 | 30-60 | 42,04 | 13,88 | 22,26 | 21,82 | 6.16 | 5.04 | 55 | 1.76 | 2.47 | 1.56 | 0.22 | 14.48 | 1.44 | 0.68 | 0.26 | 1.340 | 2.36 | 0.085 | 0.088 |
| P5H3 | 60-90 | 41,32 | 18,96 | 25,842 | 13,878 | 6.42 | 4.93 | 51 | 1.19 | 2.58 | 1.38 | 0.13 | 9.63 | 1.50 | 0.58 | 0.22 | 1.203 | 1.55 | 0.075 | 0.069 |

La texture du sol peut être déterminée à l'aide d'une analyse granulométrique. Selon les données présentées dans le tableau ci-dessus, on ne remarque que la texture argilo-limoneuse. Les sols riches en limons présentent souvent une texture particulière peu favorable car il y a une faible quantité de colloïdes minéraux qui ne permettent pas la formation d'agrégat (Duchauffour, 1970). Le suivi de la réaction du sol suggère un sol peu acide.

L'acidité résiduelle se développe au même sens en raison d'une désaturation du complexe adsorbant.

En revanche, le suivi de la conductivité électrique met en évidence la nature non salée de ce type de sol.

L'humidité hygroscopique montre des valeurs qui diminuent de surface jusqu'à la profondeur, ce qui montre que la teneur en argile augmente en profondeur. Les valeurs moyennes du profil sont obtenues en suivant la matière organique.

La texture fine du sol est confirmée par une porosité extrêmement faible tout au long du profil. la rétention d'eau hygroscopique.

Chapitre IV : Résultats et discussions

Le rapport carbone/azote peut être utilisé pour évaluer le niveau d'évolution de la matière organique, sa capacité à se décomposer rapidement dans le sol. Lorsque le rapport est élevé dans ces sols, il est généralement adopté que plus le rapport C/N est élevé, plus la matière organique se dégrade lentement dans le sol, plus l'humus produit est instable.

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | A.F % (acide Fulvique) | H % (humine) | A.H% (acide Humique) |
|------------------------|--|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 0-30 | 66.43 | 7.47 | 8.53 | 6.97 |
| 30-60 | 15.50 | 10.12 | 61.87 | 3.07 |
| 60-90 | 34.91 | 8.11 | 42.87 | 1.54 |

Les résultats de l'analyse du fractionnement de la matière organique de ce profil sont les suivants :

Horizon : 01 La valeur de l'acide humique est de 6,97 % inférieure à celle de la matière organique légère de 40,02 %, ce qui en fait la fraction la plus importante.

- Horizon 02 : Le taux d'humine est de 61,87%, supérieur à 10,12% d'acide fulvique et 3,07% d'acide humique. Les résultats représentent que la matière organique légère a une valeur de 15,5%.

Perspective : 03 La valeur de l'acide humique est de 1.54% inférieure à celle de l'humine : 42.87% est composé d'acide fulvique. 8,1 %.

Selon les résultats, il est évident que l'humine est la plus prédominante et que sa distribution est hétérogène dans la plupart des profils. Dans ces sols, le processus d'humification est le plus dominant car il y a un faible apport ou une forte activité biologique qui transforme les produits organiques transitoires en humus stable. Les résultats indiquent que les acides humiques ont un faible apport, tandis que les acides organiques ont la fraction polymérisée et condensée. Les teneurs des acides sont très faibles. Comme ils sont solubles dans l'eau et dans les milieux acides, les acides fulviques indiquent une transformation lente de la matière organique.

1.6. Station : 06 – Sidi Amara (Profil N : 06) Forêt de chêne zeen.

1.6.1. Description morphologique.

Fiche de description N : 06

Numéro de station: 06 –

La date:14/06/2021

Position géographique: N : 36°54'38'', E : 7°39'54'', Z : 727 m.

La géologie: gneiss.

La géomorphologie: pente orientation nord.

La végétation: chêne zeen (*Quercus canariensis*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), le pin maritime (*Pinus pinaster*), le cytise (*Laburnum anagyroides*), la fougère male (*Dryopteris filix-max*), aussi la présence des lichens et couche de litière importante

Le climat: une journée ensoleillée.



Description du profil N : 06

0-30cm: couleur dark yellowish brown (10 YR 4/4), texture limoneuse, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl.

30-60cm: couleur grayish brown (10 YR 3/2), texture limoneuse, structure particulière. Pas de réaction à l'HCl. Plus de matière organique.

60-90 cm: couleur bronwish yellow (10 YR 6/6), texture argilo-limoneuse, structure polyédrique. Pas de réaction à l'HCl.

1.6.2. Résultats analytiques :

| Param Horiz | Prof (cm) | La granulométrie % | | | | pH eau | pH KCl | C.E µs/cm | H % | MO % | D _R g/cm ³ | D _A g/cm ³ | Poro % | C % | K meq/10 0g | Na meq/10 0g | Mg meq/10 0g | Ca meq/10 0g | P meq/ 100g | N total % |
|----------------|--------------|--------------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | A | L | SG | SF | | | | | | | | | | | | | | | |
| P6H1 | 0-30 | 39,60 | 16,72 | 25,546 | 18,134 | 5.89 | 4.48 | 37 | 2.78 | 3.95 | 1.42 | 0.22 | 15.78 | 2.30 | 0.98 | 0.21 | 1.434 | 2.70 | 0.11 | 0.267 |
| P6H2 | 30-60 | 48,88 | 14,04 | 21,668 | 15,412 | 5.92 | 4.37 | 27 | 3.60 | 3.42 | 1.42 | 0.11 | 7.88 | 1.99 | 0.55 | 0.17 | 1.046 | 0.29 | 0.085 | 0.098 |
| P6H3 | 60-90 | 44,76 | 9.04 | 31,774 | 14,426 | 5.94 | 4.29 | 28 | 1.79 | 2.90 | 1.47 | 0.22 | 15.47 | 1.69 | 0.41 | 0.19 | 1.693 | 0.83 | 0.08 | 0.033 |

L'analyse granulométrique des différents horizons de ce profil (tableau ci-dessus) fait ressortir la dominance des argiles avec des valeurs importantes dans tous les sols, ce qui permet de déterminer une texture argileuse.

La caractérisation physico-chimique révèle qu'un sol acide est présent.

L'acidité résiduelle se développe dans le même sens, probablement en raison d'une désaturation du complexe adsorbant.

Selon l'évaluation de la conductivité électrique, le sol n'est pas salé.

Les caractéristiques physiques du sol, qui retient une faible quantité d'eau lorsqu'il est soumis aux conditions d'assèchement naturel, expliquent la faible humidité hygroscopique dans tout le profil.

Les valeurs moyennes du profil sont obtenues en suivant la matière organique.

La texture fine du sol est confirmée par une faible porosité tout au long du profil.

Selon la description du rapport C/N du sol, ce ratio est inférieur à 20%. Plus le sol se décompose rapidement dans le sol et plus l'humus obtenu est stable, plus le rapport C/N est faible pour les horizons de surface du profil. Le rapport est supérieur à 30 pour l'horizon de base, indiquant qu'il n'y a pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone. Il est communément admis que plus le rapport C/N d'un produit est élevé, plus il se décompose lentement dans le sol mais plus l'humus obtenu est stable.

Le fractionnement de la matière organique du sol :

Le fractionnement des échantillons de sol a conduit aux résultats mentionnés dans le tableau suivant :

| Profondeur (cm) | M.O.L % (matière végétale légère) | A.F % (acide Fulvique) | H % (humine) | A.H% (acide Humique) |
|------------------------|--|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 0-30 | 79,00 | 6,08 | 9,82 | 5,10 |
| 30-60 | 12,20 | 9,00 | 76,00 | 2,80 |
| 60-90 | 48,28 | 8,50 | 41,91 | 1,31 |

À cette position, la quantité de matière organique légère diminue proportionnellement à la profondeur, tandis que la croissance de l'humine se déroule dans le sens opposé. Les acides fulviques sont fortement accumulés au centre du profil, mais les acides humiques n'y sont pas.

2. Interprétation statistiques des résultats.

Les analyses statistiques sont faites selon le type de végétation existante au niveau de chaque strate :

Station 1 et 2 (Sidi Djemil) présentes la forêt de chêne liège St_1,

Station 5 et 6 (Sidi Amara) présentes la forêt de chêne zeen St_2

Station 3 et 4 (Sidi Ghdir) présentes la forêt mixte St_3,

Les variations spatiales des paramètres physicochimiques sont illustrées dans la figure 14.

Les résultats de granulométrie sont présentés dans la figure 16.

Les variations des teneurs en bases échangeables dans le sol sont illustrées dans la figure 18

Les variations du fractionnement de la matière organique sont présentées dans la figure 20.

Les variations de tous les paramètres étudiés sont illustrées dans le tableau.19.

Tableau 19 : Variations spatiales des paramètres physico chimiques dans les trois stations (st_1 * foret chêne liège ; st_2 * foret chêne zen ; st_3 * foret mixte)

| Paramètres | Station | | | Profondeur | | |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | St_1 | St_2 | St_3 | 0 - 30 cm | 30 - 60 cm | 60 - 80 cm |
| A | 35.81 ± 4.49 | 41.27 ± 4.71 | 44.30 ± 1.21 | 43.04 ± 2.95 | 41.69 ± 4.38 | 36.64 ± 6.11 |
| L | 9.43 ± 1.18 | 14.71 ± 1.25 | 14.54 ± 0.97 | 13.17 ± 3.35 | 13.55 ± 2.73 | 11.96 ± 3.19 |
| SG | 40.05 ± 6.09 | 24.56 ± 4.50 | 25.03 ± 3.48 | 27.19 ± 7.91 | 27.27 ± 8.39 | 35.17 ± 10.30 |
| SF | 4.72 ± 0.89 | 19.46 ± 1.23 | 16.13 ± 2.28 | 16.60 ± 2.40 | 17.48 ± 1.69 | 16.23 ± 3.92 |
| pH.E | 6.43 ± 0.14 | 6.06 ± 0.20 | 6.08 ± 0.08 | 6.30 ± 0.28 | 6.12 ± 0.22 | 6.14 ± 0.20 |
| pH.K | 5.16 ± 0.42 | 4.51 ± 0.26 | 4.70 ± 0.09 | 5.07 ± 0.49 | 4.66 ± 0.18 | 4.64 ± 0.38 |
| C.E | 69.17 ± 46.41 | 37.83 ± 10.54 | 44.17 ± 6.83 | 74.50 ± 40.72 | 41.83 ± 10.77 | 34.83 ± 4.07 |
| H | 1.74 ± 0.50 | 3.21 ± 0.82 | 2.15 ± 0.61 | 2.29 ± 0.40 | 2.22 ± 0.89 | 2.60 ± 1.39 |
| MO | 2.59 ± 0.78 | 2.70 ± 0.33 | 3.04 ± 0.35 | 3.17 ± 0.42 | 2.61 ± 0.67 | 2.54 ± 0.19 |
| DR | 1.41 ± 0.09 | 1.55 ± 0.10 | 1.42 ± 0.07 | 1.40 ± 0.10 | 1.51 ± 0.14 | 1.47 ± 0.04 |
| DA | 0.19 ± 0.04 | 0.14 ± 0.04 | 0.17 ± 0.01 | 0.18 ± 0.01 | 0.14 ± 0.04 | 0.18 ± 0.05 |
| Poro (%) | 14.57 ± 0.78 | 9.30 ± 2.86 | 12.51 ± 1.31 | 13.16 ± 1.13 | 10.62 ± 4.16 | 12.60 ± 2.77 |
| C (%) | 1.54 ± 0.50 | 1.57 ± 0.19 | 1.77 ± 0.21 | 1.88 ± 0.27 | 1.52 ± 0.39 | 1.48 ± 0.11 |
| K | 1.15 ± 0.71 | 0.83 ± 0.12 | 0.68 ± 0.23 | 1.17 ± 0.38 | 0.96 ± 0.50 | 0.55 ± 0.25 |
| Na (%) | 0.26 ± 0.09 | 0.30 ± 0.15 | 0.23 ± 0.03 | 0.28 ± 0.08 | 0.22 ± 0.02 | 0.28 ± 0.16 |
| Mg | 1.42 ± 0.55 | 1.82 ± 0.20 | 1.42 ± 0.21 | 1.82 ± 0.22 | 1.34 ± 0.26 | 1.50 ± 0.50 |
| Ca | 1.87 ± 1.13 | 2.84 ± 1.23 | 2.11 ± 1.48 | 3.71 ± 0.59 | 1.37 ± 0.56 | 1.74 ± 0.57 |
| P | 0.15 ± 0.07 | 0.06 ± 0.03 | 0.09 ± 0.02 | 0.10 ± 0.03 | 0.12 ± 0.10 | 0.08 ± 0.01 |

| | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| N | 0.08 ± 0.06 | 0.07 ± 0.04 | 0.12 ± 0.08 | 0.15 ± 0.05 | 0.08 ± 0.02 | 0.03 ± 0.02 |
| MOL | 19.20 ± 19.02 | 14.29 ± 11.58 | 42.72 ± 29.45 | 47.09 ± 23.23 | 9.28 ± 4.25 | 19.85 ± 18.86 |
| AF | 23.93 ± 15.31 | 12.58 ± 7.42 | 8.21 ± 1.39 | 5.98 ± 1.63 | 18.42 ± 9.13 | 20.32 ± 14.85 |
| H.1 | 56.74 ± 5.36 | 69.88 ± 3.11 | 40.17 ± 29.94 | 42.15 ± 29.65 | 6.59 ± 5.16 | 58.04 ± 15.24 |
| AH | 2.52 ± 0.79 | 2.28 ± 0.60 | 3.46 ± 2.35 | 3.08 ± 2.56 | 2.84 ± 0.22 | 2.34 ± 0.81 |

2.1. Paramètres physico-chimiques.

Les variations des paramètres physicochimiques sont illustrées dans le tableau 19 et la Figure 14.

La caractérisation des milieux d'étude a montré que :

- Le pH.E variant entre 6.06 ± 0.20 et 6.43 ± 0.14
- Le pH. variant entre 4.51 ± 0.26 et 5.16 ± 0.42
- Le C.E variant entre 34.83 ± 4.07 et 74.50 ± 40.72 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
- Le H variant entre 1.74 ± 0.50 et $3.21 \pm 0.82\%$
- La MO variant entre 2.54 ± 0.19 et $3.17 \pm 0.42\%$
- Le DR variant entre 1.40 ± 0.10 et 1.55 ± 0.10 g/cm^3
- Le DA variant entre 0.14 ± 0.04 et 0.19 ± 0.04 g/cm^3
- La Poro variant entre 9.30 ± 2.86 et $14.57 \pm 0.78\%$
- Le C variant entre 1.48 ± 0.11 et $1.88 \pm 0.27\%$
- Le N variant entre 0.07 ± 0.04 et $0.15 \pm 0.05\%$

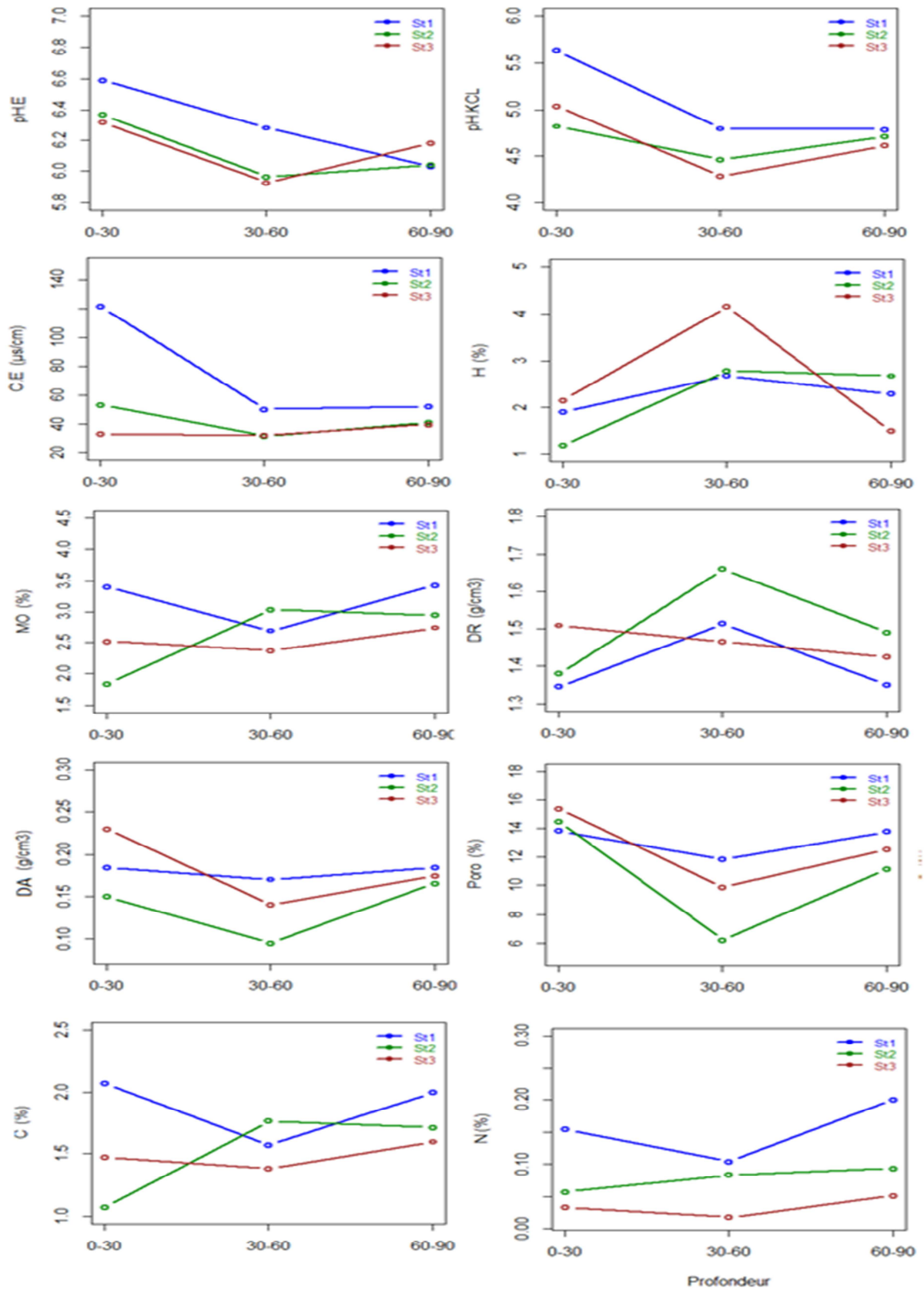


Figure 14 : Variations des paramètres physicochimiques du sol dans les 3 stations d'études en fonction de la profondeur (cm)

ANOVA des paramètres physicochimiques

Les résultats de l'ANOVA pour ces éléments sont montrés dans le tableau 20 et la figure 15.

L'ANOVA à deux facteurs a montré que :

- **En fonction de stations**, les paramètres physicochimiques étaient similaires dans les 3 stations (n'ont pas montré de différences significatives) à l'exception du pH. E pH et la Poro qui variaient de façon significative ($p \leq 0,05$) d'une station à l'autre. Ces deux paramètres étaient significativement plus élevés dans la station 1 (chêne liège) par rapport aux autres stations (Fig.17).
- **En fonction de profondeurs**, les paramètres physicochimiques étaient similaires dans toutes les horizons (n'ont pas montré de différences significatives) à l'exception de N qui diminue de façon hautement significative ($p \leq 0,01$) en fonction de la profondeur (Plus on va plus profond le N diminue) (Fig.17).

Tableau 20 : Résultats de l'ANOVA des paramètres physicochimiques en fonction de la station et de la profondeur.

| Paramètres | Variables | | Facteurs | |
|---|-------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | Station (ddl = 2) | | Profondeur (ddl = 2) | |
| | P value | Observation | P value | Observation |
| pH.E | 0.04066 | * | 0.6198 | ns |
| pH.K | 0.07967 | ns | 0.3444 | ns |
| C.E | 0.4009 | ns | 0.1862 | ns |
| H | 0.07799 | ns | 0.8831 | ns |
| MO | 0.5864 | ns | 0.268 | ns |
| DR | 0,188 | ns | 0.4792 | ns |
| DA | 0.1906 | ns | 0.2638 | ns |
| Poro | 0.03679 | * | 0.5734 | ns |
| C | 0.6723 | ns | 0.2408 | ns |
| N | 0.668 | ns | 0.01003 | ** |
| NB : * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$), ns ($p > 0,05$) | | | | |

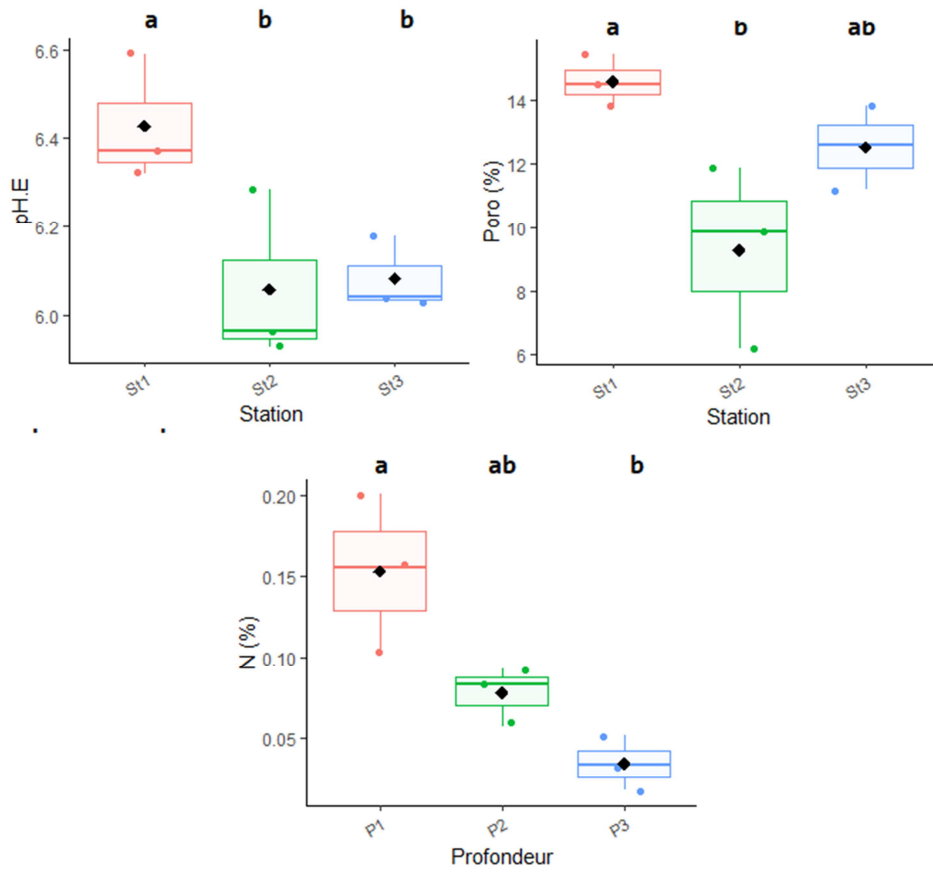


Figure 15 : Variations du pH. E et de la Poro en fonction de la station et du N en fonction de la profondeur.

2.2. Granulométrie.

Les variations des éléments granulométriques sont illustrées dans le tableau 19 et la Figure 16.

Les résultats de l'ANOVA pour ces éléments sont montrés dans le tableau 21.

L'étude de la granulométrie en fonction de la station a montré que :

La proportion des particules d'argile (A) était presque la même dans les trois stations ($p \geq 0,05$) avec une valeur maximale de $44,30 \pm 1,21$ (st_3).

La proportion des particules du Limon (L) variât de façon très hautement significatives ($p \leq 0,001$) d'une station à l'autre avec une valeur minimale de $9,43 \pm 1,18$ dans la station 1 et valeur maximale de $14,71 \pm 1,25$ observée dans la station 2.

La proportion du gros sable (SG) variât de façon hautement significative entre les stations d'étude ($p \leq 0,01$) avec une valeur minimale de $24,56 \pm 4,50$ observée dans la station 2 et une valeur maximale de $40,05 \pm 6,09$ observé dans la station 1.

La proportion du sable fin (SF) été différente de façon significative ($p \leq 0,05$) entre les stations d'étude avec une valeur minimale de $4,72 \pm 0,89$ observée dans la station 1 et une valeur maximale de $19,46 \pm 1,23$ observée dans la station 2.

L'étude de la granulométrie en fonction de la profondeur (Horizon) a montré que :

La répartition de toutes les particules (A, L, SG et SF) n'a pas montré de différences significatives ($p \geq 0,05$) à toutes les profondeurs (horizons) avec des valeurs maximale de $43,03 \pm 2,95$ (H_1) ; $13,55 \pm 2,73$ (H_2) ; $35,17 \pm 10,30$ (H_3) et $17,48 \pm 1,69$ (H_2)

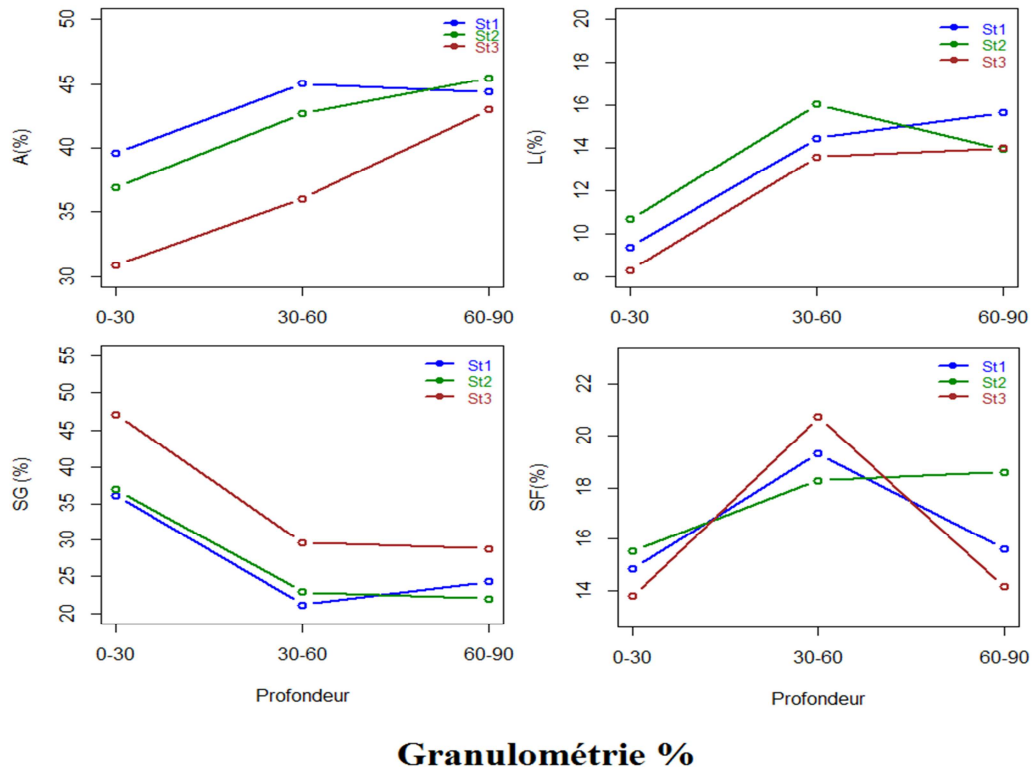


Figure 16 : Variations des proportions des éléments granulométriques (%) dans les trois stations d'études (St_1, St_2, St_3) en fonction de la profondeur (cm).

ANOVA des éléments granulométriques

Les résultats de l'ANOVA pour les éléments granulométriques sont montrés dans le tableau 21 et dans la figure 17.

L'ANOVA à deux facteurs a montré que :

- **En fonction de stations**, les proportions de trois éléments granulométriques ont montré des différences significatives (Fig.17) à très hautement significative entre les 3 stations (forets) :
 - Le limon diminue de façon très hautement significatives ($p \leq 0,001$)
 - Le SG diminue de façon hautement significative ($p \leq 0,01$)
 - Le SF augmente de façon significative ($p \leq 0,01$)

L'argile n'a montré aucune différence significative entre les stations $p \geq 0,05$.

- **En fonction de profondeurs**, les proportions des éléments granulométriques n'ont pas montré de différences significatives $p \geq 0,05$.

Tableau 21 : Résultats de l'ANOVA des éléments granulométriques en fonction de la station et de la profondeur.

| Paramètres | Variables | | Facteurs | |
|------------|-------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | Station (ddl = 2) | | Profondeur (ddl = 2) | |
| | P value | Observation | P value | Observation |
| A | 0.08548 | ns | 0.2825 | ns |
| L | 0.001986 | *** | 0.8123 | ns |
| SG | 0.01212 | ** | 0.4952 | ns |
| SF | 0.02594 | * | 0.8586 | ns |

NB : * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$), ns ($p > 0.05$)

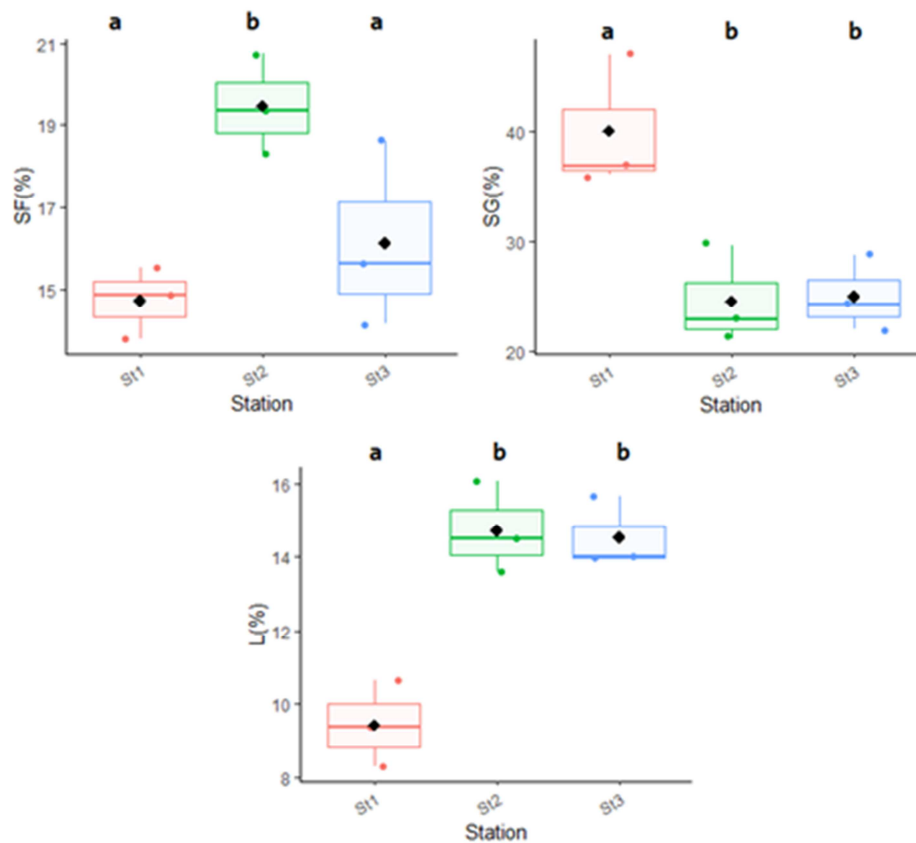


Figure 17 : Variations des proportions des éléments granulométriques (SF, SG, L) en fonction de stations.

2.3. Bases échangeables.

Les variations des bases échangeables sont illustrées dans le tableau 19 et la figure 18.

La caractérisation des bases échangeables d'étude a montré que :

- Les teneurs de K variait entre 0.55 ± 0.25 et 1.17 ± 0.38 (meq/100g)
- Les teneurs Na variait entre 0.22 ± 0.02 et 0.30 ± 0.15 (meq/100g)..
- Les teneurs Mg variait entre 1.42 ± 0.21 et 1.82 ± 0.22 (meq/100g).
- Les teneurs Ca variait entre 1.37 ± 0.56 et 3.71 ± 0.59 (meq/100g).
- Les teneurs P variait entre 0.06 ± 0.03 et 0.15 ± 0.07 (meq/100g).

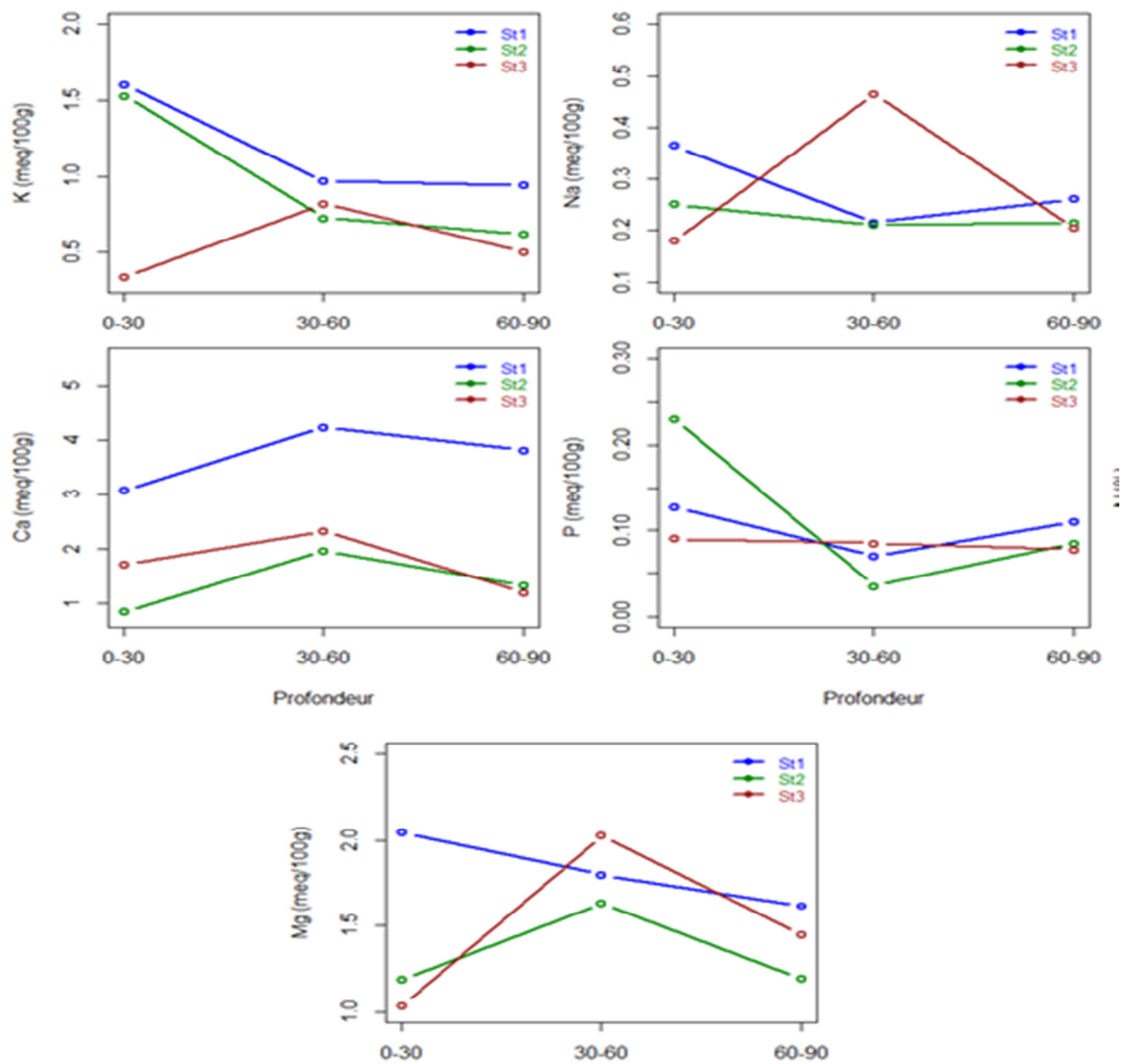


Figure 18 : Variations des teneurs en bases échangeables dans le sol.

• ANOVA des éléments minéraux

Les résultats de l'analyse de variance pour les éléments minéraux sont montrés dans le tableau 22 et la figure 19.

Tableau 22 : Résultats de l'ANOVA des éléments minéraux en fonction de la station et de la profondeur

| Paramètres | Variables | | Facteurs | |
|---|-------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | Station (ddl = 2) | | Profondeur (ddl = 2) | |
| | P value | Observation | P value | Observation |
| K | 0.4534 | ns | 0.2193 | ns |
| Na | 0.7127 | ns | 0.7455 | ns |
| Mg | 0.3485 | ns | 0.2983 | ns |
| Ca | 0.6536 | ns | 0.004955 | ** |
| P | 0.1392 | ns | 0.8133 | ns |
| NB : * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$), ns ($p > 0.05$) | | | | |

Ces analyses ont montré que :

- **En fonction de stations**, les teneurs des éléments minéraux étaient similaires dans les 3 stations (n'ont pas montré de différence significative $p \geq 0,05$).
- **En fonction de profondeurs**, les teneurs des éléments minéraux étaient similaires dans toutes les horizons (n'ont pas montré de différences significatives $p \geq 0,05$) à l'exception du Ca qui diminue de façon hautement significative ($p \leq 0,01$) en fonction de la profondeur (Plus on va plus profond le Ca diminue) (Fig.19).

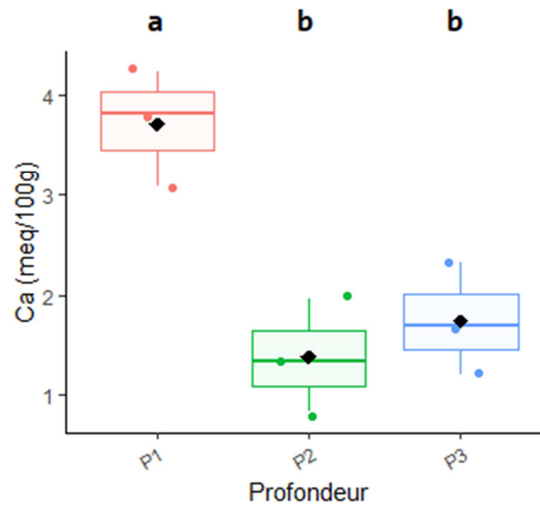


Figure 19 : Variation des teneurs en Calcium dans les Trois stations.

2.4. Le Fractionnement de la matière organique.

Les résultats du fractionnement de la matière organique sont illustrés dans le tableau 19 et la figure 20.

Le fractionnement de la matière organique a révélé 4 composants dans l'ordre décroissant suivant H.1 > MOL > AF > AH.

- Les H.1 forment jusqu'à $69,88 \pm 3,11\%$ de la composition de la matière organique
- La matière végétale légère (MOL) forme jusqu'à $47,09 \pm 23,23\%$ de la composition de la matière organique
- L'AF forme jusqu'à $23,93 \pm 19,02\%$ de la composition de la matière organique
- L'AH forme jusqu'à $3,46 \pm 2,35\%$ de la composition de la matière organique

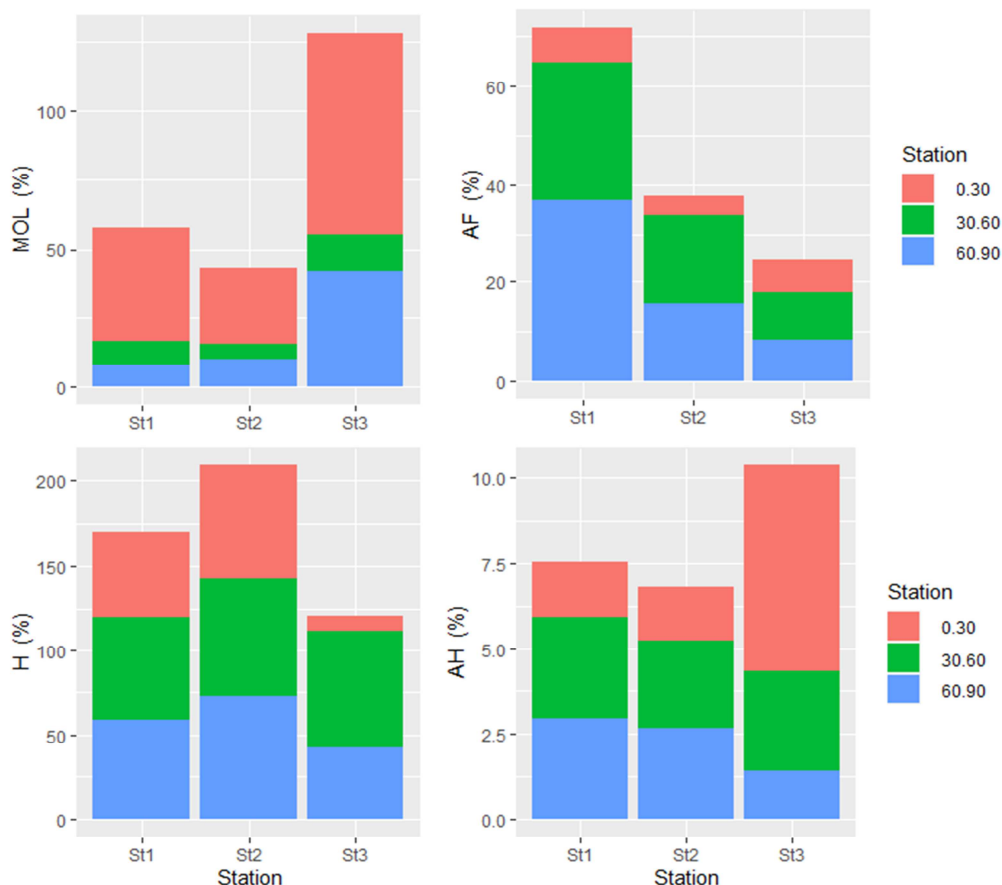


Figure 20 : Variations du fractionnement de la matière organique dans les trois stations d'étude en fonction de la profondeur.

- **ANOVA des composants de la matière organique (fractionnement)**

Les résultats de l'ANOVA pour les composants de la matière organique sont montrés dans le tableau 23.

D'après l'analyse de la variance, les composants de la matière organique n'ont pas montré de différences significatives entre les trois stations et les profondeurs.

Tableau 23 : Résultats de l'ANOVA des composants de la matière organique en fonction de la station et de la profondeur.

| Paramètres | Variables | | Facteurs | |
|------------|-------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | Station (ddl = 2) | | Profondeur (ddl = 2) | |
| | P value | Observation | P value | Observation |
| MOL | 0.2915 | ns | 0.08781 | ns |
| AF | 0.2118 | ns | 0.247 | ns |
| H.1 | 0.1996 | ns | 0.8441 | ns |

| | | | | |
|---|--------|----|--------|----|
| AH | 0.6063 | ns | 0.3602 | ns |
| NB : * ($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$), *** ($p \leq 0.001$), ns ($p > 0.05$) | | | | |

- **La corrélation de Pearson**

Les résultats de la corrélation Pearson (de dépendances des variables) sont montrés dans la figure 21 et le tableau 24.

Ces résultats ont montré l'existence de plusieurs associations (relations) considérables :

C.E - DR ($p \leq 0,05$; $r = -0,68$)

C.E - pH.E ($p \leq 0,05$; $r = 0,75$)

pH.E - pH.K ($p \leq 0,001$; $r = 0,89$)

pH.K - C.E ($p \leq 0,05$; $r = 0,83$)

pH.K - DA - ($p \leq 0,05$; $r = 0,59$)

H.1 - DA ($p \leq 0,01$; $r = -0,32$)

H.1 - Poro ($p \leq 0,05$; $r = -0,34$)

N - A ($p \leq 0,05$; $r = 0,67$)

N - C.E ($p \leq 0,05$; $r = 0,63$)

N- MO ($p \leq 0,01$; $r = 0,67$)

N - C ($p \leq 0,01$; $r = 0,67$)

Poro - pH.E ($p \leq 0,01$; $r = 0,64$)

Poro - pH.K ($p \leq 0,01$; $r = 0,61$)

Poro - DR ($p \leq 0,05$; $r = -0,76$)

Poro - P ($p \leq 0,01$; $r = 0,80$)

C - MO ($p \leq 0,001$; $r = 1$)

K - C.E ($p \leq 0,05$; $r = 0,72$)

K - Na ($p \leq 0,05$; $r = 0,56$)

P - C.E ($p \leq 0,05$; $r = 0,52$)

P - DR ($p \leq 0,01$; $r = -0,83$)

P - Poro ($p \leq 0,01$; $r = 0,80$)

Mg - Ca ($p \leq 0,05$; $r = 0,69$)

Na - DR ($p \leq 0,01$; $r = -0,42$)

MOL - H.1 ($p \leq 0,05$; $r = -0,71$)

Chapitre IV : Résultats et discussions

AF - A ($p \leq 0,05$; $r = -0,8$)

AF - Ca ($p \leq 0,05$; $r = -0,63$)

AF - MOL ($p \leq 0,01$; $r = -0,79$)

AF - N ($p \leq 0,05$; $r = -0,62$)

H - Poro ($p \leq 0,01$; $r = -0,55$)

H - pH.E ($p \leq 0,01$; $r = -0,63$)

SF - H ($p \leq 0,01$; $r = 0,77$)

SF - SG ($p \leq 0,05$; $r = -0,66$)

SF - DA ($p \leq 0,05$; $r = -0,59$)

SF - Poro ($p \leq 0,01$; $r = -0,63$)

A - L ($p \leq 0,05$; $r = 0,78$)

A - SG ($p \leq 0,05$; $r = -0,90$)

L - SG ($p \leq 0,01$; $r = -0,92$)

L - Poro ($p \leq 0,05$; $r = -0,63$)

SG - Poro ($p \leq 0,05$; $r = 0,57$)

SG - P ($p \leq 0,05$; $r = 0,53$)

Chapitre IV : Résultats et discussions

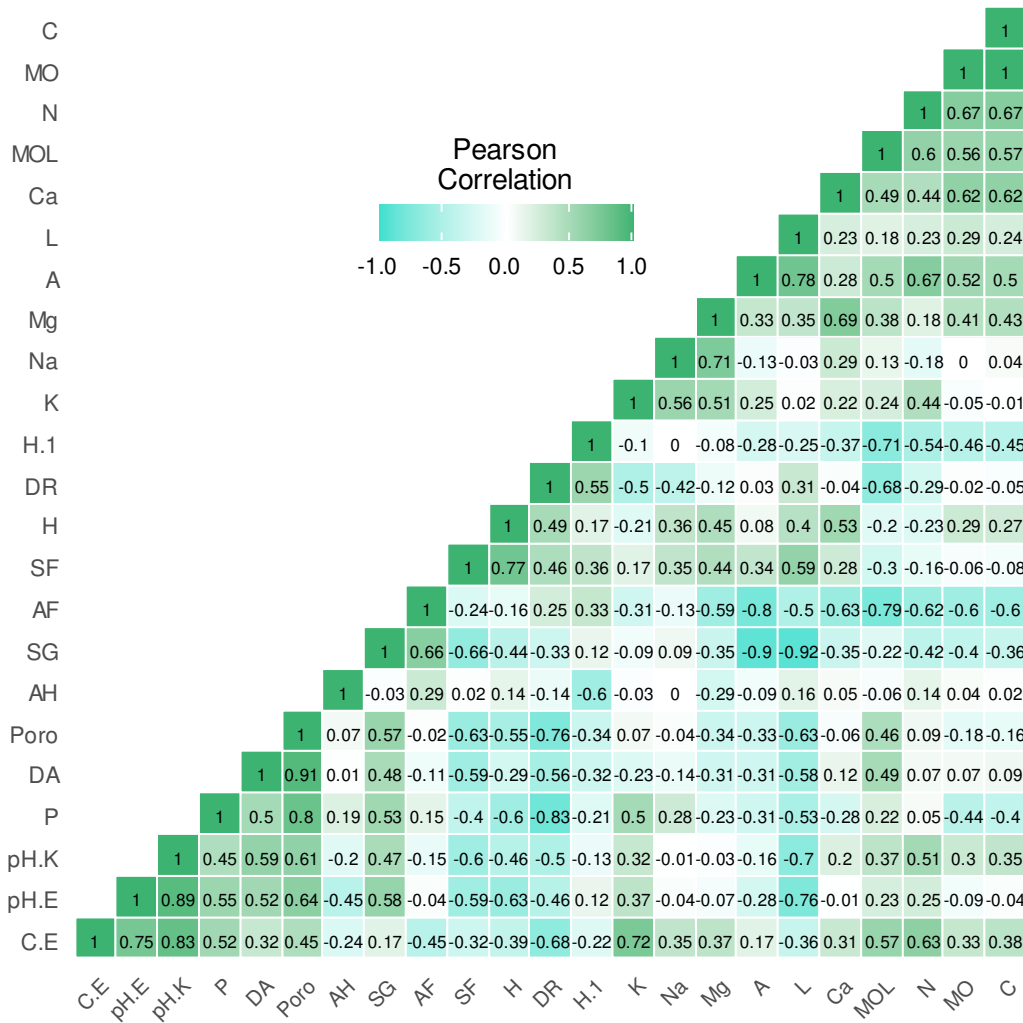


Figure 21: Analyse du coefficient de corrélation de Pearson.

Tableau 24 : Degrés de signification des corrélations (P value).

| P Value | A | L | SG | SF | pH.E | pH.K | C.E | H | MO | DR | DA | Poro | C | K | Na | Mg | Ca | P | N | MOL | AF | H.1 | AH | |
|---------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | | 0.0581 | 0.0016 | 0.3317 | 0.6368 | 0.6368 | 0.5755 | 0.7001 | 0.1544 | 0.7980 | 0.8810 | 0.2861 | 0.2054 | 0.8984 | 0.8810 | 0.7980 | 0.5457 | 0.3178 | 0.0581 | 0.1544 | 0.0358 | 0.7980 | 0.5755 | |
| L | | 0.0581 | | 0.0096 | 0.2242 | 0.0671 | 0.0876 | 0.4879 | 0.2242 | 0.2054 | 0.3807 | 0.2839 | 0.0499 | 0.3317 | 0.9322 | 0.8305 | 0.5457 | 0.4064 | 0.0610 | 0.3085 | 0.6059 | 0.2242 | 0.8312 | 0.6682 |
| SG | | 0.0016 | 0.0096 | | 0.0581 | 0.2054 | 0.2242 | 0.7324 | 0.1250 | 0.2861 | 0.2440 | 0.3660 | 0.0298 | 0.3558 | 1.0000 | 0.9149 | 0.4328 | 0.2861 | 0.0412 | 0.2054 | 0.5165 | 0.0769 | 0.4879 | 0.3807 |
| SF | | 0.3317 | 0.2242 | 0.0581 | | 0.0769 | 0.1116 | 0.5755 | 0.0096 | 0.8312 | 0.3807 | 0.0486 | 0.0159 | 0.7650 | 0.5165 | 0.1768 | 0.1875 | 0.2646 | 0.2839 | 0.8312 | 0.8647 | 0.4328 | 0.0298 | 0.8984 |
| pH.E | | 0.6368 | 0.0671 | 0.2054 | 0.0769 | | 0.0005 | 0.0358 | 0.0159 | 0.7324 | 0.3317 | 0.1373 | 0.0096 | 0.9322 | 0.3317 | 0.7640 | 0.6059 | 0.6682 | 0.1163 | 0.6059 | 0.8312 | 0.9661 | 0.2054 | 0.8647 |
| pH.K | | 0.6368 | 0.0876 | 0.2242 | 0.1116 | 0.0005 | | 0.0298 | 0.0769 | 0.9322 | 0.3317 | 0.0412 | 0.0037 | 0.7980 | 0.3085 | 0.9319 | 0.6368 | 0.8312 | 0.0610 | 0.3317 | 0.7980 | 0.9322 | 0.1544 | 0.6368 |
| C.E | | 0.5755 | 0.4879 | 0.7324 | 0.5755 | 0.0358 | 0.0298 | | 0.0769 | 0.6059 | 0.0246 | 0.2624 | 0.0992 | 0.5457 | 0.0246 | 0.2520 | 0.8312 | 0.7324 | 0.0317 | 0.0581 | 0.1250 | 0.2242 | 0.1116 | 0.6682 |
| H | | 0.7001 | 0.2242 | 0.1250 | 0.0096 | 0.0159 | 0.0769 | 0.0769 | | 0.8312 | 0.0876 | 0.1854 | 0.0096 | 0.8984 | 0.7324 | 0.6198 | 0.2054 | 0.1392 | 0.0704 | 0.8647 | 0.4879 | 0.7650 | 0.0298 | 0.7980 |
| MO | | 0.1544 | 0.2054 | 0.2861 | 0.8312 | 0.7324 | 0.9322 | 0.6059 | 0.8312 | | 0.5457 | 0.4444 | 0.6682 | 0.0000 | 0.7980 | 0.8305 | 0.3558 | 0.2242 | 0.8305 | 0.0159 | 0.1705 | 0.1250 | 0.2646 | 0.8647 |
| DR | | 0.7980 | 0.3807 | 0.2440 | 0.3807 | 0.3317 | 0.3317 | 0.0246 | 0.0876 | 0.5457 | | 0.2950 | 0.1705 | 0.5165 | 0.1705 | 0.0974 | 0.7001 | 0.9322 | 0.0104 | 0.4064 | 0.0671 | 0.4879 | 0.0671 | 0.5457 |
| DA | | 0.8810 | 0.2839 | 0.3660 | 0.0486 | 0.1373 | 0.0412 | 0.2624 | 0.1854 | 0.4444 | 0.2950 | | 0.0213 | 0.4444 | 0.7806 | 0.6028 | 0.6044 | 0.5890 | 0.2708 | 0.4720 | 0.1854 | 0.5292 | 0.0091 | 0.7971 |
| Poro | | 0.2861 | 0.0499 | 0.0298 | 0.0159 | 0.0096 | 0.0037 | 0.0992 | 0.0096 | 0.6682 | 0.1705 | 0.0213 | | 0.7001 | 0.7324 | 0.7476 | 0.2054 | 0.6059 | 0.0171 | 0.8984 | 0.7324 | 0.6368 | 0.0424 | 0.3317 |
| C | | 0.2054 | 0.3317 | 0.3558 | 0.7650 | 0.9322 | 0.7980 | 0.5457 | 0.8984 | 0.0000 | 0.5165 | 0.4444 | 0.7001 | | 0.7001 | 0.7971 | 0.2646 | 0.2440 | 0.8641 | 0.0199 | 0.2054 | 0.1392 | 0.3085 | 0.6682 |
| K | | 0.8984 | 0.9322 | 1.0000 | 0.5165 | 0.3317 | 0.3085 | 0.0246 | 0.7324 | 0.7980 | 0.1705 | 0.7806 | 0.7324 | 0.7001 | | 0.0237 | 0.1250 | 0.2861 | 0.2220 | 0.1250 | 0.5165 | 0.2646 | 0.8647 | 0.9322 |
| Na | | 0.8810 | 0.8305 | 0.9149 | 0.1768 | 0.7640 | 0.9319 | 0.2520 | 0.6198 | 0.8305 | 0.0974 | 0.6028 | 0.7476 | 0.7971 | 0.0237 | | 0.0656 | 0.2839 | 0.2247 | 0.4720 | 0.4175 | 0.3786 | 0.7476 | 0.6044 |
| Mg | | 0.7980 | 0.5457 | 0.4328 | 0.1875 | 0.6059 | 0.6368 | 0.8312 | 0.2054 | 0.3558 | 0.7001 | 0.6044 | 0.2054 | 0.2646 | 0.1250 | 0.0656 | | 0.0358 | 0.5890 | 0.4064 | 0.4328 | 0.0992 | 0.6059 | 0.1705 |
| Ca | | 0.5457 | 0.4064 | 0.2861 | 0.2646 | 0.6682 | 0.8312 | 0.7324 | 0.1392 | 0.2242 | 0.9322 | 0.5890 | 0.6059 | 0.2440 | 0.2861 | 0.2839 | 0.0358 | | 0.6511 | 0.1250 | 0.3558 | 0.0424 | 0.9322 | 0.7324 |
| P | | 0.3178 | 0.0610 | 0.0412 | 0.2839 | 0.1163 | 0.0610 | 0.0317 | 0.0704 | 0.8305 | 0.0104 | 0.2708 | 0.0171 | 0.8641 | 0.2220 | 0.2247 | 0.5890 | 0.6511 | | 0.6828 | 0.6511 | 0.6828 | 0.2220 | 0.0805 |
| N | | 0.0581 | 0.3085 | 0.2054 | 0.8312 | 0.6059 | 0.3317 | 0.0581 | 0.8647 | 0.0159 | 0.4064 | 0.4720 | 0.8984 | 0.0199 | 0.1250 | 0.4720 | 0.4064 | 0.1250 | 0.6828 | | 0.1250 | 0.0298 | 0.2646 | 0.8647 |
| MOL | | 0.1544 | 0.6059 | 0.5165 | 0.8647 | 0.8312 | 0.7980 | 0.1250 | 0.4879 | 0.1705 | 0.0671 | 0.1854 | 0.7324 | 0.2054 | 0.5165 | 0.4175 | 0.4328 | 0.3558 | 0.6511 | 0.1250 | | 0.0053 | 0.0424 | 0.6368 |
| AF | | 0.0358 | 0.2242 | 0.0769 | 0.4328 | 0.9661 | 0.9322 | 0.2242 | 0.7650 | 0.1250 | 0.4879 | 0.5292 | 0.6368 | 0.1392 | 0.2646 | 0.3786 | 0.0992 | 0.0424 | 0.6828 | 0.0298 | 0.0053 | | 0.3558 | 0.3085 |
| H.1 | | 0.7980 | 0.8312 | 0.4879 | 0.0298 | 0.2054 | 0.1544 | 0.1116 | 0.0298 | 0.2646 | 0.0671 | 0.0091 | 0.0424 | 0.3085 | 0.8647 | 0.7476 | 0.6059 | 0.9322 | 0.2220 | 0.2646 | 0.0424 | 0.3558 | | 0.7980 |
| AH | | 0.5755 | 0.6682 | 0.3807 | 0.8984 | 0.8647 | 0.6368 | 0.6682 | 0.7980 | 0.8647 | 0.5457 | 0.7971 | 0.3317 | 0.6682 | 0.9322 | 0.6044 | 0.1705 | 0.7324 | 0.0805 | 0.8647 | 0.6368 | 0.3085 | 0.7980 | |

Remarque :

- Quand le coefficient de corrélation « r » est positif (+) c'est que les paramètres couples sont positivement corrélés (liés) : augmentent ensemble ou diminuent ensemble.
- Quand le coefficient de corrélation « r » est négatif (-) c'est que les 2 paramètres couples sont négativement corrélés (liés) : l'un augmente l'autre diminue.
- Quand $p \leq 0,05$, ça veut dire que cette relation entre les deux paramètres est significative.
- Quand $p \leq 0,01$, ça veut dire que cette la relation entre les deux paramètres est très significative.
- Quand $p \leq 0,001$, ça veut dire que cette la relation entre les deux paramètres est très hautement significative.

- **L'analyse en composantes principales (ACP)**

Les résultats de l'analyse en composantes principales sont illustrés dans la Figure 22.

Les graphiques issus de l'analyse factorielle, mettent en évidence des regroupements, des oppositions et des tendances unidirectionnelles. L'axe 1 exprime (31.7%) de la variance totale, l'axe 2 exprime (28.8%) de la variance et l'axe 3 exprime (13,7%).

- **En fonction de la Station**

- La station 1 est caractérisée surtout par un taux élevé de SG, Poro, pH.E, pH.K, MOL, N, C, AF, P, DA C.E, et très faible en H, H.1, DR, SF, L, A, MO, Ca.
- La station 2 est caractérisée surtout par un taux élevé de H1, DR, SF, L, A, SG, Poro, pH.E, pH.K, MOL, N, C, AF, P, DA C.E, et très faible en H, H.1, DR, SF, L, A, MO, Ca.
- La station 2 est caractérisée surtout par un taux élevé de AH et MOL et faible en H.1, Na, Mg, K.

- **En fonction de la Profondeur**

- Les couches superficielles (0-30 cm) sont caractérisées par un taux élevée de MOL, N, C, MO, A, L, SF, C.E, pH.K mais ces couches sont faible en AF, H.1, SG
- Les couches superficielles (30-60 cm) sont caractérisées par un taux élevée de MOL, N, C, MO, A, L, SF, C.E, pH.K mais ces couches sont faible en AF, H1, SG
- Les couches superficielles (60-90 cm) sont caractérisées par un taux élevé de Mg, Na, K et des taux faibles de AF et H1.1

- **La classification ascendante hiérarchique (CAH)**

Selon la qualité édaphique, le dendrogramme tronqué (Fig.23) a permis de distinguer 4 types du sol (groupe) dans les stations étudiées :

Groupe 1 : type de sol caractérisé par les propriétés de la couche superficielle (0-30cm) des stations 1 et 3

Groupe 2 : type de sol caractériser par les propriétés des couches intermédiaires (30-60 cm) des stations 2 et 3.

Groupe 3 : type de sol caractérisé par les propriétés des couches profondes (30 - 90 cm) de la station 1.

Groupe 4 : type de sol mélange caractérisé par les propriétés des couches profondes (30-90 cm) de la station 1 et 3.

Ces résultats s'alignent bien avec l'analyse en composantes principales des caractéristiques édaphiques dans les stations d'étude.

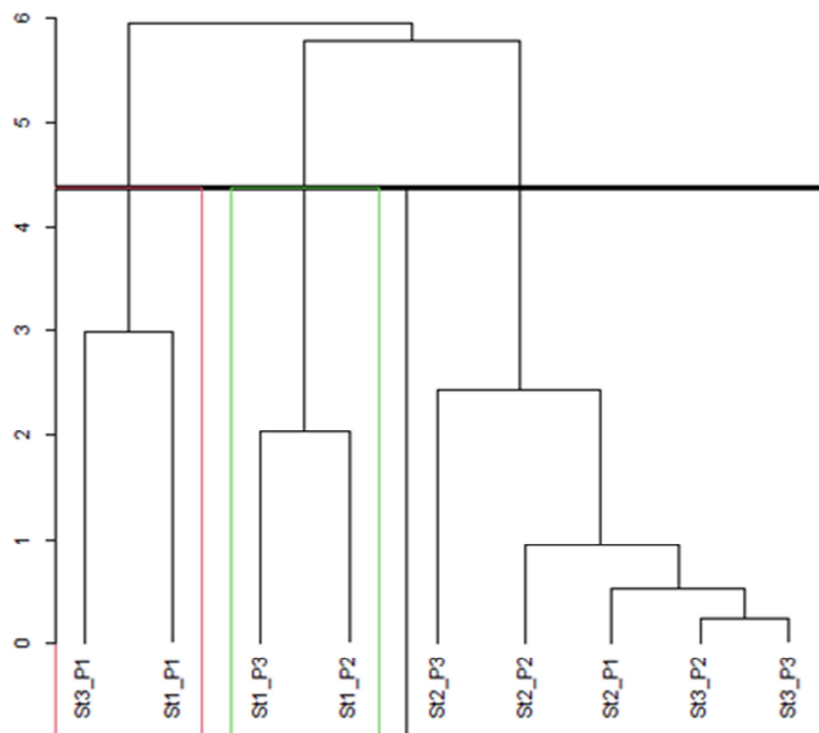


Figure 23 : Résultats de la classification hiérarchique descendente.

Chapitre V : Relations sols- végétations.

Chapitre V : Relations sols-végétations.

1. Sol-végétation.

Cette relation sol-végétation dans la péninsule d'Edough (nord-est de l'Algérie) peut être déterminée en analysant les propriétés des sols qui sont directement influencées par le climat, la végétation et la topographie, à savoir la teneur du sol, la matière organique et le développement des réactions du sol. La péninsule Édough se caractérise par une humidité élevée (1 000 mm). Il se caractérise par la présence des plus belles forêts de chênes-lièges (*Quercus suber*) et de chênes zen (*Quercus canariensis*), avec des roches d'origine siliceuse fournissant des sols acides pour la foresterie. C'est une excellente région de chênes-lièges. Edough est caractérisé par la présence de châtaigniers (*Castanea sativa*) (Toubal-Boumaza 1989). Selon Hamel (2013), la péninsule d'Edough (nord-est de l'Algérie) abrite de nombreuses espèces rares d'intérêt biogéographique. Selon Toubal-Boumaza (1986), les groupes de plantes sont disposés en trois stades de végétation, ordonnés de bas en haut comme suit :

- Plaine thermo-méditerranéen : nettement thermophile.

Caractérisé par l'Oléo-lentisque à Caroubier (0 à 500m), avec espèces principales sont :

- Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), caroubier (*Ceratonia siliqua*), olivier (*Olea europaea*), palmier nain (*Chamaerops humilis*), laurier-rose (*Nerium oleander*), l'épiaire des brisants (*Prasium majus*).

- Plaine méso-méditerranée (500-800 m) combinant chênaies pérennes de chênes-lièges et groupes climatiques de pins maritimes.

Les espèces représentatives sont :

chêne-liège (*Quercus suber*), pin maritime (*Pinus pinaster*), chêne Zen (*Quercus Canariensis*), fougère (*Pteris aquilina*), cerisier de montagne (*Cerasus avium*), cytise (*Cytisus triflorus*), bruyère arborescente (*Erica arborea*), lavande (*Lavandula stoechas*), arbousier (*Arbutus unedo*), filaire (*Phillyrea media*), daphné (*Daphne gnidium*), myrte (*Myrtus communis*).

- Plaine subméditerranéenne, dans la chênaie caducifoliée à chêne-zen au-dessus de 800 mètres d'altitude, on trouve également :

Chapitre V : Relations sols-végétations.

Châtaignier (*Castanea sativa*), houx (*Ilex aquifolium*), aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), aubépine (*Viburnum tinus*), aubépine (*Crataegus monogyna*)

Les limites entre les étages ne sont pas claires. Il existe des zones d'intervention où les espèces coexistent et répondent à des conditions écologiques similaires. On a des forêts du chêne-liège avec du chêne zen et du chêne-liège avec le pin maritime.

La répartition de la végétation s'effectue en fonction des conditions écologiques locales, telles que l'altitude, la topographie, le substrat, le bioclimat et le sol. L'étude des inventaires végétaux de divers groupes permet de déterminer l'impact du sol sur la végétation. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 25 : Tableau représentatif des résultats morpho-analytiques de la forêt de l'edough.

| Coordonnées des stations | Inventaire floristique |
|--|---|
| profil N : 01. Lieu : Sidi djemil Roche mère : grès de Numidie Altitude : 524 m | Chêne liège (<i>Quercus suber</i>), pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>), bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>), l'arbousier (<i>Arbustus unedo</i>), le cyprès d'atlas (<i>Tetraclinis articulata</i>), Genista(<i>Genista ferox</i>), la ronce a feuilles d'orme(<i>Rubus ulmifolius</i>), le myrte(<i>Myrtus communis</i>), calicotome velu (<i>Calicotome villosa</i>) calicotome épineux (<i>Calicotome spinosa</i>), le ciste femelle(<i>Cistus salviifolius</i>) |
| profil N : 02. Lieu : Sidi djemil Roche mère : gneiss Altitude : 559 m | Chêne liège (<i>Quercus suber</i>), pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>), bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>), l'arbousier (<i>Arbustus unedo</i>), le cyprès d'atlas (<i>Tetraclinis articulata</i>), Genista(<i>Genista ferox</i>), la ronce a feuilles d'orme(<i>Rubus ulmifolius</i>), le myrte(<i>Myrtus communis</i>), calicotome velu (<i>Calicotome villosa</i>) calicotome épineux (<i>Calicotome spinosa</i>), le ciste femelle(<i>Cistus salviifolius</i>) |

| | et le sillagène |
|---|--|
| profil N : 03. Lieu : Sidi ghdir Roche mère : gneiss. Altitude : 572 m | Chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>), Chêne liège (<i>Quercus suber</i>), fougère male (<i>Dryopteris filix-max</i>), la ronce à feuilles d'orme (<i>Rubus ulmifolius</i>), le myrte (<i>Myrtus communis</i>), le cytise |
| profil N : 04. Lieu : Sidi ghdir Roche mère : gneiss. Altitude : 616 m | Chêne liège (<i>Quercus suber</i>), Chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>), l'arbousier (<i>Arbustus unedo</i>), le pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>), la filaire (<i>Phillyrea angustifolia</i>), le daphné garou (<i>Daphne gnidium</i>), la bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>), c'est la strate la plus diversifié |
| profil N : 05. Lieu : Ain amara Roche mère : grés de Numidie. Altitude : 649 m | chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>), pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>), la bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>) et le cytise. C'est la strate la plus pauvre à la végétation. Possède une couche de litière importante. |
| profil N : 06. Lieu : Ain amara Roche mère : gneiss Altitude : 727 m | chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>), la bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>), le pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>), le cytise, la fougère male (<i>Dryopteris filix-max</i>), aussi la présence des lichens et couche de litière importante. |

L'analyse de ce tableau est tout à fait conforme à la réalité du terrain. En effet, la forêt d'Edough est principalement composée par la subéraie et la zeenaie, et ces deux populations partagent le même substrat et une flore diversifiée, avec des stades de dégradation et d'intégration différents. Bien que les facteurs climatiques jouent également un rôle, le chêne

zen prédomine dans les endroits les plus froids, souvent à des altitudes plus élevées. Pendant ce temps, dans la station ventilée, il est remplacé par un chêne-liège et est bien exposé.

2. Discussion.

Les descriptions morphologiques et les résultats d'analyse de différents profils révèlent cette association. Les facteurs déterminants de la différenciation des sols sont des facteurs de formation et d'évolution. La formation du sol est influencée par différents éléments tels que la roche mère, le climat et la nature de la couverture végétale.

Les roches mères des sites étudiées sont composées principalement de gneiss et de grès résiduels. La déformation du gneiss forme une arène argileuse, qui est à l'origine de la texture argileuse du sol. L'altération du grès forme alors une arène de sable, qui est à l'origine de la structure sableuse. Les zones argileuses représentent souvent des zones barrières à la diffusion des matières hydrosolubles et en suspension transportées par l'eau au sein du profil. Cela limite la perte de ces éléments, mais permet un mouvement à l'intérieur du profil. Les espèces végétales et la biomasse de surface sont fortement liées au climat.

Le climat de cette région est caractérisé par des précipitations très abondantes, qui jouent un rôle crucial dans l'altération des roches (l'eau de pluie pénètre dans le sol et s'infiltré dans les produits dissous (cations et anions divers). Avec des précipitations et des infiltrations abondantes, les sols ont tendance à devenir acides en raison de l'exportation de cations basiques (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) au profit de l'apport de H^+ . Les sédiments et la matière organique sont dissous et transportés par l'eau qui coule à la surface de la terre. Les mouvements de sol dus à l'érosion hydrique contribuent au réarrangement horizontal du sol, éliminant progressivement la couverture du sol sur certaines pentes, tandis que les dépressions représentent des sites de dépôt. (Samai, 2017).

Et dans ce cas, des roches mères perméables facilement modifiables et la présence d'un climat humide et chaud favorisent la création d'une végétation dense et variée.

Trois rôles de la végétation sont mis en avant par rapport à la formation des sols. Premièrement, les plantes favorisent l'altération physique du matériau d'origine par la pénétration des racines. L'incroyable pouvoir qu'exercent les racines est démontré par la façon dont elles soulèvent et déforment les routes et les trottoirs. Ensuite, la libération de H^+ lors de la décomposition des matières organiques riches en C, H et O entraîne une altération chimique du sol.

Chapitre V : Relations sols-végétations.

Finalement, la présence de matière organique dans le sol encourage la fertilité des sols, ce qui entraîne une augmentation de la densité et de la croissance des plantes. Cela accélère le processus d'altération physique et chimique. En effet, la présence de plantes joue un rôle important dans la formation de strates dans le profil du sol. (Morschel, 2008).

L'influence de la topographie se fait sentir au niveau régional ou local. Premièrement, cela affecte le mésoclimat. Les précipitations et la température sont influencées par l'élévation et l'orientation des pentes. Cela conduit, par exemple, au contraste entre les versants nord et sud de la mer Méditerranée. En Méditerranée, les versants nord ont tendance à être plus humides en raison d'une évapotranspiration plus faible (moins d'ensoleillement direct), ce qui se traduit par une croissance des plantes et une densité du sol plus élevées dans l'environnement pour lequel la Méditerranée est connue pour son stress hydrique estival. Dans les régions froides, la tendance inverse est observée. Le facteur limitant est l'énergie, et dans ce cas les sols du versant sud sont souvent mieux développés que sur le versant nord, où la neige dure plus longtemps. En termes de précipitations, on peut noter la différence entre les versants occidentaux de la chaîne de montagnes, riches en eau, et les versants est, beaucoup plus secs. Deuxièmement, la topographie affecte les zones d'érosion et de sédimentation ainsi que le ruissellement. En conséquence, les convexités et les pentes abruptes sont érodées et l'épaisseur du sol en bas de pente augmente en raison de l'accumulation de sédiments. Enfin, la topographie influence la circulation de l'eau, en particulier (au sein du profil du sol) l'accumulation d'eau dans les zones de puits où se produisent le ruissellement et la percolation en aval. Cela engendre des conditions anaérobies où la matière organique s'accumule (formation de marécages) et dans certains cas réduction de Fe^{3+} en Fe^{2+} , formant une couche de sol gris ou vert clair (Emsellem, 2008).

Au cours du temps, le sol a la capacité de créer des couches qui reflètent les conditions de la région. Plusieurs milliers d'années sont l'échelle de temps de formation des sols. Toutefois, cela ne peut être considéré qu'en termes d'intensité des intempéries. Les effets sur des centaines de millions d'années dans un environnement aride sont moins importants que sur des centaines d'années dans un environnement humide des tropiques. En raison de l'intensité des conditions d'altération et de formation, le matériau d'origine a moins de temps pour changer et former un horizon clair. (Samai, 2017). La couverture végétale influence également le développement du sol en fournissant un apport important et persistant de matière organique sous forme de litière. L'évolution de la litière est la principale cause de la différenciation des sols dans les forêts. Les forêts de chênes sont l'un des systèmes naturels les

mieux protégés et les habitats les plus équilibrés à l'échelle mondiale. Dans la forêt d'Edough, nous avons observé trois sites à savoir : la subéraie, la zéenaie et forêt mixte.

La subéraie est essentiellement composée de *Quercus suber*, une espèce calcifuge, et se développent sur des sols arides et peu développés, en mélange à une flore dominée par les éléments suivants :

Frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*), asphodèle (*Asphodelus microcarpus*), diss (*Ampelodesma mauritanicum*), ronce à feuilles d'orme (*Rubus ulmifolius*), calycotome épineux (*Calycotome villosa*), ciste (*Cistus monspeliensis*), bruyère arborescente (*Erica arborea*), aubépine (*Crataegus monogyna*), chardon laiteux (*Galactites tomentosa*), trèfle blanc (*Trifolium repense*), Urginée maritime (*Urginea maritima*), daphnéde gnidium (*Daphne gnidium*), cyclamen (*Cyclamen africanum*), filaire (*Phillyrea tifolia*). Ce cortège de fleurs disperse une petite quantité de litière sur le sol. Car *Quercus*, comme les autres processions, est un arbre à feuilles persistantes. Le renouvellement des feuilles se produit tout au long de l'année, fournissant un approvisionnement continu en litières, qui sont rapidement dégradés par l'abondance de la flore et de la faune. En raison de la disparition rapide de litière, l'effet protecteur est perdu et le sol est exposé à des effets dégradants, notamment à l'érosion. En conséquence, les sols peu développés et très érodés avec une faible teneur en matière organique souterraine sont courants.

La zone de transition entre subéraie et Zéenaie est une forêt mixte. Il a été observé que le sol était enrichi par une quantité significative de litière, principalement composée de débris organiques provenant du chêne de Zeen. Une accumulation de ces substances à la surface du sol résulte d'un ralentissement de l'activité biologique qui peut être inhibé par le froid hivernal. Le sol obtenu est une terre forestière brune peu développée (lessivée). Le froid détruit les chênes-lièges dans les hautes terres et les remplace par le chêne de Zen (*Quercus canariensis*). En hiver, le chêne Zen perd ses feuilles, nourrissant le sol d'une abondante litière de feuilles, les températures sont très basses (proches de zéro) et toute activité biologique a été bloquée. La litière est lavée et le sol est enrichi en produits hydrosolubles. Avec l'amélioration des conditions climatiques, l'activité biologique s'est renforcée et les feuilles mortes ont commencé à se décomposer, fournissant au sol une grande quantité de matière organique, dont de l'humus. Dans ce type d'environnement, la décomposition de litière est incomplète. La distinction entre trois couches de litière facilite l'accumulation à la surface du sol.

Chapitre V : Relations sols-végétations.

Le sol est très riche en matière organique et est bien protégé des effets érosifs de la pluie par une couche de litière de feuilles. On assiste à la formation de terres brunes lessivées.

En résumé, Il est possible de distinguer trois types de couvert végétal, chaque situation correspondant un type de sol. C'est comme cela que nous nous distinguons.

Sol sous la forêt de chênes lièges est peu développé.

Sol brun érodé sous forêt mixte.

Sol forestier brun sous la forêt de chêne Zen.

Conclusion et perspectives.

Conclusion et perspectives.

Conclusion et perspectives.

Cette étude a été menée dans le nord-est de l'Algérie. La forêt d'Edough (Seraidi) se caractérise par un terrain vallonné, allant de 800 à 1 008 m d'altitude, et est principalement en pente. Cette situation est justifiée par le milieu montagnard, où le relief est généralement constitué de roches plus ou moins nues ou est dominé par des forêts denses de chênes lièges et de chênes zeen.

Le but de cette étude permet d'évaluer la matière organique et de caractériser les propriétés physico-chimiques des sols de la péninsule d'Edough, ainsi de déterminer la relation sol-végétation dans cette forêt humide. À partir des inventaires végétaux réalisés, nous avons identifié l'existence de trois types forestiers, chacun présentant des caractéristiques écologiques distinctes des autres. Le premier est un maquis de chênes-lièges bas avec une végétation bien développée, et il est peu dévasté par le feu. La deuxième forêt est une forêt dense de chênes zen avec une matrice de plantes spécifiques, et la troisième est une forêt mixte de transition (chêne-liège et chêne zeen).

Les résultats de l'analyse morphologique des sols montrent une homogénéité physique à toutes les stations avec une texture argileuse (argileuse à argilo-limoneuse) dont la présence influence directement la porosité du sol (faible) et l'humidité. La chimie de ces sols indique qu'ils sont acides à très acides et que leur conductivité électrique n'est pas élevée. Le taux de matière organique était supérieur à 4% dans toutes les stations, ce qui explique la richesse en matière organique de la forêt d'Edough. Cette dernière joue un rôle crucial dans le fonctionnement global des écosystèmes forestiers, notamment dans les activités biologiques et les diverses réactions des complexes d'adsorption. Ce dernier est fortement saturé en raison de la présence des ions provenant de l'altération de la roche mère en très grandes quantités, permettant la formation d'un couvert végétal riche et diversifié. Ce couvert végétal contrôle le développement des sols grâce à un apport important et soutenu de litière.

Tous ces résultats ont montré qu'il existe une grande diversité de sols tels que : Sol forestier brun sous forêt de chênes de zeen et sol brun érodé sous forêt mixte. Il existe une relation étroite et claire entre la production de biomasse végétale et la fertilité des sols, dans la mesure où cette dernière représente un milieu de vie et un support végétal. Cette dernière joue un rôle majeur dans la différenciation morphologique des sols.

Conclusion et perspectives.

Cette riche forêt doit donc être préservée de la destruction, en particulier des incendies, de la déforestation et du surpâturage.

Nous recommandons d'effectuer des contrôles réguliers et stricts au moins une fois par an pour protéger cet écosystème des attaques.

Références bibliographiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques.

Abiven S., 2004 : Relation entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et l'évolution de la stabilité structurale du sol. L'agro compagne. Rennes. INRA.262p.

Albaladejo J., Castillo V et Diaze E., 2000 : Soil loss and runoff semiarid land as amended with urban solid refuse. Land Degradation and Development 11: 363-373.

An, S., 2012 : Characterization of bacterial diversity in three oligotrophic environments using high-throughput sequencing technology [en ligne]. Thèse de doctorat : Microbiologie. Paris : Université Paris Sud – Paris XI, 190 p.

Annabi M., 2001 : Effets des apports d'origine urbaine sur les propriétés physiques des sols limoneux. Thèse de doctorat INA, Paris, 122p.

Annabi, M. 2005 : Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: relation avec les caractéristiques de leur matière organique. Thèse de doctorat de l'INA-PG. 268p.

Annabi M., Houot S., Francou C., M., Poitrenaud M., Le Bissonnais., 2007 : Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. Soil Sci. Soc. Am. J., 71:413-423.

Anonyme 01 : (Source <http://map.google.fr>.200).

Baize D. et Jabiol B., 1995: Guide pratique de la description des sols. Ed. INRA, Paris, 375p.

Baize, D., Jabiol, B., 2011 : Guide pour la description des sols. Editions Quae.

Baldock J.A., Nelson P.N., 2000 : Soil organic matter, p. 25-84. In Handbook of soil science. M. E. Sumner (Eds.), CRC Press, USA.

Barriuso E., 1985 : Caractérisation des fractions organo-minérale et des constituants humiques d'un sol de pelouse sub-alpine thèse Doctorat. Université. De Nancy.

Beauchamp J., 2008 : Propriétés des sols, Cours pédologie, Université de Picardie Jules Verne.

Références bibliographiques

Benabid A., 1989 : Ecologie, conservation et restauration des subéraies. Formation continue à l'ENFI.

Ben Amara O., 2007 : contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de la litière du chêne liège de la région d'El-Kala. Mémoire d'ingénieure d'état en écologie et environnement. Université d'Annaba.

Benslama-Zanache H., 1998 : Contribution à l'étude de la diversité des microorganismes (champignons saprophytes des sols du complexe humide d'El-Kala, Nord-Algerien). « Cas des station d'El-Khoubzi, Righia et Lac Noir ».

Benslama., 2016 : Cours d'écopédologie 3ème année Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar. Annaba.

Benslama M., 2018: Cours Fonctionnement des sols Master 1 Ecologie et des Milieux Naturels. Université Badji Mokhtar. Annaba.

Berthelin J, Sadios, Guillet B, Rouiller J, 1983, 1986, 1990 : Altération expérimentation de minéraux argileux di et tri octaédriques dans un podzol et dans un sol brun acide. « In pédologie des altérations et des sols ».Ecol. int. C.N.R.S. Paris. Sciences géologiques. Mémoire. N°71, vol I ,13-23.

Berthelin, J., et Leyval, C., 2000 : Contamination des milieux par les éléments en traces. Les conséquences sur les sols et les eaux superficielles. C.R. Agric. Fr., 86, 25-37.

B.N.D.E.F 1990: Procés verbal d'aménagement de la forêt domaniale de l'Edough.

Bonins., 2006 : Connaissance des sols - Introduction à la pédologie.21p.

Bonneau M, et Souchier B, 1994 : Pédologie 2 : constituants et propriétés du sol. Ed. Masson.

Boudjemaa S., 2007 : contribution à l'étude des propriétés des sols de la région d'Annaba. Mémoire d'ingénieure d'état en écologie et environnement. Université d'Annaba.

Bronick C.J. & Lal R., 2005 : Soil structure and management: A review. Geoderma 124(1-2), 3-22.

Bruand A., Duval O., Gaillard H., Darthout R., Jamagne M., 1996 : Variabilité de rétention en eau des sols: importance de la densité apparente. Etude et gestion des sols, 3(1) : 27-40.

Etude des relations sols-végétations dans la péninsule de l'edough.

Références bibliographiques

Bruguier O., Hammor D., Bosch D., Caby R., 2009 : Miocene incorporation of peridotite into the Hercynian basement of the Maghrebides (Edough massif, NE Algeria): Implications for the geodynamic evolution of the Western Mediterranean, *Chemical Geology*, 261 : 172– 184.

Busby, R.R., Allen, T.H. & Gebhart, D.L., 2007 : Carbon and nitrogen mineralization of noncomposted and composted municipal solid waste in sandy soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 39 : 1277-1283.

Calvet R., 1982 : Une diagnose de la végétation méditerranéenne basée sur le critère d'évapotranspiration. *Ecologia Mediterranea*, 8 : 49-58.

Calvet R., 2000 : Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France), 83-90.

Calvet R., 2003 : Le Sol propriétés et fonction: Tom I et II. Ed Dunod.

Camusard J.P., 2009 : Le sol, un milieu complexe au pouvoir épuratoire limité. ENGREF Paris.

Carpenter Boggs L., Kennedy A.C. & Reganold J.P., 2000: Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Science Society of America Journal* 64: 1651-1659.

Chabalier P F., Van de kerchove V., macary H S., 2006 : Le Guide de la fertilisation organique à La Réunion. Chambre d'Agriculture de La Réunion & CIRAD, La Réunion, 304p.

Chang R., 2016 : *General Chemistry : The Essential Concepts*. McGraw-Hill Education.

Chen Y., Nobili M.D., and Aviad T., 2004 : Stimulatory effects of humic substances on plant growth, p. 103-130. In: *Soil organic matter in sustainable agriculture*, Mafdooff F., and Weil R.L. (Eds.), CRC press LLC, USA.

Chenu C., Le Bissonnais Y., and Arrouays D., 2000 : Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1479-1486.

Chouahda S., 2016 : Résilience des écosystèmes forestiers du nord-est algérien après incendie : Cas des subéraies. Thèse de doctorat. Spécialité : Ecologie Animale. Université Badji Mokhtar, Annaba- Algérie.

Références bibliographiques

Christensen, B.T., 2001 : Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, 52 : 345-353.

CGDD, 2015 : Le point sur l'occupation des sols en France, L'occupation des sols en France : progression plus modérée de l'artificialisation entre 2006 et 2012.

Citeau L., Bispo A., Bardy et King D., 2008 : Gestion durable des sols. Edit. Quae, 336p.

Clement M., Pieltain F., 2003 : Analyse chimique du sol. Edition TEC & DOC, 382p.

Coppens, F., Garnier, P., Findeling, A., Merckx, R. & Recous, S., 2007 : Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: Modelling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. *Soil Biology & Biochemistry*, 39 : 2339-2350.

CRA-LR., 2011 : Les matières organiques du sol. In: Les Produits Organiques Utilisables En Agriculture En LanguedocRoussillon - Tome 1. 17-28.

Craswell E.T. & Lefroy R.D.B., 2001 : The role and function of organic matter in tropical soils. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 61, 1-5.

Dahmani M., 1997 : Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie, phytosociologie et dynamique des peuplements. Thèse doct. ès-sciences. Univ. Houari Boumediene. Alger. 329p.

Damay N et Julien JL., 1995 : Les indicateurs du statut acido basique des sols. « Station agronomique de l'Asine ».

Dajoz R., 1985 : Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris. 505p.

Dajoz R., 2000 : Précis d'écologie. Ed. DUNOD. Paris. 542p.

De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002 : A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecol. Econ.* 41, 393-408.

Delcour F., 1981 : Initiation à la pédologie, Fac, Sc, Agron. Gembloux 78p.

Dexter A.R., 1988 : Advances in characterization of soil structure. *Soil & Tillage Research*, 11 : 199-238.

D.G.F., 2002 : Rapport sur le dépérissement du chêne-liège. Conservation des forêts de Guelma. 1-4 p.

Etude des relations sols-végétations dans la péninsule de l'edough.

Références bibliographiques

DGRF., 2006 : Vitalité des peuplements de chênes- liège et chênes verts: Situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre. Actes du colloque en Portugal «Association international forets Méditerranéennes».

Dominati, E., Patterson, M., Mackay, A., 2010 : A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecol. Econ.* 69, 1858–1868.

Donadieu P., 1985 : Géographie et écologie des végétations pastorales méditerranéennes - Doc. Ronéo. 97 p.

Drouet T., 2010 : Pédologie. 137p.

Duchaufour Ph., 1968 : l'évolution des sols : essai sur la dynamique des profils .Masson et Cie éditeurs, 93p.

Duchaufour Ph., 1970 : Humification et écologie. Cahiers Orstom, Série. Pédologie, vol. VIII, no 4.

Duchaufour Ph., 1983 : Introduction à la science du sol - Sol, végétation, environnement, 6ème édition, DUNOD, Paris, 483p.

Duchaufour Ph., 1984 : Abrégé de pédologie. E D. Masson ; Paris 317 p.

Duchaufour Ph., 1995 : Pédologie : sol, végétation, environnement. Ed. Masson ; Paris 317 p.

Duchaufour Ph., 2001 : Introduction à la science du sol, végétation, environnement, 6ème édition l'abrégé de pédologie Ed. Masson. 331p.

Duchaufour Ph and Jacquin F, 1966 : New research on the extraction and fractionation of humic compounds. *Bulletin E.N.S.A- Nancy.*, 8 :3-24.

Duplessis J., 2002 : Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique, NOVA Envirocom, Québec. 110 p.

Duprarque A, Rigalle P., 2011 : Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.

Duthil R., 1970 : Eléments d'écologie et d'agronomie Ed. JB Baillière et fils. Paris sunad.

Références bibliographiques

Ekschmitt, K., Liu, M., Vetter, S., Fox, O. & Wolters, V, 2005 : Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability - why is dead organic matter left over in the soil? *Geoderma*, 128 : 167-176.

El Arfaoui Benaomar A., 2010 : Etude des processus d'adsorption et de désorption de produits phytosanitaires dans des sols calcaires, Thèse de doctorat de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, Ecole Doctorale Sciences, Technologies et Santé, Discipline : Chimie de l'environnement.

Emberger L., 1930 : La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.* 42 : 641-662.

Emberger L., 1939 : Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Veroff. Geobot. Inst. Rübel Zurich.* 14 : 40-157.

Emberger L., 1955 : Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. G,ol. Bot. et Zool., Fac. Sc. Montpellier*, 7 : 1-43.

Emberger L., 1952 : Sur le quotient pluviothermique. *C. R. Académie des Science*, 234 : 2508-2510.

Emberger L., 1966 : Réflexions sur le spectre biologique de Raunkiaer. *Mém. Soc. Bot.Fr.*, 24 : 56-85.

Emberger L., 1971 : Considérations complémentaires au sujet de recherches bioclimatiques et phytogéographiques écologiques. In : *Travaux de botanique et d'écologie*. Paris, Masson, 291-301.

Emberger L., 1971 : *Travaux de botanique et d'écologie*. Ed. Masson. Paris. 520p.

Emsellem K., 2008 : les relations entre les systèmes de peuplement (villes, campagnes, mobilités), les territoires qu'ils occupent (Arc méditerranéen et Europe de l'Est), et les politiques de gestion et d'aménagement de l'espace (rapports de pouvoirs, politiques contraintes, etc. Maître de Conférences en géographie humaine à l'Université de Nice Sophia Antipolis, et spécialiste de géographie régionale et d'aménagement du territoire.

Falinirina M.V., 2010 : Valorisation en agriculture des apports organiques contenus dans les déchets urbains: qualité des matières organiques et service écosystémique. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole supérieure des sciences agronomiques Antananarivo. 162p.

Etude des relations sols-végétations dans la péninsule de l'edough.

Références bibliographiques

FAO, 1999 : Situation des forêts du monde. Rapport sur les forêts africaines : une vision pour 2020. Division de l'information. FAO. Rome. Italie.

FAO., 2008 : La sequestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des sols. FAO, département du développement durable.

Faugier A., 2010 : Diversité bactérienne des sols : accès aux populations à effectifs minoritaires "the rare biosphere". Autre. Ecole Centrale de Lyon, thèse de doctorat. Français.173p.

Franzluebbers A.J., Haney R.L., Honeycutt C.W., Arshad M.A., Schomberg H.H., Hons F.M., 2001 : Climatic influences on active fractions of soil organic matter. Soil Biol. Biochem., 33:1103-1111.

Ghanjati S and Benmrabet D, 2018 : Study of the physico-chemical quality of underground water sources in the municipality of Seraidi-W. Annaba. Master memory. Hydraulic sector. Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria.

Garnier S, Toutain F, Vilemin F, et Renoux J., 1988 : Transformation de la matière organique sous l'action termite, macro-termite mulleri (Sjostedt) et de son champignon symbiotique can. J. Microbiol. 34, p 1247- 1255.

Girard M-C., Escadafal R., 2005 : Sols et Environnement, 2ème édition, Editions DUNOD, 2005.

Girard, M.-C., Schvartz, C., Jabiol, B., 2011 : Étude des sols : description, cartographie, utilisation. Dunod.

Girard, M.-C., Walter, C., Rémy, J.-C., Berthelin, J., Morel, J.-L., 2011 : Sols et environnement-2e édition. Dunod.

Giva G., 2011 : Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon : Guide technique en 2 volumes. Chambre d'agriculture Languedoc-Roussillon, LanguedocRoussillon, P198.

Gobat J.M., Aragno M. & Matthey W., 1998: Le sol vivant, bases de pédologie, biologie des sols. 1er édition revue et argumentée, 819 pages. Gobat J, Aragno M & Matthey W. 2003. Le sol vivant, second edn. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Références bibliographiques

Gobat, J.M., Aragno, M. and Matthey, W., 2003 : Le sol vivant - Bases de pédologie – Biologie des sols. 2e éd. Col. Gérer l'Environnement, Presse Polytechniques et Universitaires de Lausanne. 568 p.

Gobat, J., Aragno, M., Matthey, W., 2010 : Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. Ed Presses Polytechniques et Universitaires Romandes 3ème éd., 817 p.

Gourbiere., 1981 : Vie et décomposition des aiguilles de sapin (*Abies alba* Mill). Etude de microflore fongiques associées. Thèse de Doctorat d'Etat Université. Claud Bzrnard- Lyon, France. 157 p.

Grosbellet C., 2008, Evolution et effets sur la structuration du sol de la matière organique apportée en grande quantité. Thèse de doctorat, Université d'Angers, 237p.

Hadjdaj K, 2017 : « Etude de la productivité du thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata* (VAHL) Masters) dans l'ouest Algérien dans la perspective de développement durable ». Thèse de doctorat. Département des ressources forestières. Université : Boubaker Belkaid, Tlemcen-Algérie.

Hamel T., 2013 : Contribution à l'étude de l'endémisme chez les végétaux vasculaires dans la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, (Algérie). 338p.

Hamel T., Seridi R., de Bélair G., Slimani R. & Babali B., 2013 : Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien), *Revue Synthèse des Science et de la Technologie*, 26 : 65-74.

Hiraoka H., Misra R. V et Roy R. N., 2005 : Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, FAO, Rome, 51p.

Huber, G et Schaub, C., 2011: La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation, Chambre d'agriculture. Bas-Rhin. 46 p.

Hubert F., 2008 : Modélisation des diffractogrammes de minéraux argileux en assemblages complexes dans deux sols de climat tempéré. Implication minéralogique et pédologique, Thèse du doctorat, Université de Poitiers, Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées.

Inra, 2009 : Le Sol, Editions Quae, janvier 2009.

Références bibliographiques

- ISO, 2015. Norme NF ISO 11074 Qualité du sol - Vocabulaire [WWW Document].
- Karabi M., 2017 : Fonctionnement microbiologique des sols oasiens : cas de quelques sols de la région de Ouargla [en ligne]. Thèse de doctorat : Sciences Agronomiques. Ouargla : Université Kasdi Merbah, 221 p.
- Kaurichev I.S. ,1980 : Précis en agronomie Ed, mir.
- Ketif A., 2018 : Cours écologie des sols master II Ecologie des milieux naturels. Université Badji Mokhtar. Annaba.
- Kholladi. M.N., 2009 : Système d'aide à la classification des sols. Université Mentouri – Constantine .sols à différentes échelles d'observation. Université Joseph Fourier- Grenoble 1.
- Kilbertus G, Proth J, et Mangenot F., 1979 : Variations saisonnières de la microflore d'un sol forestier. Ann. Microbiol. Institut. Pasteur. Paris. 130 p ; 63- 77.
- Kögel-Knabner I., 2002 : The macromolecular organic composition in plant and microbial residues as input to soil. Soil Biol Biochem. 34 : 139-162.
- Koller E., 2004 : Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchet, sol, boues). Edition DUNOD Paris. 424 p.
- Ksiezopolska A., 2002 : Physico-chemical characterization of organic-mineral complexes. World Congress of Soil Science, 17th, 14-21 August 2002, Thailand.
- Laboubée C., 2007 : Retour au sol des matières organiques nécessaire a leur maintien en état en sols agricoles. Rapport de stage, institut de végétale, Arvalis.
- Lahwel N., 2008 : Caractérisation de la matière organique dans les écosystèmes forestiers dans la région du littoral Mostaganémois (Oranie). Mémoire de magister, spécialité : écobiologie, Centre universitaire Mustapha Stambouli de Mascara, Algérie, Institut des sciences de la nature et de la vie, Département de biologie.
- Laissaoui S, 2012 : Effet de la fertilité du sol sur la production en masse végétale dans la forêt de l'Edough ». Mémoire de Magister. Option : Biologie environnementale. Université Badji Mokhtar, Annaba- Algérie.
- Lambert J., 1975: Abundance classes of organic matter.

Références bibliographiques

Lavelle, P., Spain, A., 2001 : Soil Ecology [en ligne]. Allemagne : Springer Science & Business Media. 654.

LCA., 2008 : Guide pratique : comprendre et utiliser les analyses agro-environnementales.

Le Bissonnais Y., Cros-Cayot S., Gascuel-odoux C., 2002 : Topographic dependence of aggregate stability, overland flow and sediment transport. *Agronomie*, 22: 489-501.

Lehmann J. & Kleber M., 2015 : The contentious nature of soil organic matter. *Nature* 528(7580), 60–68.

Le Houérou H.N., Claudin J., Haywood M. & Donadieu J., 1975 : Etude phytoécologique du Hodna.- AGS., FAO, Rome, 154 p., 2 cartes coul. 1/200.000.

Leprettre S., Dobbels M., Mouquot PH., Garez FL., Saysset CH., Bernet J.M et Mahieu P., 2002 : Valeurs fertilisantes indicatives des engrais de ferme. CRAA, Décembre 2002. France.6p. (<http://www.landes.chambagri.fr>).

Massenet J.Y., 2013 : Propriétés physiques du sol : chapitre 4, 54p.

MEA., 2005 : Ecosystems and human well-being: Synthesis, Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC.

Medail F & Quezel P., 2003 : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Typologie des forêts méditerranéennes : 125-128.

Meridja O., 2008 : Etude de l'influence des matières organiques (paille, engrais vert) et d'un engrais (Urée) sur la dynamique de l'azote (minéralisation, pool organique) dans un sol brun calcaire de la région de Batna - Incidence sur le comportement d'une graminée fourragère 'Lolium Multiflorum' (biomasse minéralomasse). Thèse de Magister En Sciences Agronomiques. Université de Batna. 136p.

Merrouki K., Chefouh R., Boubrit B et Sidi H., 2012 : Influence de la matière organique sur la stabilité structurale et sur la conductivité hydraulique.

Morel L., 1989 : Les sols cultivés. Tech et Doc .Lavoisier, paris, 272p.

Morschel J., 2008 : Les Paysages et les Géosystèmes et en particulier sur les Parcours de recherche et méthodes employées. Maître de Conférence au Département "Géographie,

Références bibliographiques

Aménagement et Environnements Durables" (GAED) de l'UFR Espaces & Cultures de l'Université de Nice Sophia-Antipolis.

Mouassan M et Saidi N., 2015 : Impact des boues activées sur les propriétés physico-chimiques des sols des régions semi-arides. Mémoire de Master 2 : Environnement et santé publique. Université A. MIRA – Bejaia, 47 p.

Muriel F., 2007: Gestion des matières organiques dans les sols cultivés en Région wallonne : avantages agronomiques, avantages environnementaux et séquestration du carbone : Master en Sciences et Gestion de l'Environnement. Université Libre de Bruxelles, 96 p.

Mustin M., 1987 : Le composte, gestion de la matière organique. Edit. François Dubusc. Paris. 954p.

Musy A., et Soutter M., 1991 : Physique du sol. Edit. Presses polytechniquesetuniversitairesromandes. 331p.

Myres N., Mittermeier R., Mittermeier C., Fonseca G et Kent J., 2000: Points chauds de la biodiversité pour les priorités de conservation. Nature. Volume 403, pages 853-858. 24 février 2000.

Naoum J.O., 2016 : Study of bacterial populations from oligotrophic soil ecosystems using high throughput sequencing technologies [en ligne]. Thèse de doctorat : Sciences de la Vie et de la Santé. Paris : Université Paris-Saclay, 196 p.

Ndira V., 2006 : Substances humiques du sol et du compost analyse élémentaire et groupements atomiques fictifs : vers une approche thermodynamique. Th. Doc., institut national polytechnique- Toulouse. 271p.

Olson DM et Dinerstein E., 2002 : « The Global 200 : Priority Ecoregions for Global Conservation ». Annals of the Missouri Botanical Garden, 89, 2, pp. 199-224.

Ouarab A., 2017 : Effet du fumier de bovin sur l'évolution de la perméabilité de deux types de sol de texture argilo limoneuse et sableuse. Mémoire de Master 2: Sciences naturelles de l'environnement. Université Abderrahmane MIRA-Bejaia, 46 p.

Oularbi A et Zeghiche A., 2009. La sensibilité à l'érosion du massif cristallophyllien de l'Edough (Nord-est Algérien). Revue Synthèse des Science et de la Technologie, 20 : 61- 75.

Références bibliographiques

Oustani M., 2006 : Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla), Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 187p.

Pasquier L., 2010 : Guide du sol 'L'argile et Lamotte', Edition ENESAD, 111p.

Paul E.A., & Clark F.E., 1996 : Soil microbiology and biochemistry. 2nd edition. Academic Press. San Diego, California (USA), 340.

Petit J et Jobin P., 2005 : La fertilisation organique des cultures.48p.

Pierzynski G., J Thomas S et Vance G., 2005 : Soils and Environmental Quality. CRC Press, Boca Raton (USA).

Poullain P., Leklou N., BabatoundéLaibi A et Gomina M., 2017. Properties of Compressed Earth Blocks Made of Traditional Materials from Benin. Revue des Composites et des Matériaux Avancés, 29 : 233-241.

Quenea K., 2004 : Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sol d'un chrono séquence forêt/maïs (Cestas, sud-ouest de la France), Thèse de doctorat de l'université Paris VI, Spécialité : Fonctionnement physique, chimique et biologique de la biosphère continentale.

Quentin V., 2018 : Étude des paramètres abiotiques, biotiques et fonctionnels, et de leurs interactions dans des sols délaissés, Thèse de doctorat de l'université de Lorraine, Spécialité : Écotoxicologie, biodiversité, écosystèmes.

Quézel P., 1976 : Les forêts du pourtour méditerranéen; in " Forêts et maquis méditerranéen : écologie, conservation et aménagement". Notes techniques du MAB N°2, UNESCO, Paris : 10-23.

Quézel P. & Bonin G., 1980 : Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen (constitution, écologie, situation actuelle, perspectives). R.F.F. XXXII (3) : 253-268.

Quézel P., 1985 : Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora in Plant conservation in the Mediterranean area. In: C. Gomez-Campo (ed.). Plant conservation in the Mediterranean area. W. Junk Publisher, Dordrecht: 9-24.

Références bibliographiques

Quézel P. & Médail F., a. 2003 : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.

Quézel P. & Médail F., b. 2003 : Valeur phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. Forêt méditerranéenne 24 : 213-248.

Ranjard L & Richaume A., 2001 : Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. Res Microbiol. 152: 707-716.

Rasool R., Kukal S S., and Hira G.S., 2007 : Soil physical fertility and crop performance as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in rice–wheat system. Soil Tillage Res., 96:64-72.

Rasool R., Kukal S.S., Hira G.S., 2008 : Soil organic carbon and physical properties as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in maize-wheat system. Soil Tillage Res., 101:31-36.

Rihani M., 1988 : Contribution à l'étude des relations trophiques entre champignons de pourriture blanche et acariens oribat au cours du processus de biodégradation des litières forestières. Thèse Doc. Univ. Nancy I.

Rihani M, kiffer E, et Botton B., 1995 : Décomposition of beech leaf litter by microflora and mesofauna. In vitro actions of White- rot fungi on beech leaves and foliar components. Eur. J. Soil Biol.31(2) p, 57- 66.

Rivas-Martinez S., Costa M et Izco J., 1984 : Sintaxonomia de la classe Quercetea ilicis en el Mediterraneo Occidental. Not. Fitosc. 19 : 71-98.

Robert M., 1996 : Le sol : Interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Paris : Masson. 244 p.

Sahrawat K.L., 2004 : Organic matter accumulation in submerged soils. Advances in Agronomy, 81 : 169-201.

Samai I., 2007 : Evaluation et caractérisation de la matière organique dans les sols d'Annaba. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université Badji Mokhtar, Annaba.

Références bibliographiques

Samai I., 2009 : Cartographie des relations sol-végétation de la forêt d'Ouled Bechih, Souk Ahras, Mémoire de magistère en écologie et environnement, option : écologie végétale. Université Badji Mokhtar, Annaba.

Samai I, 2017 : Etude des relations sol-végétation de la chênaie d'Ouled Bechih (Souk-Ahras) « dynamique de la matière organique », Thèse de Doctorat de l'université de Annaba. Spécialité : Biologie Végétale.

Sasson A., 1967. Recherches éco-physiologique sur la flore bactérienne de sol des régions du Maroc. Série botanique et biologie végétale. Travaux de l'institut scientifique chérifien et de faculté des sciences, rabat, N°30: 27-55.

Seltezer, 1946 in Boumezbeur A, 1993 : Caractérisation de l'avifaune aquatique nicheuse de la région d'Annaba, El-Kala. Thèse de Magistère, Univ. Annaba. 56p.

Sharma H., Reddy K., 2004: Géoenvironnemental engineering site remediation, waste contaminant, and emerging waste technologies. John witey& sons, Inc., New Jersey.20p.

Siegenthaler G., 2011 : Domaine de Vens le Haut F-74910 Seyssel, France. 61p.

Soco., 2009 : Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols, Mai 2009, N°: 3, 4p.

Soltner D., 2003 : Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23ème. Ed. Paris. 472p.

Soltner D., 2005 : Les bases de la production végétale. Le sol et son amélioration. Tome I, 24ème édition; collection Sciences et techniques agricoles.

Soulas G., Codaccioni P., & Fournier J.C., 1983 : Effect of cross treatment on the subsequent breakdown of 2,4-D, MCPA and 2,4,5-T in the soil. Behaviour of the degrading microbial populations. Chemosphere, 12 (7/8): 1101-1106.

Sposito G., 1989 : The chemistry of soil, New York : Oxford University Press Inc., 277 p.

Stengel P., 1990 : Caractérisation de l'état structural du sol. Objectif et méthodes. La structure du sol et son évolution, Laon, Paris, INRA. 15-36.

Références bibliographiques

Tejada M., and Gonzalez J.L., 2008 : Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. *Geoderma*, 145(3-4):325-334.

Thomas E., 1999 : Évolution cénozoïque d'un domaine de socle : le Massif armoricain. Apport de la cartographie des formations superficielles. Thèse Univ. Rennes, 148 p.

Tomaselli R., 1976 : La dégradation du maquis méditerranéen. UNESCO, forêt et maquis : écologie conservation et aménagement. Note technique du MAB N° 2 : 35-75.

Thompson J.D, 2005 : Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press. Oxford.

Trigalet S., Chartin C., Krüger I., Carnol M., Oost K. Van & Van Wesemael B., 2017 : Soil organic carbon fractionation for improving agricultural soil quality assessment – a case study in Southern Belgium (Wallonia). *Biotechnol. Agron. Soc. Env.* 21(33), 191–200.

Toubal-Boumaza O., 1986 : Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). Cartographie au 1/25000ème. U.S.T.M. Univ. Grenoble, France. Doct. 3ème cycle. 111p.

Toutain F, 1984 : Les phénomènes de biodégradation et d'humification dans les écosystèmes forestiers tropicaux. *Bio International (special issue)* 6, 19-29.

Toutain F., 198 : L'humus forestier : structure et mode de fonctionnement. *Rev. Forest. Franç.* 32-6, p. 445-477.

Trumbore, S., 2009 : Radiocarbon and Soil Carbon Dynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37, 47–66.

Turbé, A., Toni, A. De, Benito, P., Lavelle, P., Lavelle, P., Ruiz, N., Putten, W.H. Van der, Labouze, E., Mudgal, S., De Toni, A., Benito, P., Lavelle, P.P., Ruiz, N., Van der Putten, W., Labouze, E., Mudgal, S., 2010 : Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers, Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment).

Vilain M., 1989 : La production végétale. Vol 2 : La maîtrise technique de la production. Ed. JB. Baillère.

Références bibliographiques

Vincent Q., 2018 : Étude des paramètres abiotiques, biotiques et fonctionnels, et de leurs interactions dans des sols délaissés. *Ecologie, Environnement*. Thèse de doctorat Université de Lorraine, France.

Virto I., Barré P. & Chenu C., 2008 : Microaggregation and organic matter storage at the silt-size scale. *Geoderma* 146(1–2), 326–335.

Wagai, R., Mayer, L.M., Kitayama, K., Knicker, H., 2008 : Climate and parent material control on soilorganic matter storage, dynamics, and partitioning into physical fractions in undisturbed tropicalforest soils. *Geoderma* 147, 23–33.

Wallace K.J., 2007 : Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biol. Conserv.* 139, 235–246.

Walser M, Köchli R, Walthert L, Zimmermann S et Brunner L., 2021 : Comprendre la diversité et les fonctions des sols forestiers en Suisse. Institut fédéral de recherches WSL CH-8903 Birmensdorf. ISSN 2296-4436. 68 Mai 2021.

Walter, C., Bispo, A., Chenu, C., Langlais-Hesse, A et Schwartz, C., 2014 : Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. *Cah. Dem.* 51–68.

Widmer, T.L., Mitkowski, N.A. & Abawi, G.S., 2002 : Soil organic matter and management of plant parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 34 : 289-295.

Zaoui L, 2017 : Evaluation de la pollution des sols et des eaux de la plaine de Bounamoussa et essais de dépollution, Thèse de doctorat de l'université d'Annaba.

Liste des abréviations.

Liste des abréviations.

CO₂ : dioxyde de carbone.

CH₄ : méthane.

N₂ : diazote.

NH₃ : ammoniac.

O₂ : oxygène.

H₂ : hydrogène.

P-ETP : précipitation-évapotranspiration.

N : azote.

Na : sodium.

Ca : calcium.

K : potassium.

P : phosphore.

Mg : magnésium.

C/N : le rapport carbone/azote.

MO : matière organique.

MOF : matière organique fraîche.

MOL : matière végétale légère.

AF : acide fulvique.

AH : acide humique.

P₂O₅ : pentoxyde de phosphore.

K₂O : dioxyde de dipotassium.

N₂O : protoxyde d'azote.

Ar : gaz argon.

H₂S : sulfure d'hydrogène.

RU : réserve utile.

CEC : capacité d'échange cationique.

Liste des abréviations.

CAH : complexe argilo-humique.

Q2 : Le quotient thermique de précipitation.

R : Résidu.

D_R : densité réel.

D_A : densité apparente.

Poro : porosité.

pH : potentiel d'hydrogène.

H% : humidité.

CE : conductivité électrique.

A : argile.

L : limon.

SG : sable grossier.

SF : sable fin.

St : station.

ACP : analyse en composant principale.

CAH : classification ascendante hiérarchique.