

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie de la Conservation

Thème :

Contribution à l'étude de la distribution du carbone organique
des sols au niveau
du mont Tessala (Approche toposéquentielle)

Présenté par : Melle BOUASRIA Khadidja

Melle AYED Aicha Anissa

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président : Mr. BACHIR BOUIADJRA Salah Eddine..... M.C.A. (U.D.L. SBA)

Examineur : Mr. DJELLOULI Riad.....M.A.A. (U.D.L. SBA)

Promoteur : Mme. FARAOUN Fatiha..... M.C.A. (U.D.L. SBA)

Co-Promoteur: Mr. MERABTENE Mohammed Djemel Eddine..... Doctorant (U.D.L. SBA)

Année universitaire 2019 – 2020

Session : 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Il est primordial de remercier « ALLAH » le Tout-Puissant de tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, « Madame F.FARAOUN », pour son savoir-faire, ses conseils, sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle elle a suivie et dirigé ce travail.

Nos respects et notre reconnaissance vont au président jury
Mr S.A.BACHIR BOUIAJRA, l'examineur Mr. R.JELLOULI D'avoir accepté
d'examiner ce mémoire, mais également pour sa précieuse aide ainsi que sa disponibilité à
notre égard.

Un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude en particulier.

Dédicace

Tout d'abord louange à Allah, le tout clément, le tout miséricordieux.

Et bénédiction et paix sur le dernier des prophètes, sur sa famille ses compagnons, et sur
tous ceux qui suivent sa voix.

Comme symbole d'une gratitude égale, je dédie ce modeste travail :

A mon père MILOUD qui, par son exemple constant de courage et de persévérance, m'a
appris le sens et la valeur du travail.

A ma mère qui, par son don de soi et d'amour éternel, m'a donné la force d'exister, la
volonté

D'avancer et la joie de vivre.

A mes sœurs pour leur soutien et encouragements continus.

A Djebbar Ennoaman, ma chère amie Bloufa Fatima qui ont contribuées de près ou de loin à
l'élaboration de ce mémoire

A toute la famille

Khadidja



Dédicace

Nous remercions Dieu, le tout puissant, qui nous a permis de mener à bien ce projet de fin d'études. Aucun mot ne pourra exprimer ce que je dois à ma famille ; chers parents, sœurs et frères pour leur dévouement et leurs soutiens durant toutes ces années.

A notre père qui nous a inculqué une bonne éducation et nous a inspiré le chemin de la dignité et la voie de la sagesse. A notre mère et qui a éclairé notre chemin et qui nous a encouragé et soutenu tout au long des études en veillant à notre avenir.

A nos familles et A nos collègues : pour leur soutien durant les pénibles moments de notre labeur, A toute la promotion de biologie de la conservation 2019- 2020 A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Au niveau planétaire, le sol est considéré comme le plus grand réservoir superficiel de carbone qui permet de diminuer la quantité de CO₂ présente dans l'atmosphère et d'atténuer les effets du changement climatique.

La présente étude a été réalisée au niveau du Mont de Tessala, elle vise à évaluer la variation du stock de carbone organique sur une toposéquence située sur le versant sud qui va du sommet jusqu'au piémont (à 30 cm de profondeur) sous différentes formations végétales.

Les résultats montrent que le stock de carbone organique des sols augmente de l'amont vers l'aval de la toposéquence, la moyenne la plus élevée a été estimée à 249,91t/ha pour le Tallis de chêne vert et la moyenne la plus basse a été estimée à 175,98t/ha pour la forêt de pin d'Alep et d'Eucalyptus. Nous avons pu déduire que la distribution géographique du carbone tout au long de la toposéquence serait influencée par la position de l'échantillon au niveau du versant ainsi que la pente, ce qui signifie que c'est un facteur déterminant dans la variation du stock de carbone organique.

Mots clé : stock de carbone organique, sol, Mont, Tessala, toposéquence, pente, formation végétale.

Abstract

Globally, the soil is considered as the largest surface reservoir of carbon that helps to reduce the amount of CO₂ in the atmosphere and to mitigate the effects of climate change.

The present study was carried out in Tessala Mountain , it aims to assess the variability of the organic carbon stock on a toposéquence located on the southern slope which goes from the summit to the piedmont (at 30 cm deep) under different formations of plant species.

The results show that the stock of organic carbon in soils increases from upstream to downstream of the toposéquence, the highest average value found was 249.91 t / ha , and it concerns Holm Oak Tallis species , and the lowest average one was 175.98 t / ha for the Aleppo pine forest and Eucalyptus trees . We ended up deducting that the geographical distribution of carbon throughout the toposequence would be influenced by the position of the sample on the slope as well as the slope, which means that this last one has a major effect on the variation of carbon organic stocks.

Key words: organic carbon stock, soil, Mount, Tessala, toposequence, slope, plant formation.

مُلخَص

على الصعيد العالمي، تعتبر التربة أكبر خزان سطحي للكربون الذي يساعد على تقليل كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وتخفيف آثار تغير المناخ

أجريت الدراسة الحالية في جبل تسالة ، وتهدف إلى تقييم تباين مخزون الكربون العضوي على التباين العلوي الموجود على المنحدر الجنوبي الذي يمتد من القمة إلى الأسفل (بعمق 30 سم) تحت تكوينات مختلفة من الغطاء النباتي

أظهرت النتائج أن مخزون الكربون العضوي في التربة يتزايد من أعلى إلى أسفل التكافؤ العلوي، وقد قدر أعلى متوسط لغابة البلوط طن / هكتار وأدنى متوسط بنحو 175.98 طن / هكتار لغابات الصنوبر الأوكالبتوس بنحو 249.91 الأخصر

لقد تمكنا من استنتاج أن التوزيع الجغرافي للكربون في جميع أنحاء التسلسل العلوي سيتأثر بموضع العينة على المنحدر وكذلك

المنحدر، مما يعني أنه عامل حاسم في تباين مخزون الكربون العضوي.

الكلمات المفتاحية: مخزون الكربون العضوي ، التربة ، الجبل ، تسالة ، التسلسل العلوي ، المنحدر ، النوع النباتي

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	01

Partie Première : partie bibliographique

CHAPITRE I : Généralités sur la zone d'étude.

1. Présentation de la zone d'étude.....	03
2. Situation géographique.....	04
3 .Le contexte physique.....	04
3.1. La géologie.....	04
3.2. Géomorphologie.....	06
3.2.1. Altitude.....	06
3.2.2. Exposition.....	07
3.3. La topographie.....	07
3.3.1. Les pentes.....	08
3.4. Hydrographie.....	08
3.5. Principaux types de sols.....	09
3.6. Le climat.....	11
4. La richesse floristique et faunistique.....	16

CHAPITRE II: Généralité sur le sol.

1. Définition du sol	19
2. la formation d'un dol.....	20
2.1 Les facteurs entrant en jeu.....	20

2.2 Comment se forme un sol ?.....	20
3. Les fonctions du sol.....	22
4. La biodiversité du sol.....	23
5. Les sols d’Afrique dans le contexte mondial.....	25
6. Les principaux types de sol en Afrique.....	26
7. Les principaux types de sol en Algérie.....	28

CHAPITRE III: Le carbone dans le sol.

1. Définition du carbone.....	30
2. Cycle du carbone.....	30
3. Le carbone organique du sol.....	31
4. La séquestration du cos.....	31
5. Accumulation et perte de carbone des sols.....	32
6. Le rôle des sols forestiers dans le stockage du carbone.....	34
7. Carbone organique dans les sols africains.....	34
8. Le rapport C/N.....	35
9. Méthode de calcul du sloche de carbone organique.....	36
10. Définition de la matière organique.....	36
11. Les rôles de la matière organique du sol.....	36
11.1. Le Complexe Argilo-Humique.....	36
11.2. Les fonctions des MO du sol.....	37
12. L’évolution de la matière organique.....	38
13. Les compartiments de la matière organique.....	39

CHAPITRE IV: Généralité sur la conservation du sol.

1. La biologie de la conservation.....	40
1.1. Définition de la biodiversité.....	40
1.2. Conservation de la biodiversité.....	41
2. La dégradation des sols.....	41
3. la conservation des sols.....	42

Deuxième partie : partie expérimentale

Chapitre V: Matériels et méthodes

Introduction.....	43
1. Matériels et méthodes.....	43
1.1. Matériels utilisés.....	45
1.2. Méthodologie.....	45
1.3. Géo localisation des échantillons.....	46
2. Etude pédologique.....	55
2.1. Dosage du calcaire total.....	55
2.2. Dosage du calcaire actif.....	56
2.3. Dosage du carbone organique.....	56
2.4. Mesure du pH.....	57
2.2. Conductivité électrique.....	58
2.6. Granulométrie.....	58

Chapitre VI: Résultats et discussions

1. Résultats et commentaires.....	60
2. Discussion et interprétation des résultats.....	76
Conclusion générale.....	83
Référence bibliographique	
Annexes	

Liste des abréviations

A : Argile

AFES : Association Française de l'étude des sols

C : Carbone

Ca : Calcaire actif

CAH : **Complexe** Argilo-Humique

CE : Conductivité électrique

CO₂ : Dioxyde de carbone

Ct : Calcaire totale

Da : Densité apparente

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GES : Gaz à effet de serre

Gt : gigatonne

LG : Limon Grossier

LF : Limon Fin

MO : Matière organique

MOS : Matière organique du sol

PH : Potentiel hydrique

Pg : Pictogramme

S : Sable

SCO : Stock de carbone organique

3D : Trois dimensions

E1VH : Echantillon 1 sous végétation herbacée

E1GD : Echantillon 2 sous garrigue dense

E2GD : Echantillon 3 sous garrigue dense

E1F : Echantillon 4 sous forêt de pin d'Alep et d'eucalyptus

E2F : Echantillon 5 sous forêt de pin d'Alep et d'eucalyptus

E3F : Echantillon 6 sous forêt de pin d'Alep et d'eucalyptus

E4F : Echantillon 7 sous forêt de pin d'Alep et d'eucalyptus

E1GC : Echantillon 8 sous garrigue

E1TC : Echantillon 9 sous Tallis de chêne vert

E2TC : Echantillon 10 sous Tallis de chêne vert

E3TC : Echantillon 11 sous Tallis de chêne vert

E4TC : Echantillon 12 sous Tallis de chêne vert

E5TC : Echantillon 13 sous Tallis de chêne vert

E6TC : Echantillon 14 sous Tallis de chêne vert

E7TC : Echantillon 15 sous Tallis de chêne vert

E8TC : Echantillon 16 sous Tallis de chêne vert

E1TA : Echantillon 17 sous Terre agricole

Liste des figures

N° Figure	Titre	N° page
01	Localisation géographique de la commune de Tessala	3
02	Situation géographique des monts de Tessala	4
03	Commune de tessala vue en TROIS D	5
04	Carte hypsométrique de la zone d'étude (Carte établie par le logiciel MapInfo Professional Version 6.5)	6
05	Vision du massif de Tessala en 3 dimensions (Image en MNT)	7
06	Bassin et sous bassins versants de la commune de Tessala	9
07	Carte de la principale unité pédologique des monts de Tessala	11
08	Variation des précipitations moyennes mensuelles des deux périodes [(1913-1938) et (1980-2015)] (O.N.M., 2016)	12
09	Variation des précipitations moyennes annuelles (1980-2015) (O.N.M., 2016) (DADACH, 2016).	13
10	Variation des températures moyennes mensuelles minimales et maximales (1980-2015) (DADACH, 2016)	14
11	Diagrammes ombrothermiques de la région de Tessala période (1980-2015)	16
12	Carte d'occupation des sols des monts du Tessala 2006	18
13	Les horizons du sol	22
14	les fonctions du sol (FAO, 2015).	23
15	les groupes fonctionnels du sol.	25
16	La répartition du sol dans le monde	26
17	Les principaux groups de sols d'Afrique	27
18	Les principaux types de sols en Algérie.	29
19	le cycle global du carbone et ses flux entre les quatre sphères	31
20	Cycle de séquestration (piégeage) du carbone	32
21	La quantité de carbone organique dans les premiers 100 cm du sol	35
22	Le complexe Argilo-humique	37
23	les matières organiques du sol	38
24	localisation des échantillons prélevés sur une image satellite Google Eearth	47

25	Pédopaysage sous végétation herbacée (cliché Bouasria, Ayad 2020).	47
26	Pédopaysage (E2) sous garrigue dense (cliché Bouasria, Ayad2020)	48
27	Pédopaysage(E3) sous garrigue dense (cliché Bouasria, Ayad 2020).	48
28	Pédopaysage (E4) sous foret d'eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).	49
29	Pédopaysage (E5) sous foret d'eucalyptus.	49
30	Pédopaysage (E6) sous foret d'eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).	50
31	Pédopaysage (E7) sous foret d'eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).	50
32	Pédopaysage(E8) sous garrigue clair (cliché Bouasria, Ayad 2020).	51
33	Pédopaysage(E09) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	51
34	Pédopaysage (E10) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	52
35	Pédopaysage (E11) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	52
36	Pédopaysage (E12) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	53
37	Pédopaysage (E13) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	53
38	Pédopaysage (E14) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	54
39	Pédopaysage (E15) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	54
40	Pédopaysage (E16) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).	55
41	Triangle de la texture du sol.	59

42	Histogramme représentant les taux de calcaire total des sols étudiés.	61
43	Histogramme représentant les taux de calcaire actif des sols étudiés.	63
44	Histogramme représentant les taux de carbone organique et matière organique.	65
45	Histogramme représentant le PH des sols étudiés.	67
46	Histogramme représentant la conductivité électrique des sols étudiés.	68
47	Représentation de l'ensemble des échantillons sur le triangle des textures.	70
48	Histogramme représentant la texture des sols étudiés.	70
49	Représentation des échantillons de sols sur le triangle d'érodibilité.	71
50	Représentation des échantillons de sols sur le triangle de battance.	72
51	Histogramme représentant LE SCO des sols étudiés.	75
52	variation du SCO en fonction de l'altitude.	81
53	Réaction d'effervescence	Annexe
54	calcimètre de BERNARD	
55	caco3 (Cliché BOUASRIA ET AYAD.2020).	
56	oxalate d'ammonium (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
57	solution oxalate d'ammonium (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
58	la filtration par papier filtre (cliché BOUASRIA et AYAD2020).	
59	le titrage calcaire actif (cliché BOUASRIA et AYAD2020).	
60	acide sulfurique. (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
61	Bichromate de potassium. (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
62	chauffage de la solution à la chauffe ballon (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
63	sel de MOHR (Cliché BOUASRIA et AYAD2020).	
64	titrage de la solution de Mo (Cliché BOUASRIA AYAD2020).	

65	pH mètre (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
66	Mesure de la CE au conductimètre (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
67	addition l'eau oxygénée sur les échantillons (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
68	Agitation (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
69	la sédimentation (prélèvement 1) (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).	
70	la sédimentation (prélèvement 2)	
71	la sédimentation (prélèvement 3)	
72	les échantillons après séchage (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020)	

Liste des tableaux

N° tableau	Titre	N° page
01	Classe de pentes et importance en hectare	08
02	Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s (période 1987-2003) (O.N.M., 2004)	14
03	Fréquence moyenne mensuelle des gelées (période 1985-2007) (O.N.M., 2008)	15
04	Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative (période 1985-2007) (O.N.M., 2008)	15
05	Classement des sols en fonction de leur rapport C/N (8) (LCA, 2008).	36
06	Exposition et type de formation végétale de chaque station.	44
07	Coordonnées géographique des stations d'échantillonnage en degrés décimaux	46
08	Echelle d'interprétation des carbonates de calcium (voie annexes)	56
09	Echelle d'interprétation de calcaire actif.	56
10	Echelle d'interprétation de la matière organique.	57
11	Echelle d'interprétation de PH (BIAZE D. ; 2000).	57
12	Echelle d'interprétation de la salinité en fonction de la conductivité électrique	58
13	résultats du taux de calcaire actif.	60
14	résultats du taux de calcaire actif.	62
15	résultats du taux de carbone organique et de matière organique.	64
16	résultats du PH et de la CE.	66
17	Détermination de la texture	69
18	Résultats des risques d'érodibilité et de battance des sols échantillonnés.	73
19	valeur du soc des sols étudiés.	74
20	Tableau synthétique des résultats de l'analyse du sol	82

Introduction

Les sols représentent le plus grand réservoir continental de Stock de Carbone Organique (SCO) (**Jacobson et al., 2000 ;in Cambou, 2018**). En effet, à l'échelle mondiale, ce réservoir contient près de 800 GtC dans les 30 premiers centimètres de sol, et entre 1500 et 2000 GtC sur le premier mètre (**Batjes, 1996; Ciais et al., 2014; Eswaran et al., 1993; Post et al., 1982 in Cambou, 2018**). Cette dernière valeur représente environ deux fois celle du réservoir atmosphérique (805 GtC) et le triple de ce qui est présent dans la végétation (550 GtC) ; (**Houghton, 2007 in Cambou, 2018**).

Les sols sont de plus en plus confrontés à des problèmes qui entraînent des dégradations, la dégradation des sols est un phénomène mondial préjudiciable au service écosystémiques et à la productivité des écosystèmes agricoles, se manifeste aussi par son appauvrissement en matière organique et en fertilité physique et chimique, alors qu'il ne reçoit que peu (ou pas) de restitution de biomasse. On assiste donc à une diminution de la productivité des sols et à une augmentation de sa vulnérabilité à l'érosion (**MADREF, 2001 in ELALAOUI 2011**).

Durant le 20^{ème} siècle, la dégradation du sol à dramatiquement augmenté partout dans le monde, environ 85% des phénomènes de dégradation des terres sont associé à l'érosion des sols (**BAGHDADI, 2017**). En Algérie 45 % des terres fertiles ont été endommagées par l'érosion (Gay, 1995). L'érosion spécifique annuelle moyenne varie entre 2 000 et 4 000 t/km² (Demmak, 1982). Environ 6 millions d'hectares sont exposés aujourd'hui à une érosion active (Heddadj, 1997) (**in MORSLI et al., 2012**).

La région de Tessala est une zone montagneuse, parmi les plus exposée à la dégradation des terres, notamment à travers le phénomène d'érosion des sols. Ce phénomène d'érosion est mis en évidence d'une part, par la géomorphologie de la zone, de son caractère topographique, par la fragilité du substrat géologique ainsi que par un climat semi-aride (doux, froid et frais). En effet, environ 80% des surfaces sont soumises à une érosion intense. Ces caractéristiques peuvent aussi constituer un risque de glissement de terrains ou d'effondrement et de chutes de rochers (**PDAU, 2005 in SAIDI, 2017**).

L'objectif majeur de cette étude est de contribuer à mieux comprendre la variation des SCO sur une toposéquence située sur le versant Sud, qui va du sommet jusqu'au piémont du mont Tessala (à 30cm de profondeur) sous différentes formations végétales.

Cette étude se divise en deux parties :

La première partie correspondra à une synthèse bibliographique sur la présentation de la zone d'étude, ainsi que des généralités sur le sol, le stockage du carbone organique et enfin des généralités sur la conservation des sols.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des matériels et méthodes, résultats, commentaires, discussion générale, et enfin, la conclusion générale.

Revue bibliographique

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude :

La commune de Tessala fait partie d'un ensemble de communes montagneuses à cheval entre trois wilayas (Sidi Bel Abbés, Oran et Ain Témouchent). Elle couvre une superficie de 11.824 ha.

Elle s'inscrit entre les coordonnées géographiques suivantes :

$$X1= 35^{\circ}17'20.34'' \text{ , } Y1= 0^{\circ}51'54.67''$$

$$X2= 35^{\circ}20'31.04'' \text{ , } Y2= 0^{\circ}42'54.96''$$

Elle est délimitée :

- au Nord par la commune de Sidi Boumediène et Oued Sebbah (wilaya d'Ain Témouchent)
- à l'Ouest par la commune de Sehala ;
 - à l'Est de la commune d'Ain Thrid ;
- au Sud de la commune de Sidi Lahcen (FERKA ZAZOU, 2006).

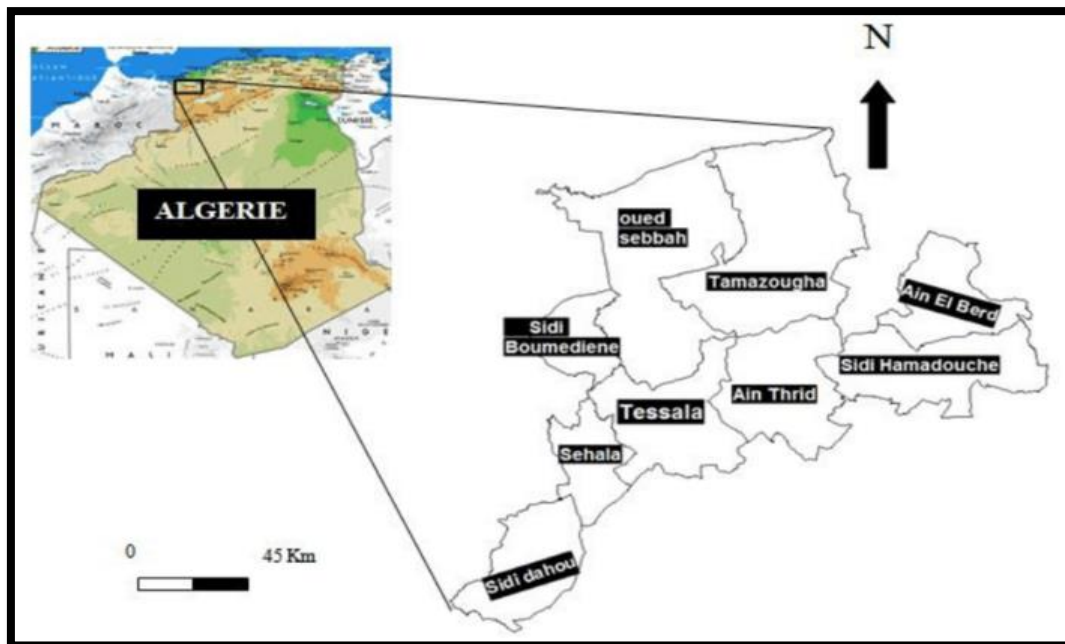


Figure n°01. Localisation géographique de la commune de tessala (BOUIADJRA, 2013).

2. situation géographique :

Les Monts Tessala sont une des chaînes importantes de l'Atlas tellien d'Algérie au Sud et au Sud-ouest d'Oran. Allongés sur une centaine de kilomètres entre la basse Tafna et l'oued Tlelat, ils se dressent au-dessus des collines d'Ain Temouchent et de la plaine de la Sebkhia d'Oran (la Mléta) au Nord, le cours du bas Isser et la plaine de Sidi Bel Abbés au Sud (POUQUET, 1952).

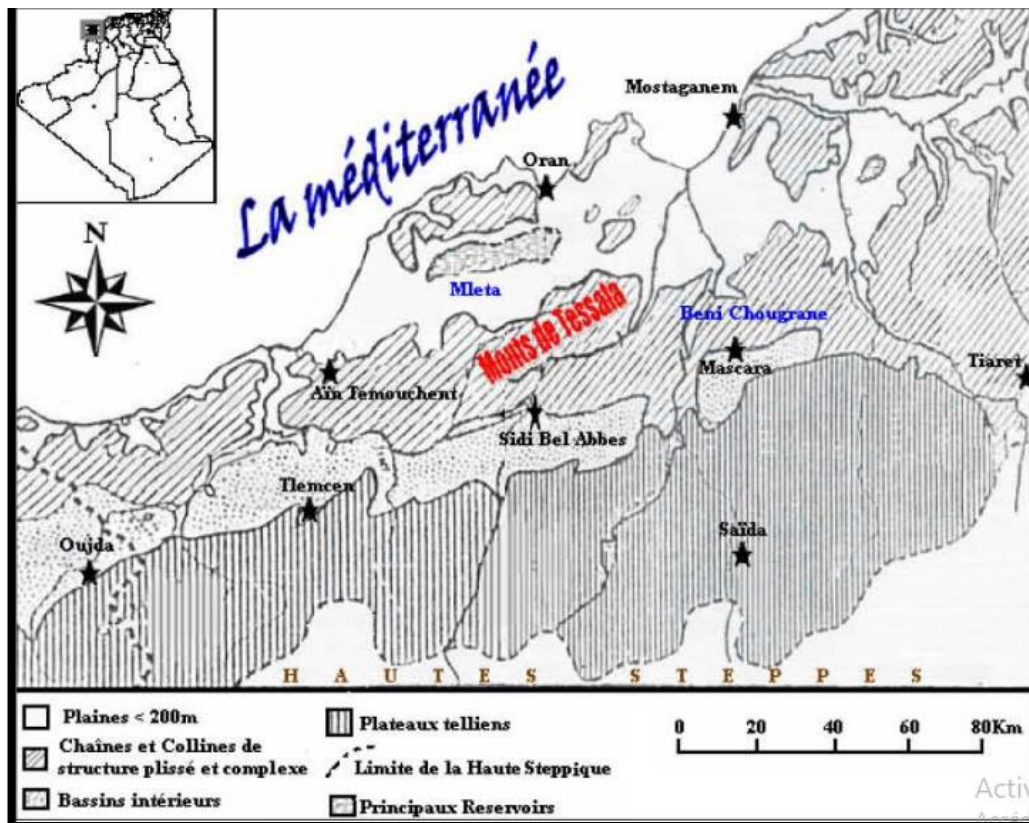


Figure n° 0 2. Situation géographique des monts de tessala (kiekken, 1962, carte modifiée in CHERIFI, 2013).

3. Le contexte physique :

3.1. La géologie :

Dans la commune de Tessala les formations géologiques prédominantes sont les marnes, les argiles et les grès tendres du Néogène sur les marnes et les calcaires marneux du Paléogène

et du Crétacé (**BOUKLIKHA, 2001**). Ces formations sont diversifiées et chaque unité topographique est caractérisée par des formations d'âge et de structure différente.

- La zone montagneuse des Tessala fait partie du Tell oranais central caractérisée du point de vue géologique par des formations de nappes de charriages du complexe crète-oligocène décrit par **DALLAOUI (1952)** et des formations à dominance calcaire. Quelques affleurements durs de grès de calcaires pointent de temps en temps avec des semelles de gypse du Trias.

- La zone de piémont, rassemble des formations recouvertes généralement par des couches du quaternaire et des alluvions marno-argileuses et sablonneuses.

- La zone de plaine, regroupe les formations géologiques généralement à dominance secondaire, mais n'affleurent presque pas puisqu'elles sont recouvertes par des fortes épaisseurs de formations plio-quaternaires à dominance de poudings et d'alluvions. Les formations quaternaires les plus anciennes sont encroûtées. Cette croûte sur certaines Hauteurs où elle n'a pas été perturbée paraît sous forme de dalle calcaire. (**FERKAZAZOU, 2006**).

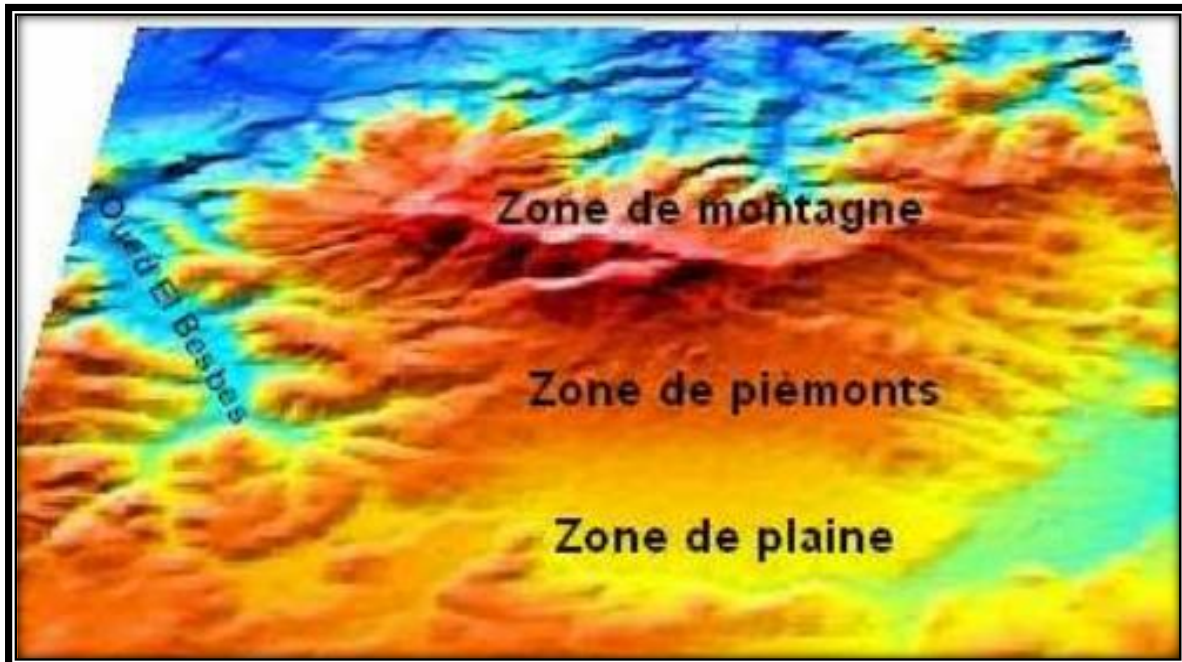


Figure n°3. Commune de tessala vue en TROIS D (FERKA-ZAZOU, 2006 in SAIDI, 2017).

3.2. Géomorphologie :

La géomorphologie est l'un des éléments les plus précieux de l'analyse cartographique dans les études de reconnaissance (TRICART, 1978 in BOUIADJRA, 2013). C'est la science qui a pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous marin (COQUE, 1977 in BOUIADJRA, 2013). Selon (CORNET 2002 in BOUIADJRA, 2013) les formes du relief ne sont jamais figées. Trois facteurs régissent et façonnent le relief : la tectonique, l'érosion et la lithologie. Il explique aussi que ces formes évoluent souvent de manière imperceptible (surrection, subsidence, certaines formes d'érosions), mais parfois aussi brutalement (séismes générant des escarpements de faille, certains processus d'érosion comme les glissements de terrains) (BOUIADJRA, 2013).

3.2.1. Altitude :

La commune de Tessala est constituée d'unités topographiques hétérogènes. Les côtes varient plus ou moins selon que l'on est en plaine 400 à 500 m d'altitude, aux piémonts 500 m d'altitude en moyenne, ou en montagne. Elles présentent des valeurs maximales au niveau des sommets de djebel Tessala (1061 m) (FERKA ZAZOU, 2006).

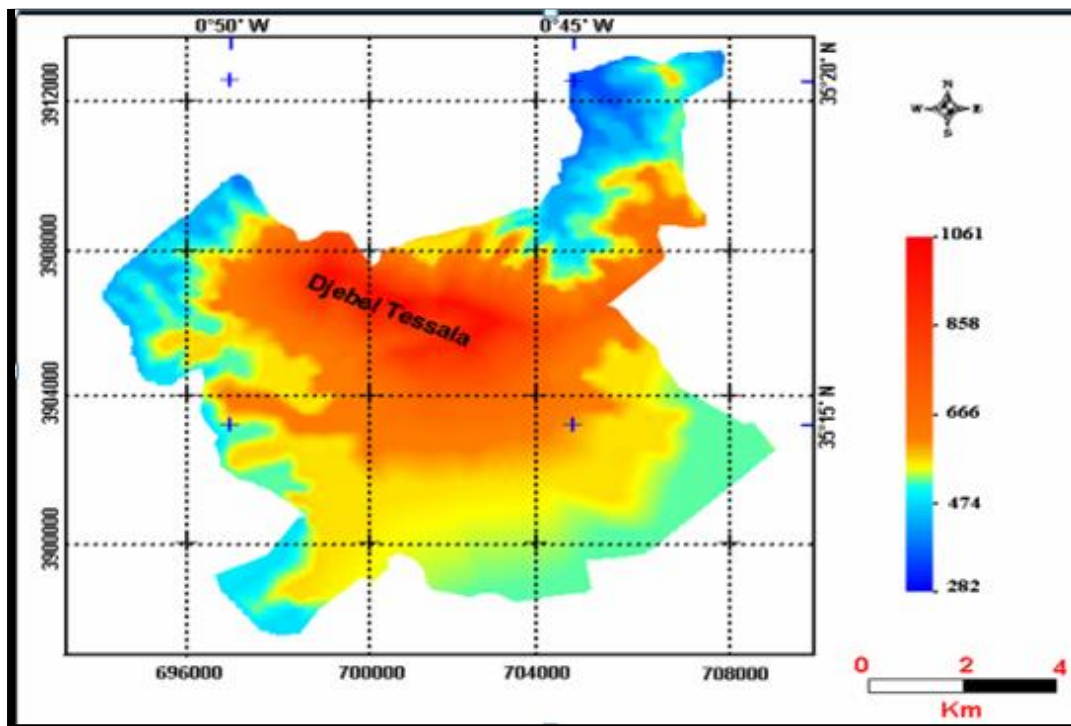


Figure n°4. Carte hypsométrique de la zone d'étude (Carte établie par le logiciel MapInfo Professional Version 6.5) (CHERIFI, 2013 in DADACH, 2016).

3.2.2. Exposition :

Conjugée à une altitude importante du point de vue impact sur les précipitations et la brise marine, l'exposition a un effet sur les conditions écologiques de la commune de Tessala. Le versant sud souffre d'une sécheresse prolongée (dépassant les 6 mois) et de sols relativement dégradés où dominent les argiles. Le versant nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus clémentes, une brise marine avec ses effets adoucissant en été, une faible évaporation, des sols relativement équilibrés et une pluviométrie intéressante (FERKA ZAZOU, 2006).

3.3. La topographie :

Les monts du Tessala présentent une nette dissymétrie topographique, le versant sud apparaissant moins abrupt que le versant nord. Toutefois, en dessous des sommets aux formes douces, les vallées s'encaissent partout très fortement vers l'aval et les phénomènes d'érosion (ravinelements notamment) affectent beaucoup de versants (J. POUQUET, 1952 in cheboub, 2017). Les versants ont des pentes fortes (BNEDER, 1990 in cheboub, 2017), fréquemment supérieures à 25 % sur l'ensemble du Djebel Tessala (cheboub, 2017).

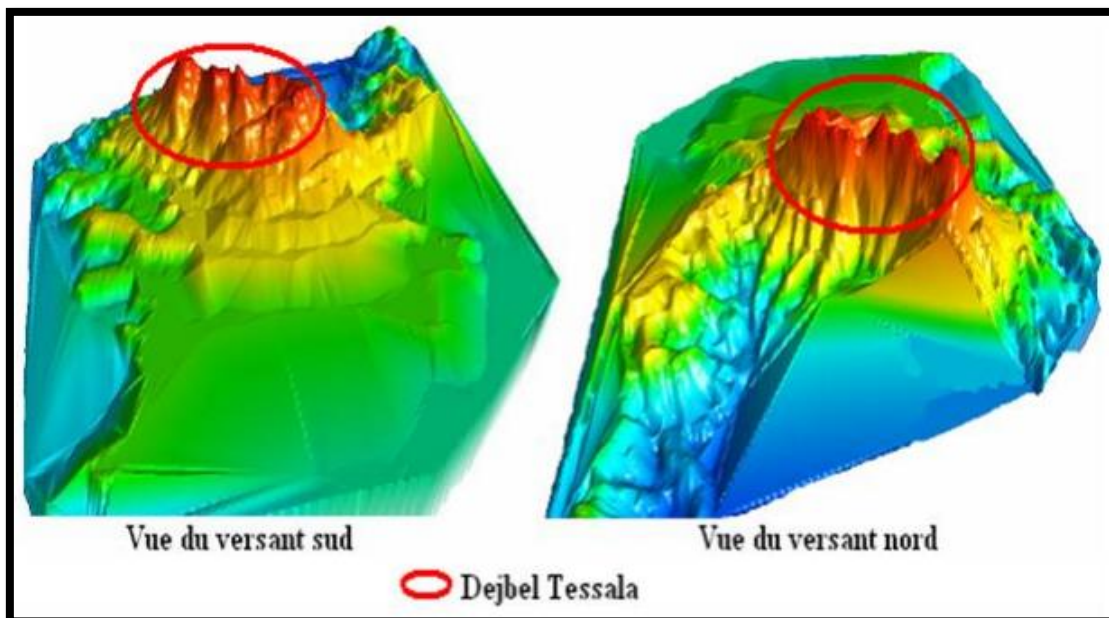


Figure n°05. Vision du massif de Tessala en 3 dimensions (Image en MNT) (BOUZIDI et al. 2009).

3.3.1. Les pentes :

La morphologie des pentes se distingue par un ensemble d'orientation nord caractérisée par des vallées, étroites et des oueds permanents ainsi que des entailles nettement visible dans les ravins peu profonds et des lignes de crêtes adoucies. **(GUENAOUI, 2012 in CHEBOUB).**

Trois classes de pentes marquent le paysage des monts de Tessala :

Tableau n°01 : Classe de pentes et importance en hectare.

Classe de pente	0-3%	3-12%	12-25%	plus 25%	
Superficie (ha)	394	1869	4728	2920	9910
Pourcentage/ST	4	19	48	29.5	100%

Source : BENEDER(1990)

- La classe de pente supérieure à 25% occupe 2920 ha et reste localisée dans une série de petits massifs dont les pentes sont très accentuées, c'est le cas du djebel Tessala.

- La classe 12 à 25% occupe la plus forte superficie soit 48% et impose toute une orographie et une approche en matière d'utilisation de cet espace.

- Les classes des pentes 3 à 12% occupent 19% de la superficie totale, composées essentiellement d'une série de collines aux allures moutonnées et ondulées.

- La classe de pente 0-3% n'est présente que sur 394 ha qui constituent la zone de contact entre la plaine de Sidi bel abbés, les collines et massif de Tessala.

Dans la commune de Tessala c'est la classe de pentes de 12-25% qui domine. En effet, les terrains à forte déclivité sont fortement représentés et sont marqués par le phénomène de l'érosion (ravinement). Cette caractéristique impose une approche particulière quant à l'occupation rationnelle des espaces **(FERKA ZAZOU, 2006).**

3.4. Hydrographie :

La région est constituée par quatre portions de bassins versants **(figure n°6)** :

- Le bassin versant côtier oranais qui s'ouvre sur la mer, traverse la chaîne du Tessala suivant la pente générale du plateau avec Oued Berkeche et Oued El Kelakh.

- Les autres Oueds s'écoulent de Tessala constituant le sous bassin versant de la sebka d'Oran.

- Au sud, la chaîne de Tessala forme une barrière continue sur toute la longueur délimitant ainsi le sous bassin versant de la Mekerra avec le sous bassin versant d'Oued Sarno.

- Un autre sous bassin versant apparaît du côté de Sidi Dahou.

Parmi ces quatre bassins versants il n'y a qu'un seul qui traverse par un cours d'eau permanent de plus grande importance que celui d'Oued Sarno et tous les autres oueds sont relativement peu persistants à cause d'un manque d'alimentation adéquat ou d'une filtration intense. **(CHERIFI, 2013).**

L'écoulement des oueds prend naissance avec des débits de base de l'ordre de 01 et 02 au sommet des versants. Dans la zone de piémont, l'écoulement concentré se substitue à l'écoulement diffus ; ce qui explique la présence de ravins et de ravines. Cette modalité d'écoulement peut exposer les zones planes et à faibles pentes à des phénomènes d'inondations. La commune de Tessala demeure pauvre en nappes souterraines. Sa topographie souterraine de cuvette remblavée d'alluvions continentales pliocène et quaternaire favorise le piégeage des ressources aquifères qui permettent l'irrigation d'une grande partie du maraîchage de la plaine. Le relief et les formations géologiques de la commune de Tessala ne révèlent pas de ressources importantes en dehors de quelques nappes artificielles très localisées **(FERKA ZAZOU, 2006).**

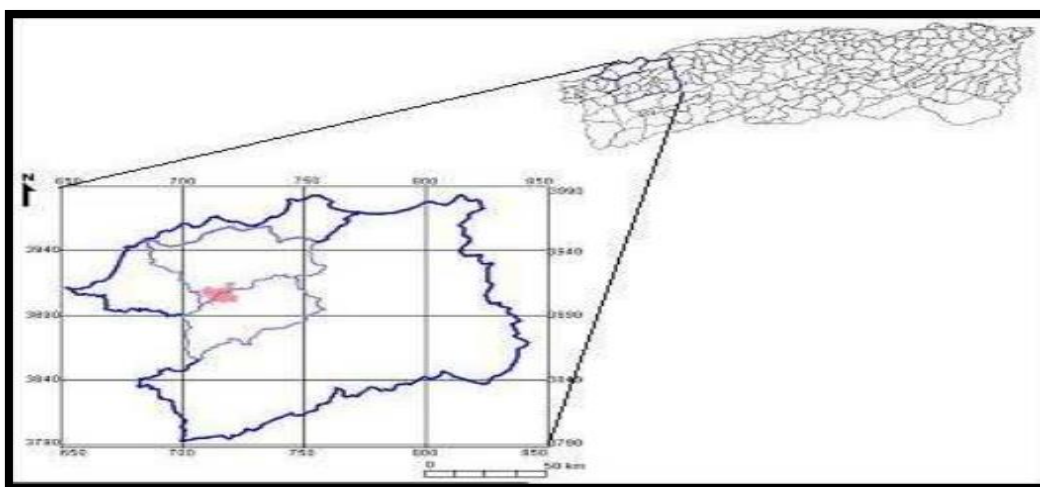


Figure n°06. Bassin et sous bassins versants de la commune de Tessala **(FERKA ZAZOU, 2006).**

3.5. Principaux types de sols :

Les types de sols d'Algérie sont multiples et variés. Certains travaux menés par **DURAN & al. (1954)** ; **POUGET (1980)** ; **HALITIM (1988)** ont permis de déterminer les différents types de sols, leurs caractéristiques essentielles et de situer leur importance dans la zone algérienne méditerranéenne.

Dans la commune de Tessala les sols revêtent un caractère important puisque la zone est de prévalence agricole. Les différents types de sols de la zone d'étude sont :

3.5.1. Les sols à sesquioxydes de fer : ce sont des sols rouges ou bruns rouges, leur profondeur varie de 50 à 80 cm. Leur texture est en générale équilibrée et leur structure grumeleuse. Ces sols sont occupés par une grande partie de céréales, fourrages, ils peuvent représentés une grande valeur agricole.

3.5.2. Les sols bruns calcaires : leur profondeur est inférieure à 50 cm, de texture lourde et de structure polyédrique. Les pierres de surface y sont nombreuses. Ces sols portent des céréales, jachères. Cependant les pratiques culturales, surtout sur forte pente ont tendance à aggraver les phénomènes d'érosion.

3.5.3. Les vertisols : ce sont des sols lourds à couleur noirâtre ou brun foncé, leur texture limono argileuse est de structure généralement grumeleuse. Leur profondeur varie entre 30 et 50 cm parfois ils dépassent les 50 cm. Ils sont localisés aux bas versants et sont colonisés par les céréales, des fourrages et de la jachère, tandis que l'arboriculture et la vigne s'étendent à des surfaces réduites.

3.5.4. Les lithosols et les régosols : sols se localisant sur les versants à forte pente avec une profondeur ne dépassant qu'exceptionnellement les 30 cm.

Etagement des sols :

Les hauts versants : on trouve les lithosols et les régosols et quelques rendzines. Les sols bruns sont peu représentés ainsi que les sols minéraux bruts dans les zones les plus touchées par l'érosion.

Les versants médians : présence de relief élevé, avec une texture très argileuse et une roche mère marno-calcaire.

Les bas versants et les collines : les sols calcaires dominant en parallèle avec les sols bruns rouges et se localisent surtout dans les collines ou dans la plaine et remontent en quelques endroits jusqu'au sommet des monts de Tessala. En générale la répartition des sols est

intimement liée aux conditions orographiques et lithologiques dans la zone d'étude (**FERKA ZAZOU, 2006**)

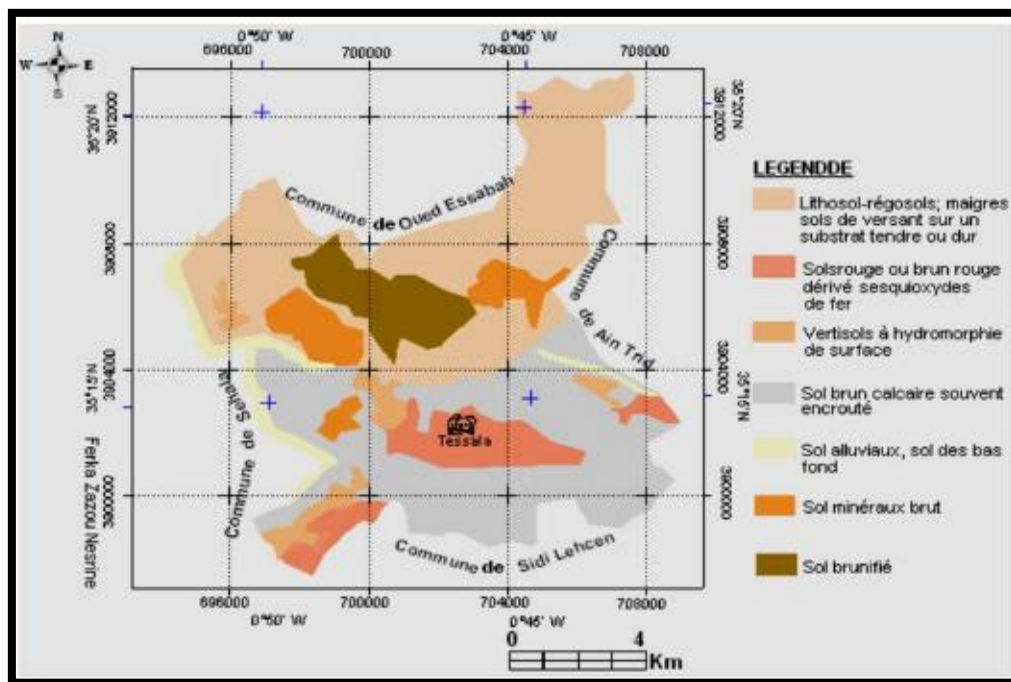


Figure n° 07. Carte de la principale unité pédologique des monts de Tessala (**FERKA ZAZOU, 2006**).

3.6. Le climat :

Le climat de la région de Tessala relève du régime méditerranéen avec deux saisons de durée équivalente.

Cet ensemble de montagnes appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur. (**FERKA-ZAZOU 2006**).

- Précipitations

La pluviométrie varie en fonction de l'éloignement de la mer et l'exposition des versants par rapport aux vents humides (Djebaili, 1984).

Connaissant la fluctuation des précipitations, une étude diachronique comparée entre l'ancienne période (1913-1938) en se référant aux données de Seltzer et la période actuelle (1980-2015) en se référant aux données de l'O.N.M. (2016) permet de confirmer ou d'infirmer l'évolution des facteurs climatiques (**fig. 08**) (**DADACH, 2016**).

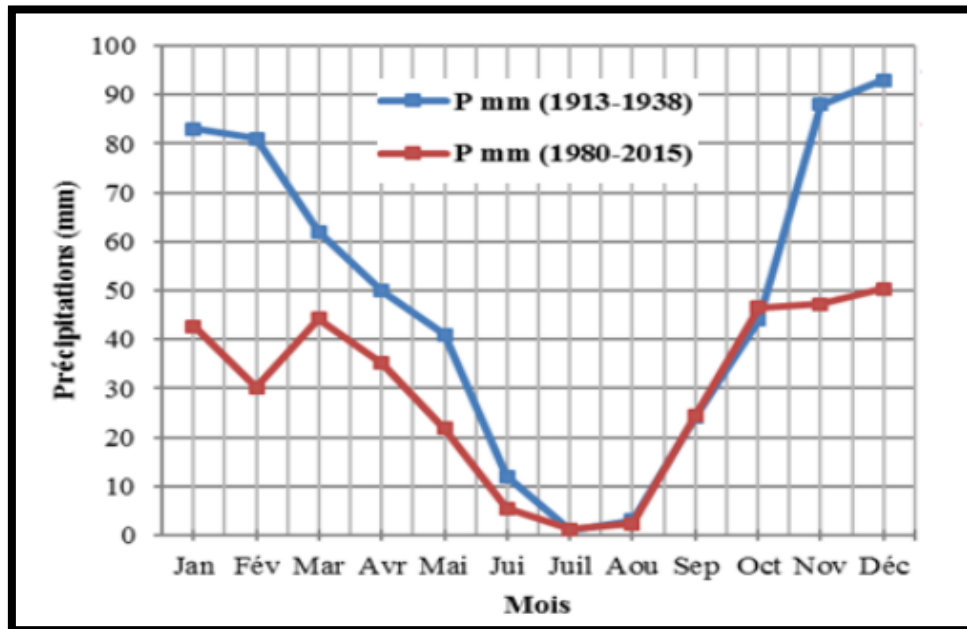


Figure n° 08. Variation des précipitations moyennes mensuelles des deux périodes [(1913-1938) et (1980-2015)] (DADACH, 2016).

La figure 08 illustre les variations moyennes mensuelles des pluies et révèle un maximum en novembre et en décembre. Le minimum correspond aux mois de juillet et août. C'est une caractéristique de l'étage bioclimatique semi-aride auquel la région de Tessala est soumise. La comparaison de la courbe de variation des précipitations moyennes mensuelles de Seltzer, avec la période 1980-2015, illustre une diminution conséquente de l'intensité des précipitations, et qui a des répercussions sur la distribution de la végétation.

Dans la région de Tessala, la pluviométrie est relativement assez faible. Elle n'excède qu'exceptionnellement les 400 mm par an, selon l'analyse des relevés réalisée sur 35 ans (1980-2015). La moyenne interannuelle des pluies enregistrées depuis 1980 à 2015 est de 316,19 mm ; cependant, l'analyse quantitative des apports pluviométriques annuels relevés

sur cette même période indique une évolution irrégulière des précipitations d'une année à l'autre et met en relief une variation régressive dans son ensemble avec le temps (fig. 08) (DADACH, 2016).

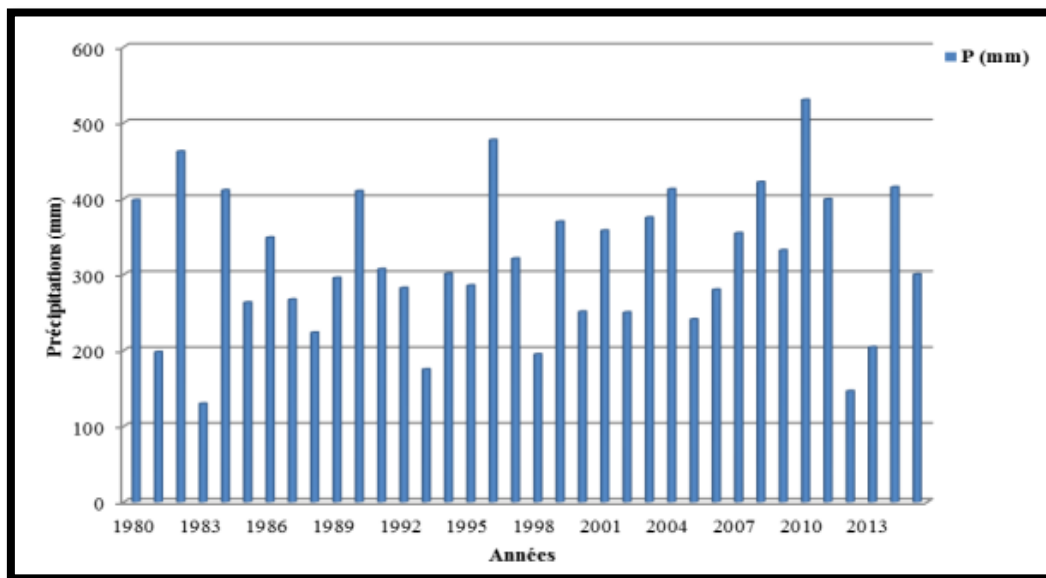


Figure 09. Variation des précipitations moyennes annuelles (1980-2015) (O.N.M., 2016) (DADACH, 2016).

Les températures

La température est également un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétaux. Elle conditionne en effet la durée de la période de végétation, ainsi que la répartition géographique des espèces. C'est la température de l'air et du sol qui est importante. Elle dépend de la latitude, l'altitude, des masses d'air, de la couverture végétale, de la nébulosité et aussi du type de sol (Ozenda, 1977).

Les températures moyennes minimales et maximales enregistrées durant la nouvelle période (1980-2015) montrent des maxima respectifs de 35,9 °C au mois de juillet et 35,5 °C

Au mois d'août et des minima respectifs de 2,5 °C au mois de janvier et 3,3 °C au mois de décembre. Quant aux températures moyennes, elles augmentent avec un maximum en juillet, soit 26,6 °C et un minimum en janvier avec 9,1°C (fig. 10) (DADACH, 2016).

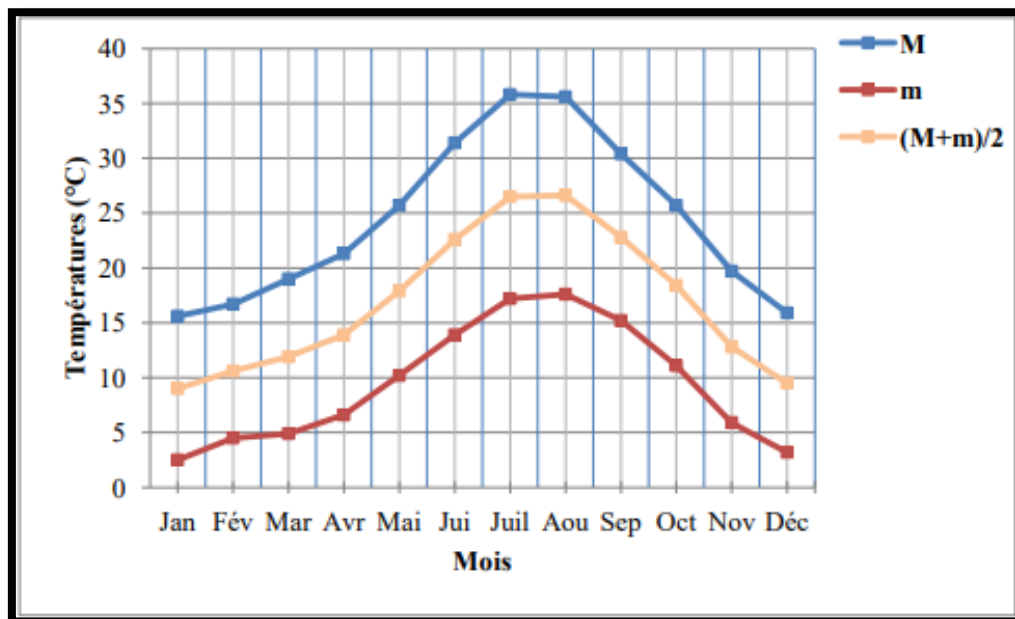


Figure 10. Variation des températures moyennes mensuelles minimales et maximales (1980-2015) (DADACH, 2016).

Les vents :

Les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes intensités en fonction des saisons. Les vents les plus fréquents de novembre à avril sont les vents du Nord Ouest secs et froids. Les vents du Sud Ouest sont secs et chauds (DADACH, 2016)

Tableau 02. Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s (période 1987-2003) (O.N.M., 2004).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne mensuelle	2,5	2,27	2,48	2,95	2,71	2,63	2,34	2,26	2,15	2,04	2,43	2,45

La gelée

La période critique se situe du mois de décembre au mois de février, elle se distingue par une fréquence inquiétante en période printanière au moment où la végétation est en période de floraison (DADACH, 2016).

Tableau 03. Fréquence moyenne mensuelle des gelées (période 1985-2007) (O.N.M., 2008).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Moyenne mensuelle	20	10	5	0	0	0	0	0	0	0	6	12,5

L'humidité

L'humidité est supérieure à 70 % sur les 6 mois de l'année et ceux à partir du mois d'octobre. Le maximum est enregistré en saison hivernale (80 %) alors que le minimum (50 %) est observé en été (**DADACH, 2016**).

Tableau 04. Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative (période 1985-2007) (O.N.M., 2008).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Moyenne mensuelle	78	77	70	68	65	56	50	52	63	70	73	80

Diagramme ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен

Ce digramme permet de fixer le début et la fin d'une période sèche qui est passée à 6 mois (de mai à octobre) environ par an pour la nouvelle période (1980-2015) (**DADACH, 2016**).

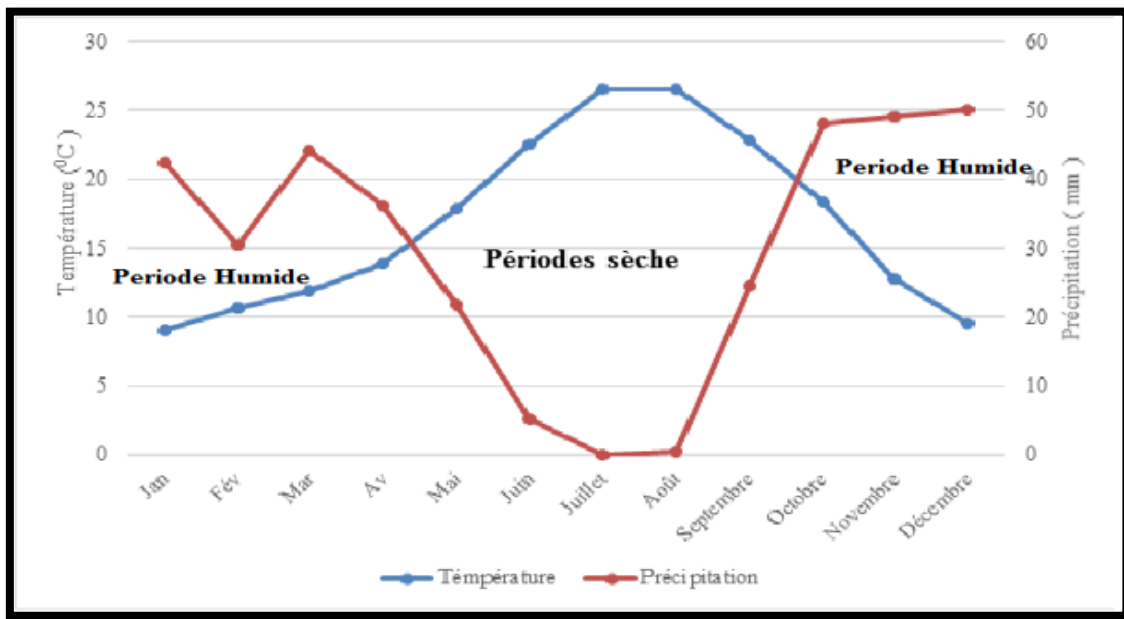


Figure 11. Diagrammes ombrothermiques de la région de Tessala période (1980-2015) (CHIHAB, 2019).

4. La richesse floristique :

4.1. La richesse floristique :

La végétation joue un rôle incontournable dans la connaissance des milieux et des espaces, ainsi une connaissance même partielle des communautés végétales s'y développant permet d'identifier quelques formations intéressantes tant du point de vue écologique qu'économique (CHERIFI, 2013).

La végétation constitue une source très importante du milieu physique. D'ailleurs, elle n'est que le reflet de la qualité du sol et du climat (Benabdelli, 1996). Du point de vue floristique, les monts de Tessala présentent une diversité appréciable. Parmi les formations végétales qui s'y trouvent, nous distinguons (Bouzidi et al., 2009 ; Bouterfas et al., 2013 ; Cherifi et al., 2013 ; Faraoun et al., 2016) : A- des formations pré-forestières à base de *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europea*, *Phillyrea angustifolia*, *Crateagus oxyacantha*, en plus de ces espèces on peut citer le caroubier (*Ceratonia siliqua*), l'Acacia (*Acacia pycnantha* et *cyanophylla*), le Tamarix (*Tamarix gallica*), et plusieurs variétés d'Eucalyptus qui sont localisés dans le versant Sud.

B- des matorrals occupés essentiellement par des formations basses de chêne vert regroupant les espèces suivantes : *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Crateagus oxyacantha*, *Daphne gnidium*, *Cistus salvifolius*, *Calycotome villosa*, *Calycotome spinosa*, *Ampelodesma mauritanica* et accessoirement d'alfa (*Stipa tenacissima*).

C- des formations basses représentées essentiellement par : *Daphne gnidium*, *Calycotome spinosa*, *Ampelodesma mauritanica*, *Asparagus acutifolius*, *Asphodelus microcarpus*, *Chamaerops humilis*, *Stipa tenacissima* et *Urginea pancration*. (CHIHAB, 2019).

La "forêt de Tessala" (zone entourée d'un trait rouge sur la figure 7) couvre 22 189 ha. Pour délimiter cette zone, nous avons ajouté à la forêt domaniale du djebel Tessala (2036 ha) des terres alentours à vocation forestière (matorral et garrigue, marquant une dégradation du couvert forestier), en tenant compte du relief et de la place de l'agriculture. La "forêt de Tessala" associe :

Une forêt claire de pin d'Alep (*Pinus Halepensis*) et de chêne vert (*Quercus ilex*), sur le djebel Tessala. Cette forêt domaniale a une superficie de 2036 ha.

Un matorral de chêne vert et de chêne kermès (*Quercus coccifera*), à l'est et au sud-est du djebel.

Une garrigue à chêne kermès (*Quercus coccifera*), calycotome et palmier doum (*Chamaerops humilis*), à l'ouest et au sud-ouest de la "forêt de Tessala".

Une garrigue à calycotome, palmier doum et diss (*Ampelodesmos mauritanicus*), au centre, à l'est et à l'extrême nord-est de la "forêt de Tessala". Cette garrigue s'étend en outre sur 19279 ha en dehors de la "forêt de Tessala"

2/ Les reboisements et travaux de protection concernent 17751 ha. Sur les parties reboisées, le pin d'Alep fut associé à des espèces adaptées aux conditions du milieu, comme le caroubier (*Ceratonia siliqua*), le tamarix (*Tamarix gallica*) l'olivier (*Olea europea*), le pistachier (*Pistacia lentiscus*), le cyprès commun (*Cupressus sempervirens*) et le casuarina (*Casuarina equisetifolia*). La mise en place de banquettes et de gabions a été concentrée sur le nord du djebel Tessala, sur les communes d'Aïn-El-Berd, Sidi-Hamadouche et Sidi-Dahou.

3/ Les cultures (16642 ha), parmi lesquelles la céréaliculture domine sur les cultures maraîchères et l'arboriculture fruitière, sont présentes sur les communes de Aïn-Thrid, Tessala, Tamazougha, Aïn-El-Berd et Oued-Sebbah.

4/ Les sols nus occupent la superficie restante.

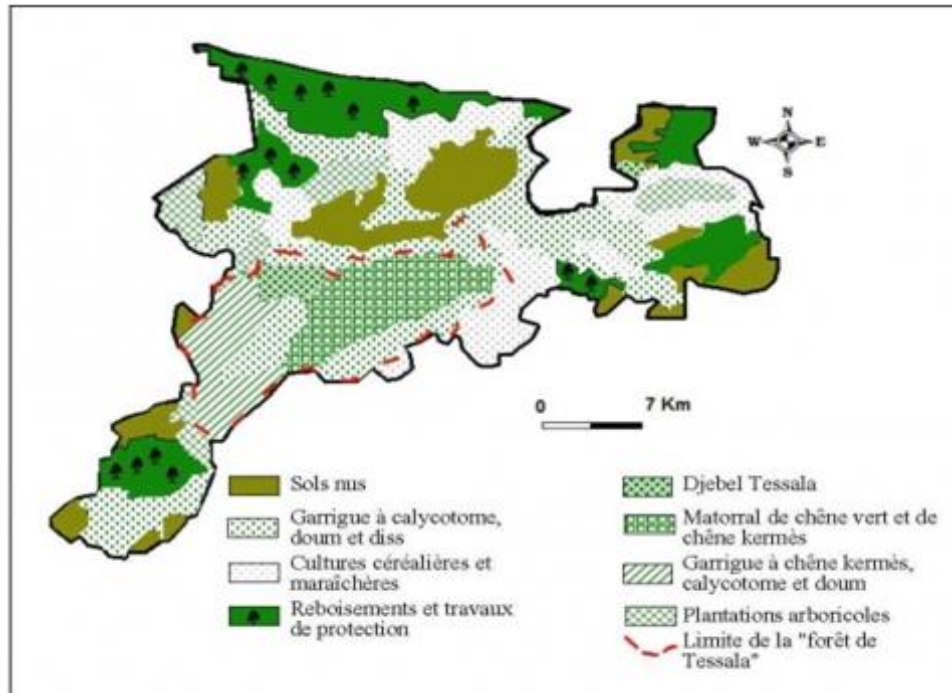


Figure n°12. Carte d'occupation des sols des monts du Tessala 2006 (FERKA ZAZOU, 2006).

Chapitre II : généralité sur le sol

1. Définition du sol :

Le sol est défini comme la couche superficielle de la croûte terrestre. C'est une substance naturelle composée de particules rocheuses altérées (minéraux), de matière organique, d'eau et d'air (**BENAHMED, 2017**).

La définition officielle des sols formulée par **L'AFES en 2014**, puis retenue en 2018, est la suivante :

« Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes)» (**AFES, 2017**).

DEMOLON (1932) attire l'attention sur le fait que le sol est situé à la limite de l'atmosphère et de la lithosphère et qu'il apparaît comme la résultante de l'une sur l'autre. Le sol est alors la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques (**DABIN et SEGALEN, 1970**).

Issu de l'évolution des roches, le sol est un système complexe formé de très nombreux composants. Les principaux constituants du sol sont de quatre types : constituants organiques (débris d'organismes végétaux par exemple), constituants minéraux (sable, argile...), des gaz qui circulent dans les interstices du sol, et enfin la " solution du sol ", formée d'eau et d'ions. A partir de là, un sol va avoir différentes caractéristiques que l'on peut déterminer en effectuant des analyses physico-chimiques :

Texture : composition granulométrique du sol, c'est à dire la proportion de chacun de ses constituants solides (argiles, sables, graviers...), qui ont des tailles différentes.

Structure : façon dont ses constituants sont agencés les uns par rapport aux autres.

Porosité : volume total des espaces laissés libres entre les agrégats ou les particules solides. Elle conditionne la circulation de l'eau, des gaz et de certains animaux dans le sol.

La perméabilité du sol : dépend de la structure du sol, c'est sa capacité à laisser passer l'eau vers les couches inférieures.

Capacité de rétention en eau : quantité d'eau retenue par le sol et soit utilisable par les plantes, soit liée à des particules solides par des forces physiques qui empêchent cette utilisation.

Le pouvoir absorbant : capacité à fixer des ions et à rendre ainsi plus aisé le passage de ces ions de l'humus aux racines des plantes, notamment par la création de complexes argilo-humiques, aussi appelés complexes absorbants, qui fixent des ions positifs apportés par les engrais. Leur présence dans le sol est un facteur essentiel de sa fertilité (**web master 01**).

2. la formation d'un sol :

2.1 Les facteurs entrant en jeu :

La formation d'un sol, appelée pédogénèse, est un processus généralement long et lent, un sol se développe à partir de l'altération d'un matériel minéral parental sous l'influence de nombreux facteurs. Ces principaux facteurs de formation sont :

La roche mère, soit le matériel minéral à partir duquel le sol se forme (sa composition agit par exemple sur le pH du sol)

Le climat, c'est-à-dire le régime hydrique et la température.

La topographie, le relief conditionne les mouvements gravitaires.

Les organismes vivants, dont l'activité modifie la chimie et la physique du sol.

Le temps (Web master 02).

I.1.1. 2.2 Comment se forme un sol ?

Les propriétés spécifiques d'un sol individuel sont déterminées par des processus pédologiques qui opèrent tout au long de sa durée de vie. Il est important de comprendre que les processus de formation des sols peuvent évoluer et varier avec le temps en réponse à des facteurs tels que la variabilité climatique et l'utilisation des terres. En raison de leur grand âge, bon nombre de sols africains présentent plusieurs phases distinctes de formation des sols (**FAO, 2015**). On peut distinguer globalement 3 étapes :

Altération de la roche mère : elle est le résultat de processus physiques (gel, pénétration des racines...) qui fragmentent la roche, et de processus chimiques (action des eaux chargées

d'acides) qui dissolvent calcaires et hydrolysent minéraux silicatés pour engendrer des complexes d'altération (argile, oxydes de fer, sels...) cimentant les grains résultant de la précédente fragmentation.

Incorporation de la matière organique par minéralisation de molécules organiques et humification, c'est à dire édification d'acides humiques à partir des molécules issues de cette minéralisation.

Les horizons se différencient enfin sous l'action des eaux d'infiltration (lessivage) : les éléments solubles sont entraînés et accumulés pour former des horizons dits d'accumulation (web master 01).

Ces transformations donnent naissance à des volumes de matière minérale et organique, superposés, plus ou moins parallèles à la surface du terrain appelés: horizons. Leur nombre varie en fonction de l'état d'évolution de la couverture pédologique. La superposition des horizons forme un profil pédologique, l'ensemble des horizons dans l'espace constitue la couverture pédologique.

La plupart des types de sol sont constitués de trois à quatre horizons différents, Voici quelques-uns des horizons les plus courants :

L'horizon O (ou humus) est essentiellement composé de matière organique, comme des feuilles ou des insectes en décomposition. En fonction du sol, la couche O peut être très épaisse ou inexistante.

L'horizon A (ou couche arable ou sol de surface) est essentiellement constitué de minéraux et de matières organiques décomposées. C'est là que poussent la plupart des racines des végétaux.

L'horizon E est aussi appelé horizon **éluvial**. L'argile, les minéraux et les matières organiques s'échappent de cette couche. Le sable et les particules de quartz du limon restent. On le trouve souvent dans les sols plus âgés et ceux des forêts.

L'horizon B (ou sous-sol) est constitué d'argile et de dépôts minéraux ainsi que de matières organiques, mais en quantité moindre que les couches supérieures.

L'horizon C (ou couche de matériau originel) est constitué de roches quasiment non altérées et de très peu de matières organiques. C'est à partir de lui que le sol se développe. Aucune racine ne pousse dans cette couche.

L'horizon R (ou **substrat rocheux**) est constitué d'une masse de roches comme le granit, le calcaire ou le grès (**Web master 03**)

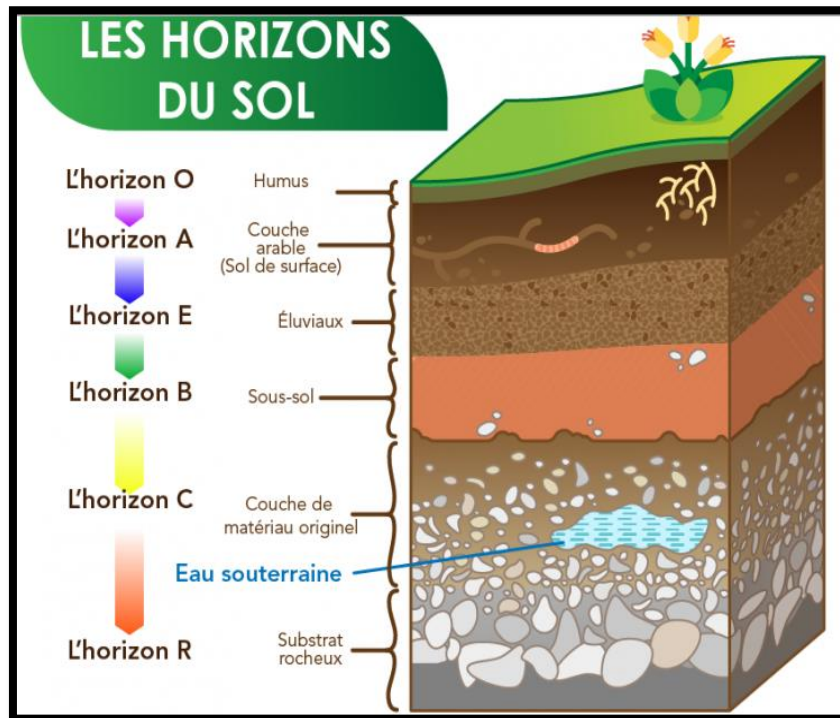


Figure n°13.les horizons du sol.

3. Les fonctions du sol :

Les sols participent à de nombreux phénomènes éco systémiques vitaux pour l'Homme et tout autre être vivant. **Les fonctions naturelles du sol** sont déterminantes pour le bien-être des populations :

- Production agricole végétale
- Production de biomasse pour l'énergie et matériaux
- Réservoir d'eau et régulateur des flux
- Filtre pour la qualité de l'eau
- Régulateur des gaz à effet de serre et du climat (stockage du carbone)
- Recyclage et transformation de matières organiques
- Habitats biologiques, réserves de gènes et réservoir de biodiversité

- Support des activités humaines (habitat, industries, infrastructures)
- Matières premières (gravier, sable, pierre, minerais, colorants...)
- Patrimoine géologique, paysager, archéologique (**Web master 04**).



Figure n°14 : les fonctions du sol (FAO, 2015).

4. La biodiversité du sol :

Les sols constituent l'un des écosystèmes les plus complexes de la nature, et l'un des habitats les plus diversifiés sur terre: ils abritent des milliers d'organismes différents (**FAO, 2015**).

Les scientifiques estiment qu'au moins un quart des espèces de la planète Terre vivent dans les sols (**Union européenne, 2010**).

La biodiversité des sols représente l'ensemble des espèces d'organismes vivants que l'on trouve dans nos sols. Cela comprend aussi bien les plantes, que les animaux, les champignons, les micro-organismes, et bien d'autres encore.

I.1.1.1. Cependant, trois grandes catégories peuvent être observées, selon leur taille :

La macrofaune : Ce sont les dizaines d'organismes visibles à l'œil nu et bien connus de tous, c'est à dire les vers de terre, les araignées, les millepattes, etc.

- **La mésofaune:** Plus petits et plus nombreux, ils peuvent être observés à la loupe. Ce sont les collemboles ou encore les acariens.

- **La microfaune / microflore:** C'est la part visible au microscope et qui constitue la plus grande majorité de cet écosystème. Ce sont les nématodes, bactéries et champignons, que l'on compte par millions.

Les organismes du sol agissent de concert pour assurer la bonne santé du sol, au moyen de trois principaux mécanismes :

I.2. LA STRUCTURATION PHYSIQUE DU SOL:

En se déplaçant dans le sol pour se nourrir ou trouver un abri, les organismes vivants créent des espaces et renouvellent la structure du sol. La terre est ainsi plus aérée, mieux drainée et moins sujette à l'érosion. Les cavités formées permettent une meilleure invasion des racines, et l'apport d'eau et d'oxygène est facilité. Cela crée un environnement favorable à tous les êtres vivants du sous-sol. Les mouvements engendrés dans le sol permettent aussi d'accélérer des mécanismes, en mettant notamment en contact les organismes avec la matière qu'ils dégradent.

LA DÉCOMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE :

Les végétaux et animaux sont consommés et décomposés par les micro-organismes du sol, puis sont transformés en nutriments disponibles pour les plantes. En effet, la matière organique une fois décomposée et transformée en éléments nutritifs assimilables, permet d'alimenter les plantes et de favoriser notamment leur croissance.

I.3. LA RÉGULATION BIOLOGIQUE :

Une partie des organismes contrôlent les activités des micro-organismes du sol et forment un maillon essentiel de la chaîne alimentaire : certains agissent comme des parasites pour les végétaux alors que d'autres activent la microflore. La présence de « prédateurs » permet ainsi

de réguler la prolifération d'éléments nocifs. Le bon fonctionnement de notre environnement terrestre dépend de l'équilibre entre ses habitants bénéfiques et ceux « indésirables ».

Les organismes du sol occupent une place centrale dans le fonctionnement de notre écosystème, car les mécanismes qu'ils mettent en œuvre ont un impact direct sur notre environnement. Prendre conscience des bienfaits de la biodiversité, et en particulier des micro-organismes, c'est rendre service à notre sol (**web master 05**).

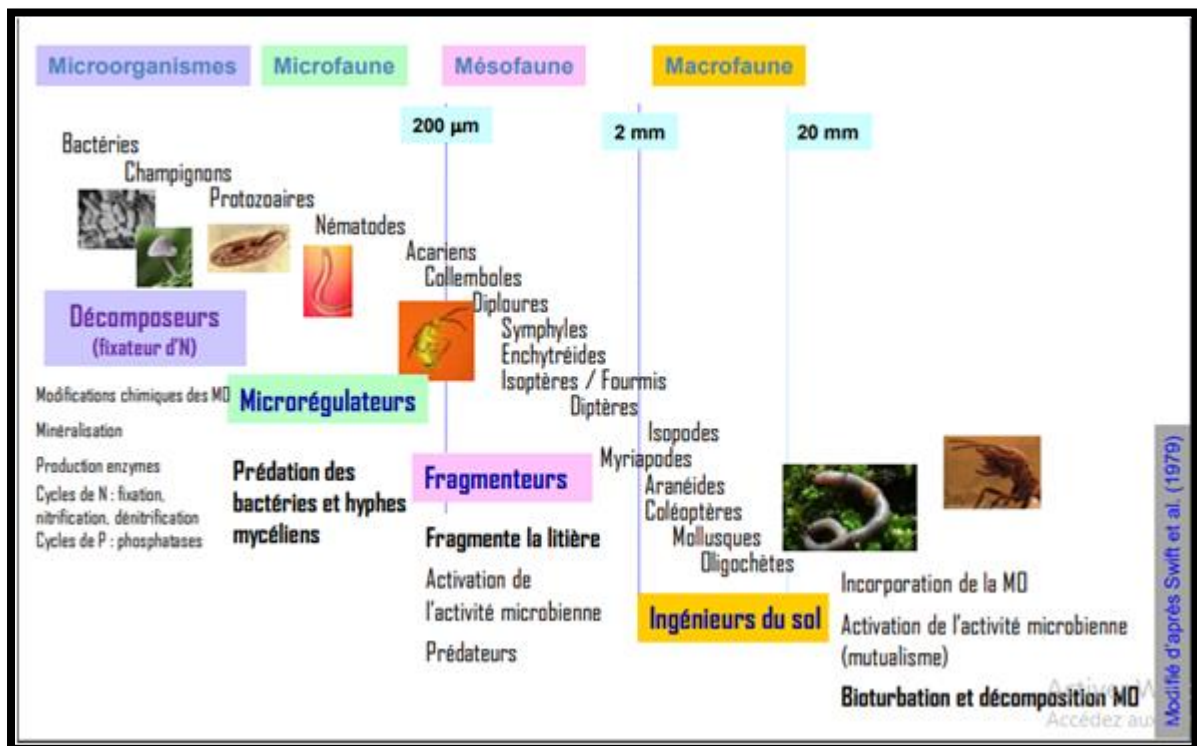


Figure n°15 : les groupes fonctionnels du sol.

5. Les sols d'Afrique dans le contexte mondial :

La carte montre clairement que l'Afrique possède une répartition des sols unique qui n'est présente sur aucun des autres continents. N'ayant à cette échelle ni les Histosols (tourbes), ni les Podzols, ni les sols à pergélisol des hautes latitudes, le continent africain en grande partie tropical est néanmoins caractérisé par des contrastes prononcés. Les Gleysols (sols régulièrement imbibés d'eau) occupent les vastes zones humides le long des fleuves Niger, Congo et Zambèze tandis que de grandes étendues de Vertisols (argiles gonflantes) apparaissent nettement au Soudan, en Éthiopie et autour du lac Tchad.

Cinquante-cinq pour cent de la superficie du continent africain est inadaptée à toute sorte de culture pluviale, excepté le pastoralisme. Il s'agit principalement de déserts, de salines, de dunes, de terres rocailleuses et de terres trop escarpées pour être cultivées. Bien que ces sols possèdent un potentiel agricole substantiel (sous irrigation appropriée), environ 25 % de la population, soit près de 250 millions de personnes, vivent ou dépendent de ces ressources.

Le ministère de l'Agriculture des États-Unis a estimé que les terres potentiellement arables en Afrique s'étendent sur environ 9 millions de km² (soit environ 30 % des terres), dont 16 % sont d'excellente qualité (5 % de la superficie du continent africain et 13 % de qualité moyenne. Ces sols, qui alimentent près de 400 millions de personnes (40 % de la population) (FAO, 2015)

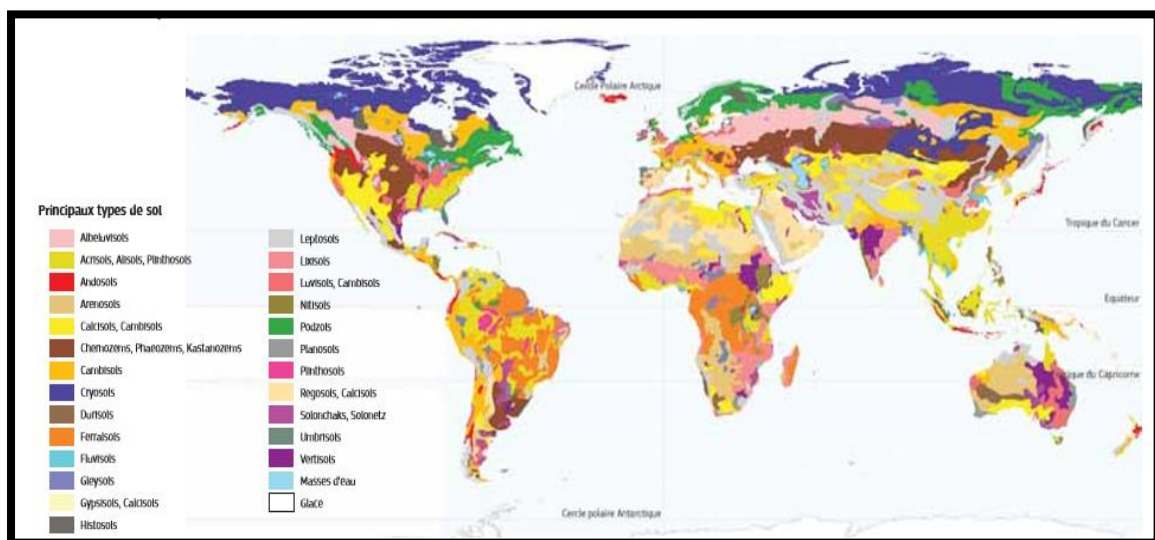


Figure n°16 : La répartition du sol dans le monde (FAO, 2015).

6. Les principaux types de sol en Afrique :

La carte 17 illustre clairement la disposition en zones des sols africains.

La partie centrale, plus humide, est dominée par les Ferralsols, en brun orangé. Ils sont associés aux Acrisols (orange-brun). Vers les régions plus sèches, les Lixisols font leur apparition (rose clair). En Afrique de l'Ouest, apparaissent de vastes zones à Plinthosols (marron foncé), principalement sous forme de couches superficielles durcies ou de cuirasses. Les régions désertiques du nord et du sud sont quant à elles dominées par les Calcisols (jaune vif), les Leptosols (sols peu profonds, gris), les Regosols (rose clair), les Arenosols

(jaune-brunâtre) et les Gypsisols (jaune pâle). Très localement, en particulier au sud de l'Afrique, des Durisols (gris-rosâtre) sont présents.

Le violet foncé, principalement au Soudan et en Éthiopie, indique les Vertisols tandis que le rouge vif désigne des Andosols, pour la plupart dans la vallée du Grand Rift. C'est également là que se trouvent la majorité des Nitisols (rose foncé).

Dans la région méditerranéenne, le marron pâle et le marron indiquent respectivement les Kastanozems et les Phaeozems. Les Gleysols (bleu) et les Fluvisols (bleu vif) sont présents dans toute la carte, ces derniers étant associés aux réseaux fluviaux et aux deltas d'Afrique. Les Solonchaks (violet) et les Solonetz (violet clair) sont principalement associés aux plaines côtières. Les Alisols (jaune très pâle), Cambisols (orange), Histosols (gris foncé), Luvisols (rose foncé), Planosols (orange foncé), Podzols (vert) et Umbrisols (vert foncé) sont éparpillés sur toute la carte et peuvent être importants au niveau local.

Dans les zones urbaines et à proximité des mines de grande taille, des Technosols (sols très perturbés) peuvent apparaître. Toutefois, la plupart de ces zones sont de taille trop petite pour être visibles à l'échelle du continent (FAO, 2015).

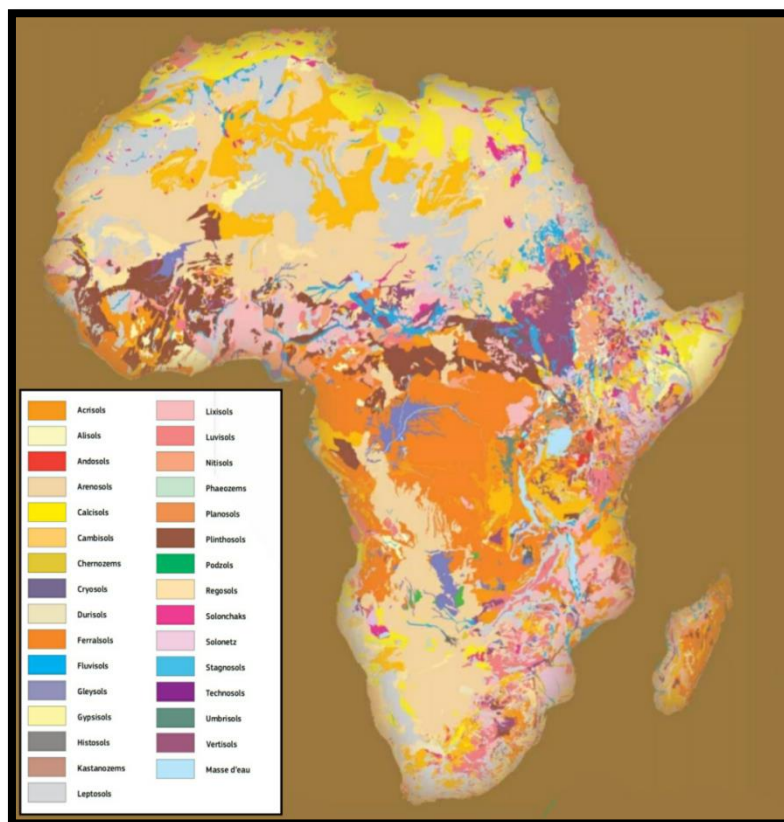


Figure n° 17 : les principaux groupes de sols d'Afrique (FAO, 2015).

7. Les principaux types de sol en Algérie :

L'Algérie, par sa position et l'immensité de son territoire, constitue un élément important de l'Afrique du Nord. Sa superficie totale est d'environ 238 millions d'hectares.

Au nord, le relief est souvent accidenté, au sud le Sahara occupe une importante superficie. Les grandes chaînes de montagnes sont les Atlas Tellien et Saharien (figure 1) et les montagnes des régions sahariennes (Ahaggar et Tassili), la répartition des sols présente une zonation qui reflète celle du climat **(FAO, 2005)**.

Cependant, elle est largement modifiée par l'influence de la nature des roches mères, du relief, de l'eau, de la végétation, ainsi que des facteurs biotique et anthropogènes. On rencontre différents types de sol :

Arenosols : sols sableux facilement érodables ayant une faible capacité de rétention en eaux et en nutriments

Calcisols : Sols avec une accumulation significative de carbonates de calcium, généralement situés dans des régions sèches.

Leptosols : Sols peu profonds sur roche dure ou matériau graveleux

Luvisols : Sols légèrement acides à sous-sol enrichi en argile et à capacité élevée de rétention des nutriments.

Regosols : irréversible par exposition à l'air et au soleil **(FAO, 2015)**.

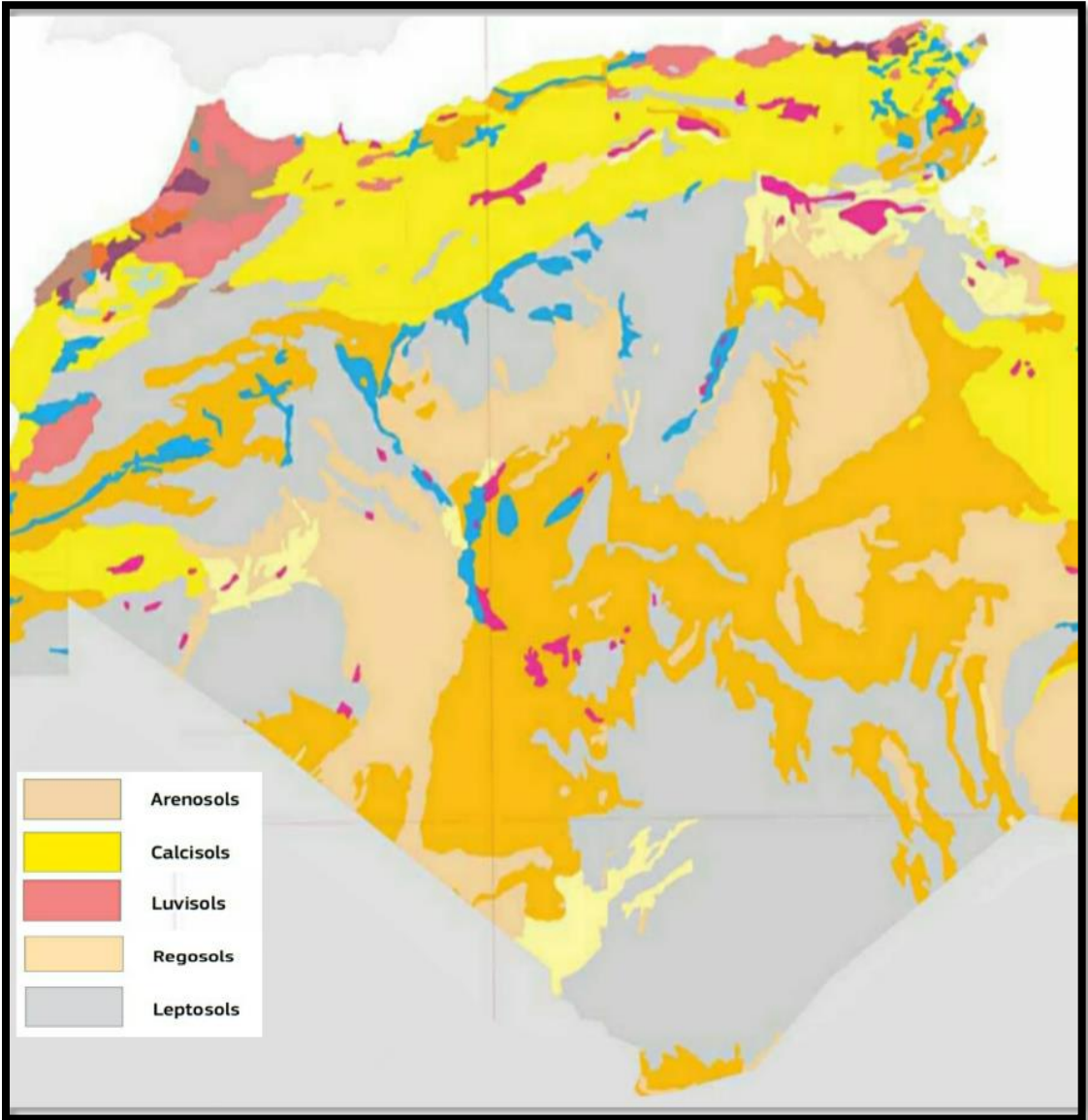


Figure n° 18 : Les principaux types de sols en Algérie.

Chapitre III : Le carbone dans le sol

1. Définition du carbone :

Selon **CLEMENT et LOZET, (2011)**, le carbone des sols est présent sous forme de phase solide ou de gaz dont la répartition est principalement due à l'influence du climat, du temps et de la roche mère. Le carbone entre également dans la composition des cellules d'un organisme vivant. La détermination du carbone organique des sols contenu dans l'humus et la matière organique en décomposition se fait généralement par combustion humide dont le processus consiste à faire digérer un échantillon de sol dans un mélange acide sulfurique bichromate de potassium (**in BELABBES et TAKI, 2018**).

2. Cycle du carbone :

Chaque année, grâce à la photosynthèse, environ 30 % du CO₂ atmosphérique est capté par les plantes exposées à la lumière : par une réaction biochimique, elles le transforment en carbone organique (**CHEVALLIER et al., 2018**).

Dans le sol, les organismes autotrophes (principalement les plantes), ainsi que les microbes photo- et chémi-autotrophes synthétisent du CO₂ provenant de l'atmosphère et produisent ainsi du matériel organique. Le matériel organique mort (principalement sous forme de résidus de plantes ou exsudats) est incorporé au sol par le biais de la faune du sol. Au travers de la transformation du matériel organique par les microorganismes hétérotrophes, du carbone supplémentaire est intégré au sol. Ce processus de transformation du matériel organique résulte en une mixture biogéochimique complexe de composés de la litière des végétaux et de produits de la décomposition microbienne à différents degrés de décomposition (**Von Lütow et al., 2006; Paul, 2014**). Ces produits peuvent être associés aux minéraux du sol ou bloqués au sein d'agrégats, permettant ainsi la persistance du COS dans le sol pendant des dizaines, des centaines, voire des milliers d'années (**Schmidt et al., 2011**). Lorsque la matière organique du sol (MOS) est décomposée (ou minéralisée) par les microorganismes, du CO₂ est émis en retour dans l'atmosphère. Les exsudats racinaires tels que l'acide oxalique, qui libère des composés organiques à partir d'associations minérales protectrices peuvent aussi entraîner des pertes de carbone (**Keiluweit et al., 2015**). Finalement, une partie du carbone du sol est aussi exportée vers les rivières et océans sous la forme de carbone organique dissous (COD) ou dans le matériel d'érosion (**FAO, 2002**).

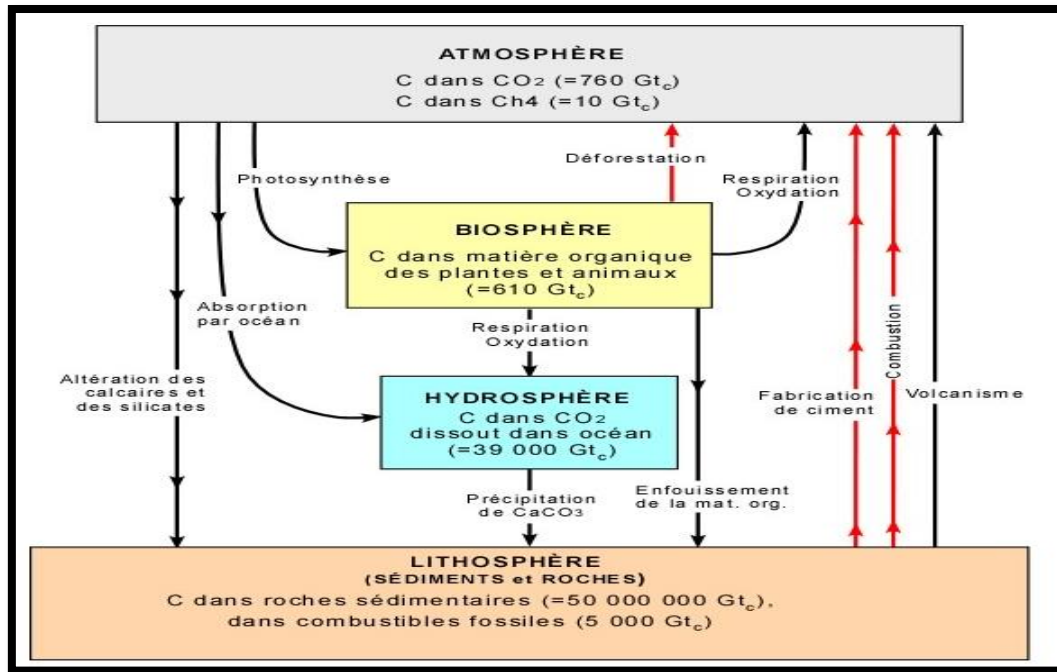


Figure 19 : le cycle global du carbone et ses flux entre les quatre sphères.

3. Le carbone organique du sol :

Le carbone organique est le principal constituant des matières organiques du sol qui en contiennent 50%, devant l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le soufre. Il provient de la décomposition des végétaux ou d'apports de matière organique exogène (les effluents d'élevage par exemple).

À l'échelle de la planète, les sols stockent entre 1500 et 2400 milliards de tonnes de carbone organique dans leur premier mètre. Les niveaux de stocks y sont très variables selon les affectations, le type de sol et le climat (**Web master 06**).

4. La séquestration du COS :

La séquestration du COS est un mécanisme par lequel le carbone atmosphérique est fixé et stocké dans le sol grâce aux plantes ou aux résidus organiques. A partir du CO_2 , la séquestration du COS comporte trois étapes:

- 1) prélèvement de CO_2 dans l'atmosphère via la photosynthèse des végétaux,
- 2) transfert de carbone du CO_2 en biomasse végétale et
- 3) transfert du carbone de la biomasse végétale vers le sol dans lequel il est stocké sous forme de COS dans le réservoir le plus instable (**FAO, 2002**).

Maintenir ou augmenter la quantité de MO du sol peut donc avoir un effet significatif sur les concentrations de CO₂ atmosphérique, en limitant une partie des émissions de gaz à effet de serre (**Van Wesemael et Brahy, 2013** in **DUMOULIN et ROLLIN, 2017**) aussi améliorent la stabilité structurale du sol en promouvant la formation d'agrégats qui, en association avec la porosité, assurent une aération suffisante et l'infiltration de l'eau qui permettent la croissance des plantes. Avec une quantité suffisante de CO₂, la capacité de filtration des sols permet une meilleure fourniture en eau potable (**FAO, 2002**).

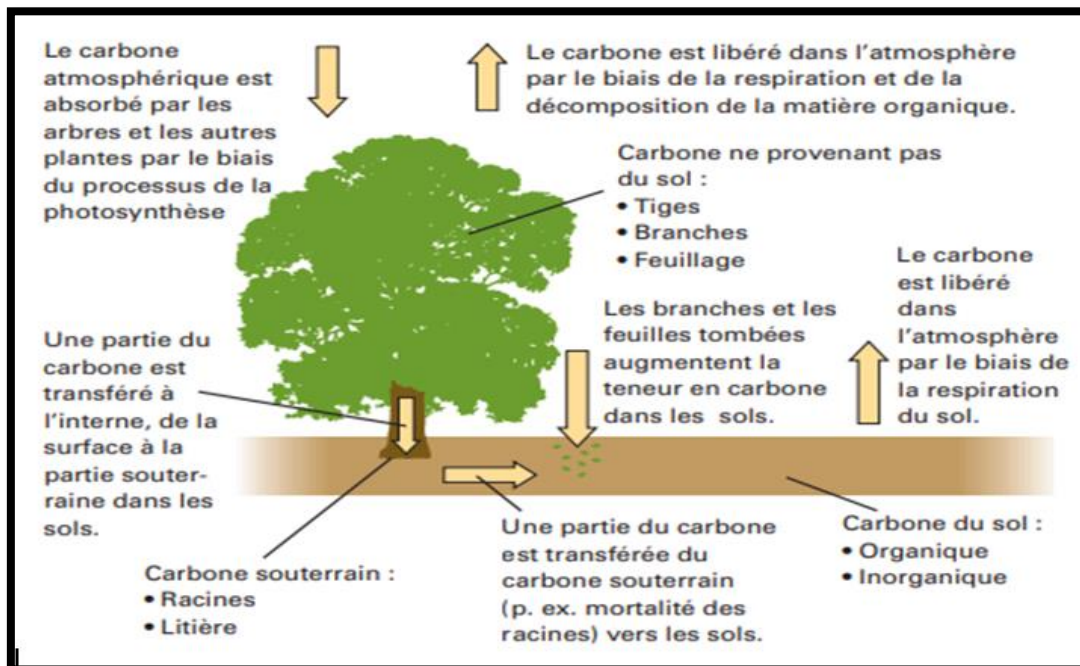


Figure 20: Cycle de séquestration (piégeage) du carbone.

5. Accumulation et perte de carbone des sols :

Les stocks de carbone contenus dans les sols correspondent à la différence entre la quantité de matière organique incorporée au sol et les pertes de CO₂ par la minéralisation du carbone organique et le carbone organique dissous. Depuis plus d'un siècle, les études relatives aux stocks de carbone dans les sols soutiennent que les concentrations de carbone sont influencées par la dynamique de la végétation, principalement la production de biomasse et la qualité de la matière organique (**Hilgard, 1906; Jenny, 1941** in **Jobbagy et Jackson, 2000**). En plus d'être influencée par les apports de biomasse au sol, l'accumulation du carbone serait liée au climat, au type de sol, aux conditions d'humidité ainsi qu'à la qualité du substrat organique (**Côté et al., 2000; Paul et al., 2002; Lai, 2005**).

L'accumulation du carbone dans les sols est donc fonction du taux de décomposition des apports organiques ainsi que de la minéralisation de la matière organique, deux processus essentiels à son bilan global (**Lambers et al., 1998**). Une décomposition rapide implique une perte en carbone tandis que l'inverse permet une accumulation nette (**Wardle et al., 1997**). Dans les sols ayant atteint un état d'équilibre, les apports annuels de débris sont à peu de chose près, équivalents aux pertes par la respiration hétérotrophe (**Raich et Nadelhoffer, 1989**).

Les sols forestiers sont des milieux aérobiques dans lesquels les apports de carbone sont considérés labiles, ce qui signifie que la majorité de la litière se décompose rapidement et que le carbone est retourné à l'atmosphère sous forme de CO₂. Cependant, une certaine fraction de ce carbone demeure récalcitrant et s'accumule dans la partie humique qui, si incorporée au complexe organo-minéral du sol, peut être séquestrée pendant d'importantes périodes (**Raich et Schlesinger, 1992; Siltanen et al., 1997**). Les flux de CO₂ en provenance des sols sont issus d'une combinaison de la respiration autotrophe des racines et de la respiration hétérotrophe provenant de l'activité des organismes décomposeurs et de la faune du sol (**Edwards et al., 1970**). Les premières études portant sur la respiration des sols ont conclu que la principale source de CO₂ provenait de la respiration hétérotrophe (**Turpin, 1920**). Ce n'est que plusieurs décennies plus tard que les travaux ont reconnu l'influence de la respiration des racines sur les pertes de CO₂ des sols (**Wiant, 1967**). Suite à ces travaux, plusieurs études ont démontré que la respiration des sols constituait l'un des principaux flux du cycle global du carbone (**Post et Mann, 1990; Raich et Schlesinger, 1992**) et que le processus variait considérablement d'un écosystème à un autre avec les taux les plus bas dans les régions froides, principalement dans la toundra et les tourbières nordiques. Les budgets de carbone réalisés à l'échelle globale et régionale depuis plusieurs décennies ont permis de confirmer que les sols forestiers sont d'importants réservoirs de carbone qui séquestrent le CO₂ atmosphérique (**Schlesinger 1977; Post et al., 1982; Apps et al., 1993; Eswaran et al., 1993**). Cependant l'importance de ces puits varie géographiquement et temporellement (**Goodale, 2002**), principalement en raison des perturbations qui peuvent interrompre la croissance de la végétation et les apports de biomasse au sol (**Kurz, 2000 in LAGACÉ BANVILLE, 2009**).

6. Le rôle des sols forestiers dans le stockage du carbone :

Les forêts comptent parmi les principaux puits de carbone de la planète ; un puits de carbone est un réservoir naturel capable d'absorber et de stocker le carbone issu du CO₂. Ainsi, les puits de carbone contribuent à éliminer le CO₂ de l'atmosphère et jouent un rôle primordial dans la lutte contre l'effet de serre **(web master 07)**.

La séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers est devenue en quelques années un enjeu majeur de la politique environnementale internationale, dans l'optique d'une réduction des émissions de gaz à effet de serre **(Jean et Gérôme, 2001)**. Le carbone emmagasiné dans les sols des forêts représente 35 pour cent du total de carbone présent dans les réservoirs du sol (1 500 Pg) **(FAO, 2015)**.

En effet, de par leur rôle de fixation et de stockage de carbone, les forêts contribuent fortement à la régulation du climat. Le rôle des écosystèmes forestiers : Tous les végétaux, y compris les arbres et les autres plantes forestières, utilisent la photosynthèse pour absorber le CO₂ et le transformer en différents composés organiques qui constituent le matériel végétal comme le bois, l'écorce les feuilles ou les racines. En raison de la longue durée de vie de la plupart des arbres et de leurs dimensions relativement importantes, les forêts sont de véritables réserves de carbone **(web master 08)**.

7. Carbone organique dans les sols africains :

l'une des caractéristiques les plus frappantes des sols africains est la très grande variabilité ainsi que la répartition hétérogène des teneurs en carbone organique du sol, l'Afrique contribue seulement pour 4 % des émissions mondiales de carbone issues des combustibles fossiles responsables de l'augmentation des concentrations en dioxyde de carbone atmosphérique (0,2 Pg C/an). Cependant, l'Afrique génère plus d'un cinquième des émissions mondiales issues de l'exploitation des terres (à savoir, déforestation et modifications dans l'usage des terres.

D'après la version modifiée de la HWSO [49], les stocks de carbone du sol en Afrique continentale ont été estimés à 80,1 Gt C pour la couche arable (0-30 cm) et à 74,5 Gt C pour le sous-sol (30-100 cm), soit un total de 154,6 Gt C pour une profondeur de 0-100 cm.

Les sols de la République Démocratique du Congo et du Soudan en renferment la plus grande quantité avec 19,11 et 12,65 Gt respectivement.

Plusieurs estimations placent les réserves en carbone terrestre de l'Afrique (ce qui inclut le carbone organique de la végétation et de l'intégralité du sol, y compris au delà du premier mètre) entre 250 et 280 Gt. D'après ces chiffres, le sol en renfermerait entre 55 et 70 %.

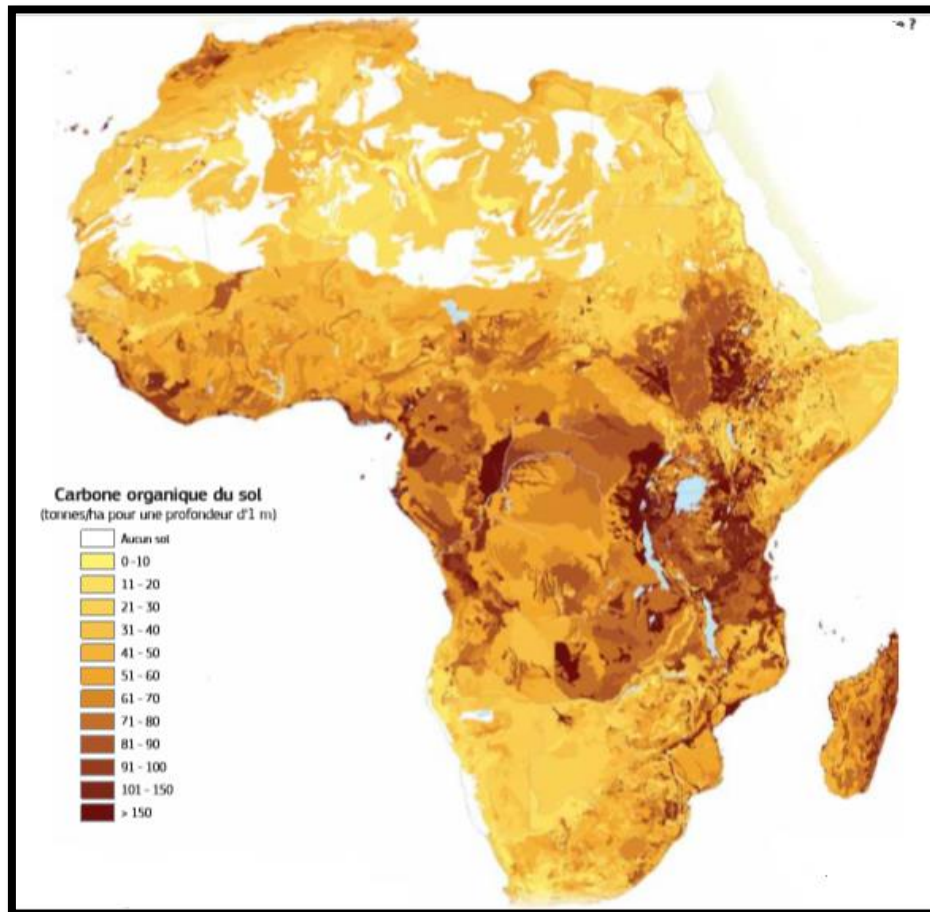


Figure 21:La quantité de carbone organique dans les premiers 100 cm du sol.

8. Le rapport C/N :

Pour un sol donné, le rapport C/N (carbone organique/azote total) du sol est un indicateur du degré de décomposition ou de maturation de la matière organique du sol (**Olivier et Jacques, 2007**).

Il renseigne sur :

Le degré d'évolution de la matière organique.

L'activité biologique.

Le potentiel de fourniture d'azote par le sol (minéralisation) (**Web master 09**).

Tableau 05 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N (8) (LCA, 2008)(**Web master 09**).

6	8	9	10	11	12	14	
Très faible	Faible		Normal		Légèrement élevé	Élevé	Très élevé
Sol à décomposition rapide de la matière organique		Bonne décomposition de la matière organique			Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique		

9. Méthode de calcul du sloche de carbone organique :

La méthode de calcul pour évaluer la quantité de C organique dans un sol forestier est décrite en détail par ST-LAURENT et al. (1995) in **(SYLVIE 1999 et al)** . Brièvement, elle consiste à calculer la quantité de C organique de chaque horizon et d'additionner le tout. On calcule la quantité de C organique dans un horizon de la façon suivante :

$$q = C \times Db \times \text{Ée}$$

où :

q = quantité de C organique dans un horizon (t.ha-1)

C = concentration de C organique dans l'horizon (%)

Db = densité apparente de l'horizon (g.cm-3)

Ée = épaisseur effective de l'horizon (cm), en excluant **(SYLVIE 1999 et al.,)**.

10. Définition de La matière organique :

Les matières organiques des sols rassemblent tout ce qui vit ou a été vivant dans les sols, c'est-à-dire des résidus végétaux et animaux à divers stades de décomposition, la faune et la flore du sol ainsi que les racines **(Gregorich et al, 2003 in LABOUBEE, 2007)**, aussi l'ensemble des composés carbonés et azotés issus de la dégradation des produits de la faune et de la flore, de surface et du sous-sol. Elle présente une gamme de substance très différents et à des stades d'évolution très variée **(Duchaufour, 1977 in FALINIRINA, 2010)**.

Elle est principalement composée : de carbone (50%), d'oxygène (40%), d'hydrogène (5%), d'azote (4%) **(SAMAI, 2017)**.

11. Les rôles de la matière organique du sol :

11.1. Le Complexe Argilo-Humique

L'humus et l'argile sont associés en un complexe : le Complexe Argilo-Humique.

L'humus protège l'argile : en retenant l'eau, il évite sa dispersion.

L'argile protège l'humus de l'action des micro-organismes en ralentissant sa minéralisation.

Le tout forme un colloïde qui permet de stabiliser un sol.

Argile et humus sont reliés entre eux par des cations comme le Ca²⁺ et le Fe²⁺ ou Fe³⁺.

Le CAH, chargé négativement sur sa surface peut fixer les cations du sol (**web master 09**).

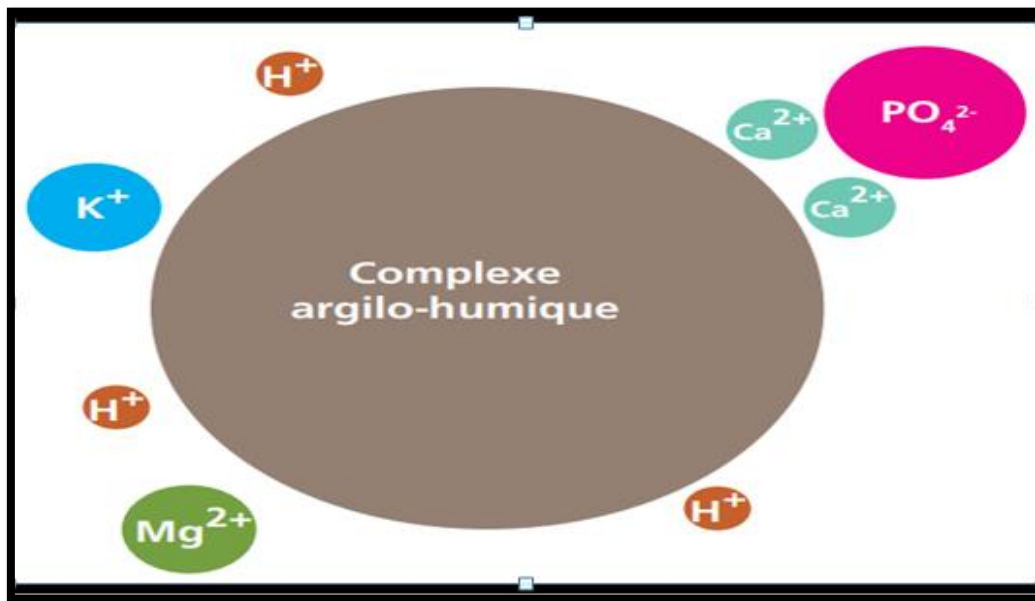


Figure 22 : Le complexe Argilo-humique.

11.2. Les fonctions de la MO du sol :

La MOS joue un rôle critique dans la stabilisation de la structure du sol, la rétention et la libération de nutriments pour les végétaux et le maintien de la capacité de rétention des sols, Elle est ainsi un indicateur clé de la productivité agricole, mais aussi de la résilience environnementale.

Le renouvellement de la MOS influence le fonctionnement des écosystèmes et le réchauffement climatique.

La décomposition de la MOS libère des nutriments minéraux, Ces derniers deviennent disponibles et permettent ainsi la croissance des végétaux (Van der Wal et de Boer, 2017), Une meilleure croissance des végétaux et une plus grande productivité contribuent ainsi à assurer la sécurité alimentaire. (**FAO, 2017**)

Les matières organiques peuvent réduire la sensibilité des terrains à l'érosion (**Web master 06**).

12. L'évolution de la matière organique :

Sous l'action des organismes vivants du sol, la matière organique est transformée. Il en résulte une libération rapide d'éléments nutritifs (processus de minéralisation) et la formation d'humus (processus d'humification) (**Web master 10**).

La minéralisation consiste en la libération des éléments chimiques qui sont dans les divers composés organiques (carbone, azote, oxygène...) de la litière sous forme de substances

minérales diverses. Ce sont les organismes décomposeurs, bactéries et champignons, qui principalement réalisent cette minéralisation. Mais celle-ci est assurée en partie par tous les êtres-vivants du sol au cours de la respiration : les composés organiques entrant en jeu laissent bien place au rejet de dioxyde de carbone, le carbone a été minéralisé.

L'humification est une mise en réserve de la matière organique végétale qui est présente sur le sol sous forme de déchets : certaines substances difficilement digérables par les organismes détritivores (par exemple la cellulose) sont en effet utilisées par des bactéries humifiantes pour faire la synthèse de molécules organiques différentes qui vont former l'humus (notamment les acides humiques). L'humification est un phénomène très lent (2 à 3 ans), ainsi que l'utilisation de ces réserves de matière organique (**Web master 01**).

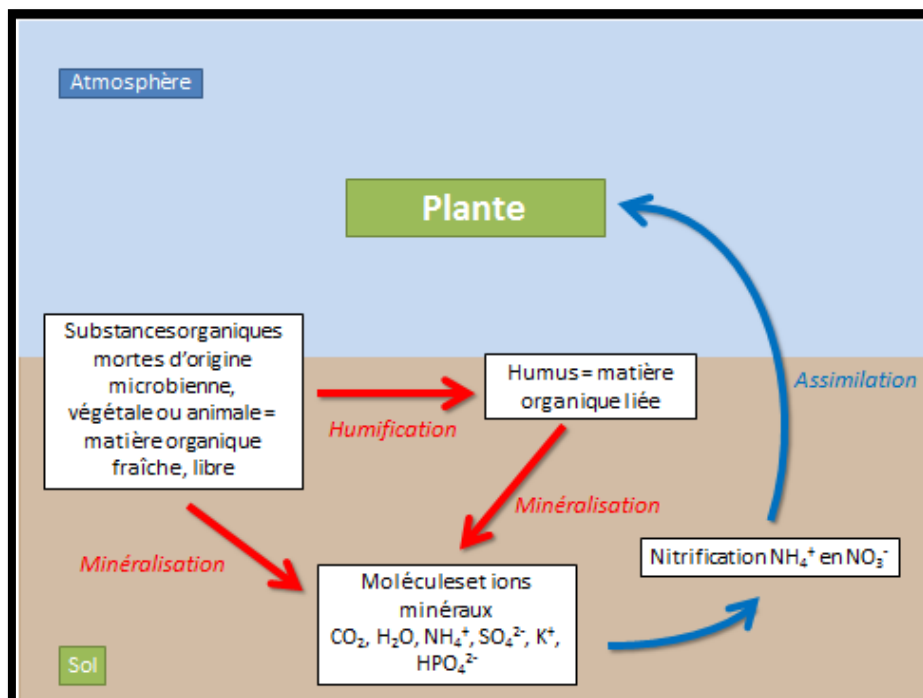


Figure 23: les matières organiques du sol.

13. les compartiments de la matière organique :

Les MO du sol ne sont pas homogènes, certaines sont minéralisées rapidement après leur entrée dans les sols, tandis que d'autres persistent très longtemps (**Schmidt et al, 2011**).

On distingue souvent trois compartiments de MO dans les sols, en fonction de leur vitesse de dégradation (**von Lutzow et al, 2008**).

Les MO labiles sont dégradés sur des échelles de temps allant de la journée à l'année.

Les MO intermédiaires le sont en quelques années voire décennies.

Ces deux compartiments sont majoritairement alimentés par des apports végétaux, des résidus animaux, bactériens et fongiques.

Le compartiment intermédiaire est aussi alimenté par les produits de dégradation du compartiment labile. Il correspond à un stock de MO relativement actif et régulièrement renouvelé, et donc fortement influencé par les pratiques de gestion du sol.

Enfin le compartiment de MO stables se renouvelle sur des temps allant de plusieurs décennies à plusieurs siècles. Il est alimenté par les compartiments labiles et intermédiaires et comprend la majeure partie du C organique des sols sous forme de résidus végétaux, animaux ou de produits du métabolisme microbien, qui peuvent être inclus dans des agrégats et/ ou adsorbés sur les surfaces minérales (**Derrien et al, 2016**).

Chapitre IV : généralité sur la conservation du sol

1. la biologie de la conservation :

La biologie de la conservation est le champ scientifique qui étudie et vise à protéger le monde vivant et sa diversité biologique soit, dans une forme concise, la biodiversité. Ce champ a émergé durant les 35 dernières années comme une discipline majeure pour répondre à la perte alarmante de diversité biologique.

Elle s'appuie sur trois démarches principales :

- documenter la gamme complète de la diversité biologique ;
- étudier les impacts des activités humaines sur les espèces, les communautés et les écosystèmes ;
 - développer des approches pratiques pour prévenir l'extinction des espèces, maintenir la diversité génétique au sein des espèces, protéger et restaurer les communautés et les fonctions écosystémiques associées (**PRIMACK et al, 2012**).

Elle est souvent qualifiée de discipline de crise car elle a pour objectif de remédier dans l'urgence à la situation dramatique du déclin de la biodiversité (Heywood et Iriondo, 2003 in **CHIHAB 2019**).

1.1. Définition de La biodiversité :

La protection de la diversité biologique est un objectif central pour la biologie de la conservation. Les biologistes de la conservation utilisent le terme de diversité biologique, ou simplement de biodiversité, pour évoquer la gamme complète des espèces et des communautés biologiques, mais aussi la variation génétique au sein des espèces et l'ensemble des processus écosystémiques (**PRIMACK et al, 2012**).

Pour **Frankel (1970) in SAIDI 2017**, La diversité biologique, ou biodiversité est la variété et la variabilité de tous les organismes vivants. Ceci inclut la variabilité génétique à l'intérieur des espèces et de leurs populations, la variabilité des espèces et de leurs formes de vie, la diversité des complexes d'espèces associées et de leurs interactions, et celle des processus écologiques qu'ils influencent ou dont ils sont les acteurs (dite diversité écosystémique).

. Elle joue un rôle fondamental dans les interactions biologiques, dans le fonctionnement des écosystèmes, les grands équilibres de la planète (climat, cycles biogéochimiques...). Ainsi, la biodiversité s'évaluera sur trois niveaux de diversité biologique, le niveau des espèces (la diversité spécifique), le niveau des écosystèmes (la diversité écologique) et le niveau des gènes (la diversité génétique) (Wilson, 1992 ; Dobson, 1985 ; Eldredge et Miller, 1998 in **SAIDI 2017**).

Selon cette définition, la biodiversité est considérée selon trois niveaux d'intégration :

- **La diversité spécifique.** Elle comprend toutes les espèces sur la terre, incluant les organismes unicellulaires comme les bactéries, les protistes et les organismes multicellulaires (plantes, champignons, algues et animaux) ;
- **La diversité génétique.** C'est la variation génétique à l'intérieur des espèces, à la fois entre individus au sein d'une population et entre populations d'une espèce qui sont géographiquement séparées ;
- **La diversité écosystémiques.** Elle concerne les différentes communautés biologiques en interaction avec l'environnement chimique et physique via des flux de matière et d'énergie **(PRIMACK et al , 2012).**

1.2. Conservation de la biodiversité :

Il existe deux stratégies pour conserver la diversité génétique : la conservation *in situ* et la conservation *ex situ*, qui sont chacune composées de différentes techniques. L'article 2 de la convention sur la diversité biologique donne les définitions suivantes pour ces deux stratégies de conservation (UNCED 1992) :

- La conservation *ex situ* correspond à la conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel ;
- la conservation *in situ* correspond à la conservation des écosystèmes et des habitats naturels et le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs **(ENGELMANN, 2010).**

2. Dégradation des sols :

La dégradation des sols est un phénomène mondial se traduisant par une réduction de la capacité des terres et des sols à rendre de manière durable des services environnementaux et à produire de la valeur économique

La dégradation des sols en Méditerranée est un phénomène ancien qui s'est aggravé dans les dernières décennies, sous l'effet de facteurs naturels (précipitations, vent, ruissellement...) et d'actions anthropiques néfastes (surpâturage, surexploitation des ressources forestières, irrigation mal conduite, urbanisation...). Selon leur caractéristique (topographie, composition, couverture végétale...), les sols offrent des capacités de résistance plus ou moins forte. L'érosion des sols et la salinisation augmentent le risque de désertification des régions les plus vulnérables **(LAZZERI et NAHON 2013).**

Dans la commune de Tessala, les types d'érosion qui prédominent sont:

- l'érosion en nappe;
- l'érosion en griffe;
- le ravinement.

Dans cette zone le phénomène d'érosion est mis en évidence d'une part, par la géomorphologie de la zone, de son caractère topographique, la fragilité du substrat géologique

Ainsi que par un climat semi-aride irrégulier. En effet, environ 80 % des surfaces sont soumises à une érosion intense. Ces caractéristiques peuvent aussi constituer un risque de glissement de terrains ou d'effondrement et de chutes de rochers (PDAU, 2005) **in FERKA ZAZZOU 2006.**

3. Conservation du sol

Conservation des sols et protection de la nature sont sœurs.

Ce sont, en réalité ; deux aspects du même problème maintenir l'équilibre naturel: sol, climat, végétation ou si l'utilisation du sol par l'homme doit marquer un nouvel équilibre, établir ce nouvel équilibre sur des bases solides et rationnelles pour assurer le maintien des profils et de la fertilité (**LOUDIN**).

La conservation des sols combine toutes les méthodes de gestion et d'utilisation des terres qui préviennent la diminution ou la détérioration des sols par des causes naturelles ou humaines.

Elle vise le plus souvent à gérer les sols de manière à prévenir leur érosion par l'eau de pluie et de ruissellement, ainsi que par le vent. Elle tente également de protéger les sols contre les dommages occasionnés par la machinerie agricole (p. ex. le compactage) et les changements nocifs à leur composition chimique (p. ex. l'acidification et la salinisation) (**DONALD et al 2013**).

Partie expérimentale

Chapitre V : Matériels et Méthodes

Introduction :

L'étude complète d'un sol nécessite, en complément des observations de terrain, de réaliser des analyses en laboratoire. L'analyse de sol est l'un des outils les plus utilisés car il permet d'aborder de nombreux aspects du fonctionnement des sols, ça consiste en une série d'opérations physiques et chimiques.

1. Matériel et méthode :

Les analyses de sols ont été effectuées au niveau du laboratoire de pédologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djilali Liabès (Sidi Bel Abbès).

Une sortie sur terrain a été réalisée le 17/03/2020 au niveau du mont de la commune de Tessala. Dans la zone d'étude, nous avons choisie 17 stations différentes :

Tableau n°06 : Exposition et type de formation végétale de chaque station.

Echantillons	Exposition	Formation végétales
Echantillon 01	Sud	Végétation herbacée
Echantillon 02	Sud	Garrigue dense
Echantillon 03	Sud	Garrigue dense
Echantillon 04	Sud	Foret pin d'Alep et d'Eucalyptus
Echantillon 05	Sud	Foret pin d'Alep et d'Eucalyptus
Echantillon 06	Sud	Foret pin d'Alep et d'Eucalyptus
Echantillon 07	Sud	Foret pin d'Alep et d'Eucalyptus
Echantillon 08	Sud	Garrigue claire
Echantillon 09	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 10	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 11	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 12	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 13	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 14	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 15	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 16	Sud	Tallis de chêne vert
Echantillon 17	Sud	Terre agricole

1.1. Matériels utilisés :

Au cours de notre sortie sur terrain nous avons eu besoin du matériel suivant :

GPS

Appareil photo

Pelle et pioche pour l'ouverture des fosses

Sacs en plastique

Etiquettes et marqueur

1.2. Méthodologie :

Pour la réalisation de notre partie expérimentale nous avons adopté la méthodologie suivant :

-Localisation du lieu de prélèvement et définition de la position à l'aide du GPS afin de noter les coordonnées géographiques.

-Les prélèvements ont concernés les 30 premiers centimètres à partir de la surface du sol.

-Les échantillons de sol, une fois ramenés au laboratoire, sont séchés à l'air libre pendant 10 à 15 jours (voir Figure n°). Une fois séchées, la terre est tamisée à travers un tamis de 2 mm, séparant les éléments grossiers de la terre fine.

-Pour la caractérisation physico-chimique de nos sols nous sommes intéressés aux paramètres suivants ;

Le Calcaire total ; le dosage de calcaire total s'est fait par la méthode du calcimètre Bernard.

Le calcaire actif ; le dosage du calcaire actif a été réalisé par la méthode DROUINEAU.

Le carbone organique ; la méthode Anne a été adoptée pour le dosage du carbone organique.

Le pH ; pour définir le pH nous avons eu recours à la méthode électro métrique (pH mètre).

La conductivité électrique ; pour déterminer la CE nous avons utilisé la méthode électro métrique grâce au conductimètre sur une solution au 1/5^{ème}.

La texture ; pour définir la texture de nos échantillons nous avons eu recours à la méthode de granulométrie par sédimentation afin d'obtenir le plus de précision possible concernant les pourcentages des particules minérales composant le sol.

Le SCO, par la méthode décrite par Blanchart(2005) (voir Annexe).

1.3. Géolocalisation des stations :

Tableau n°07 : coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage en degrés décimaux.

Echantillons	Altitude (m)	Latitude X	Longitude Y	Exposition
Echantillon 01	837	35°16'03''N	0°46'38''W	SUD
Echantillon 02	983	35°16'23''N	0°46'43''W	SUD
Echantillon 03	980	35°16'20''N	0°46'46''W	SUD
Echantillon 04	972	35°16'22''N	0°46'42''W	SUD
Echantillon 05	977	35°16'22''N	0°42'41''W	SUD
Echantillon 06	867	35°16'06''N	0°46'41''W	SUD
Echantillon 07	850	35°16'06''N	0°46'35''W	SUD
Echantillon 08	975	35°16'25''N	0°46'51''W	SUD
Echantillon 09	974	35°16'24''N	0°46'42''W	SUD
Echantillon 10	977	35°16'25''N	0°46'50''W	SUD
Echantillon 11	977	35°16'25''N	0°46'51''W	SUD
Echantillon 12	975	35°16'21''N	0°46'51''W	SUD (ombragé)
Echantillon 13	976	35°16'21''N	0°46'50''W	SUD (ensoleillé)
Echantillon 14	964	35°16'24''N	0°46'59''W	SUD
Echantillon 15	961	35°16'25''N	0°47'00''W	SUD
Echantillon16	952	35°16'19''N	0°47'01''W	SUD
Echantillon 17	657	35°16'19''N	02°45'42''	SUD

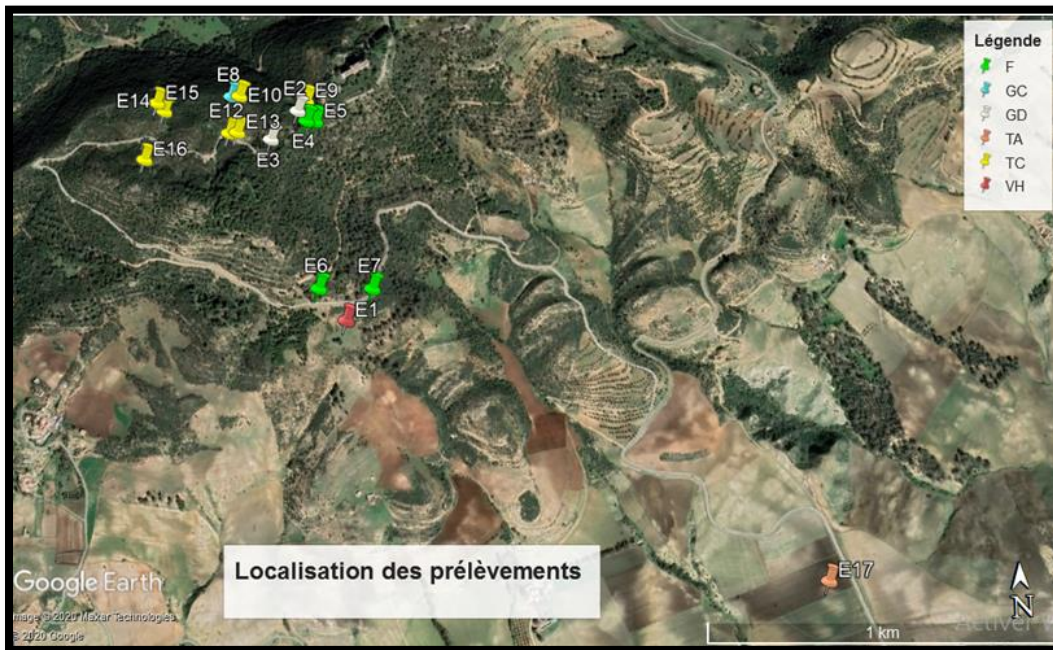


Figure n° 24 : localisation des échantillons prélevés sur une image satellite Google Earth.



Figure n°25 : Pédopaysage sous végétation herbacée (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°26 : Pédopaysage (E2) sous garrigue dense (cliché Bouasria, Ayad2020).



Figure n°27: Pédopaysage(E3) sous garrigue dense (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°28: Pédopaysage (E4) sous forêt pin d'Alep et d'Eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°29: Pédopaysage (E5) sous forêt pin d'Alep et d'Eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°30 : Pédopaysage (E6) sous forêt pin d'Alep et d'Eucalyptus. (Cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°31: Pédopaysage (E7) sous forêt pin d'Alep et d'Eucalyptus (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°32: Pédopaysage(E8) sous garrigue clair (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°33: Pédopaysage(E09) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°34:Pédopaysage (E10) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°35:Pédopaysage (E11) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°36:Pédopaysage (E12) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°37:Pédopaysage (E13) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°38:Pédopaysage (E14) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°39:Pédopaysage (E15) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).



Figure n°40: Pédopaysage (E16) sous Tallis de chêne vert (cliché Bouasria, Ayad 2020).

2. Etude pédologique :

2.1. Dosage du calcaire total :

Le calcaire total c'est l'ensemble du calcaire du sol représenté sous toutes dimensions (toutes les tailles), il groupe les carbonates insolubles des sols, ceux des carbonates de calcium et de magnésium.

Le dosage du CaCO_3 total (%) est réalisé par la méthode volumétrique à l'aide du calcimètre de **BERNARD**, en décomposant les carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique, et mesurant le volume de CO_2 dégagé, La réaction est la suivante :

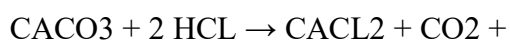
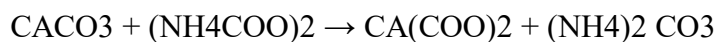


Tableau n°08: Echelle d'interprétation des carbonates de calcium.

Carbonates %	Charge en calcaire
< 1%	Sol non calcaire
1 à 5%	Sol peu calcaire
5 à 25%	Sol modérément calcaire
25 à 50%	Sol fortement calcaire
50 à 80%	Sol très fortement calcaire
>80%	Sol excessivement calcaire

2.2. Dosage du calcaire actif :

Le calcaire actif représente la partie du calcaire facilement solubilisable, son dosage s'est effectué selon la méthode de **DROUINEAU - GALET** (1940) en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique, suivant la réaction :

**Tableau n°09:** Echelle d'interprétation du calcaire actif.

Taux de calcaire actif en %	Charge en calcaire actif
0 à 5%	Faible
5 à 10%	Assez élevée
10 à 20%	Élevée
+ de 20%	Très élevée

2.3. Dosage du carbone organique :

Le dosage du carbone organique du sol sert à apprécier le taux de matière organique totale présent dans le sol, s'est effectuée par la méthode **ANNE**, dont il est oxydé par du bichromate de potassium en excès, en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Mohr (qui réduit les bichromates) en présence de diphénylamine.

Tableau n°10 : Echelle d'interprétation de la matière organique.

%MO	Classe
< 1%	Très pauvre en MO
1 à 2%	Pauvre en MO
2 à 4%	Moyenne en MO
>4%	Riche en MO

2.4. Mesure du pH :

Le pH (potentiel Hydrogène) est une indication de la concentration en ions H⁺ présents dans le sol. Plus la concentration en ions H⁺ est élevée, plus le pH est faible ou « acide ». Au contraire, plus la concentration en ions H⁺ est faible, plus le pH est élevé ou « alcalin ».

La détermination du pH du sol a été faite selon la méthode électro métrique (Black et Evan, 1965). La mesure du pH eau a été faite par la lecture directe sur pH-mètre, dans une suspension sol /eau.

Tableau n°11:Echelle d'interprétation du pH (BIAZE D. ; 2000).

Valeur de pH	Classe d'interprétation
< 4,5	Extrêmement acide
4,5-5	Très fortement acide
5,1-5,5	Fortement acide
5,6-6,0	Moyennement acide
6,1-6,5	Légèrement acide
6,6-7,0	Très légèrement acide
7,1-7,5	Très légèrement alcalin
7,6-8,0	Légèrement alcalin
8,1-8,5	Moyennement alcalin
8,5	Très fortement alcalin

2.5. Conductivité électrique :

La salure d'un sol est due aux sels solubles en générale qui sont les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et parfois les nitrates.

La conductivité électrique permet d'obtenir rapidement la teneur globale en sels dissous ; elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre.

Tableau n°12 : échelle d'interprétation de la salinité en fonction de la conductivité électrique.

CE (ms /cm)	Degré de salinité
< 0,6	Sol non salé
0,6 <02	Sol peu salé
02 <2,4	Sol salé
2,4 <06	Sol très salé
>06	Sol extrêmement salé

2.6. La granulométrie :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la texture, en classant par catégorie de diamètre les particules minérales du sol. Elle est effectuée par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de ROBINSON.

La méthode consiste à détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée puis disperser les particules par l'hexamétaphosphate de sodium par agitation.

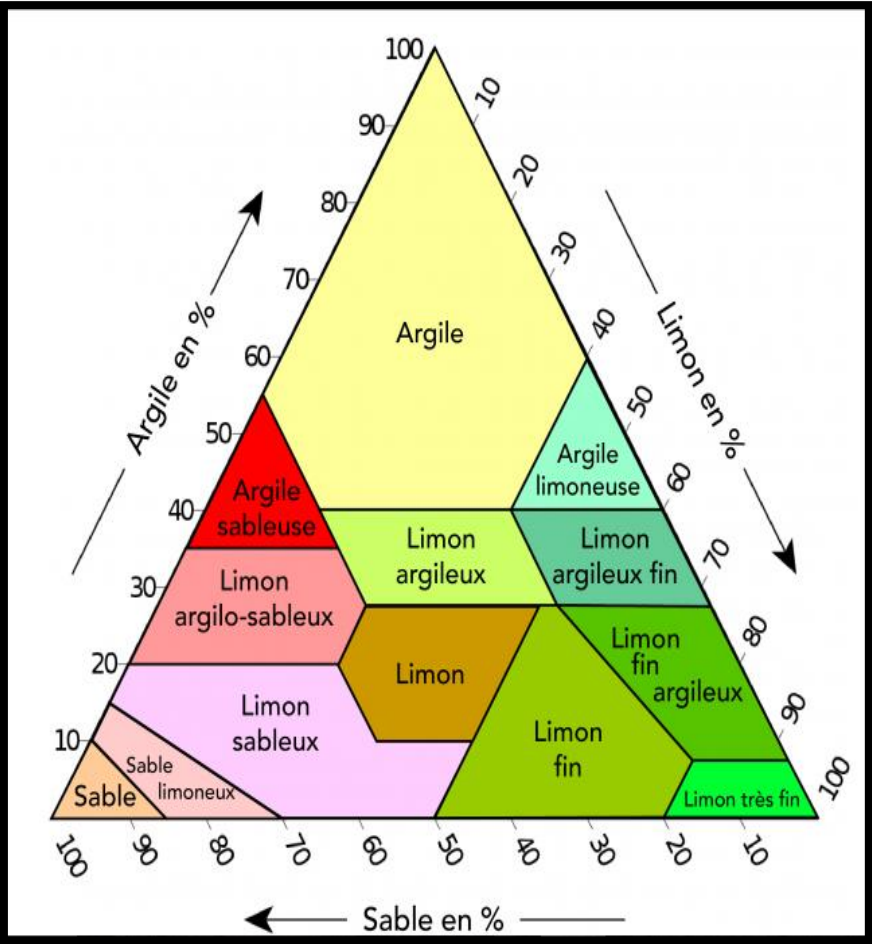


Figure n°41 : Triangle de la texture du sol.

Chapitre

VI :

Résultats

et

discussion

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de l'étude pédologique, des commentaires pour chaque paramètre analysé, et enfin, une discussion générale.

Résultats des analyses pédologiques :

1. Calcaire total :

Le tableau ci-dessous représente les résultats du taux de calcaire total pour chaque échantillon de sol.

Tableau n°13 : Résultats du taux de calcaire total.

Echantillons	% de calcaire total
E1VH	16,21
E1GD	27,02
E2GD	16,36
E1F	43,24
E2F	40,54
E3F	12,16
E4F	4,05
E1GC	2,7
E1TC	8,1
E2TC	0,81
E3TC	4,05
E4TC	9,45
E5TC	0,81
E6TC	0,81
E7TC	0,54
E8TC	0,54
E1TA	24,54

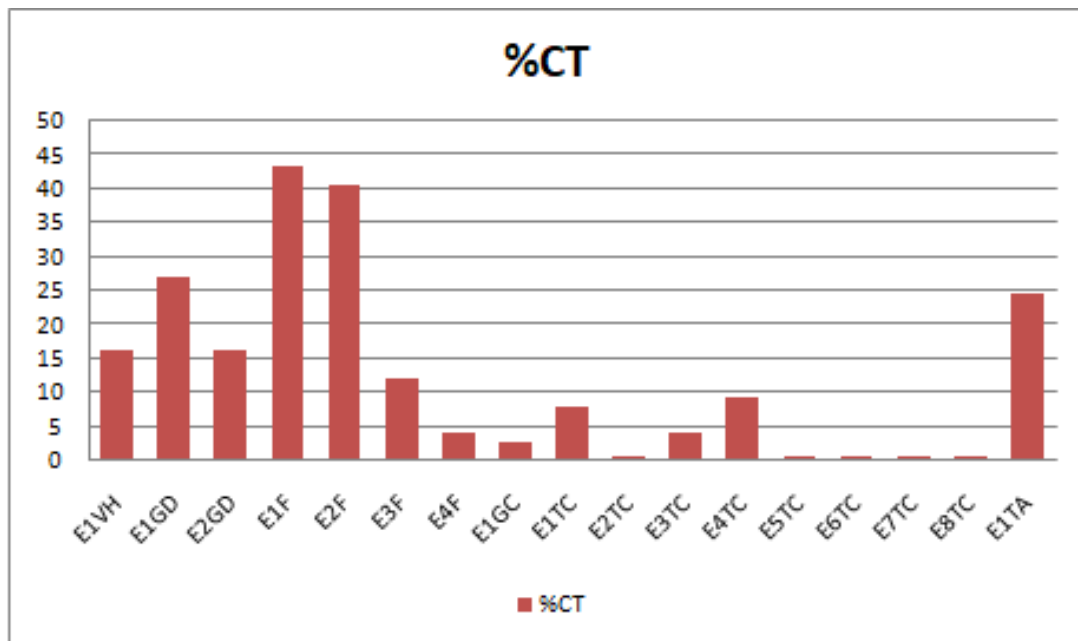


Figure n°42: Histogramme représentant les taux de calcaire total des sols étudiés.

Commentaire :

Selon l'échelle d'interprétation du calcaire total Les résultats de l'analyse montre que :

Les échantillons E1T, E4T, E3F, E1VH, E2GD, E1TA Sont des sols modérément calcaires avec des valeurs situées entre 8,1% et 24,54%.

Les échantillons E2T, E5T, E6T, E7T, E8T sont classé comme des sols non calcaire avec un taux inférieur à 1%, tandis que les échantillons E1GC, E4F, E3T sont des sols peu calcaire avec des valeurs situées entre 2,7% et 4,05%.

En ce qui concerne les échantillons restant, soit E1GD, E2F, E1F, ce sont des sols fortement calcaire avec des valeurs situées entre 27,02% et 43,24%.

2. calcaire actif :

Le tableau ci-dessous représente les résultats du taux de calcaire actif dans chaque échantillon de sol.

Tableau n°14 : résultats du taux de calcaire actif.

Echantillons	% de calcaire actif
E1VH	1,3
E1GD	4,8
E2GD	1,37
E1F	7
E2F	7,12
E3F	3,5
E4F	0
E1GC	1,5
E1TC	0
E2TC	0
E3TC	0
E4TC	0,75
E5TC	0
E6TC	0
E7TC	0
E8TC	0
E1TA	8

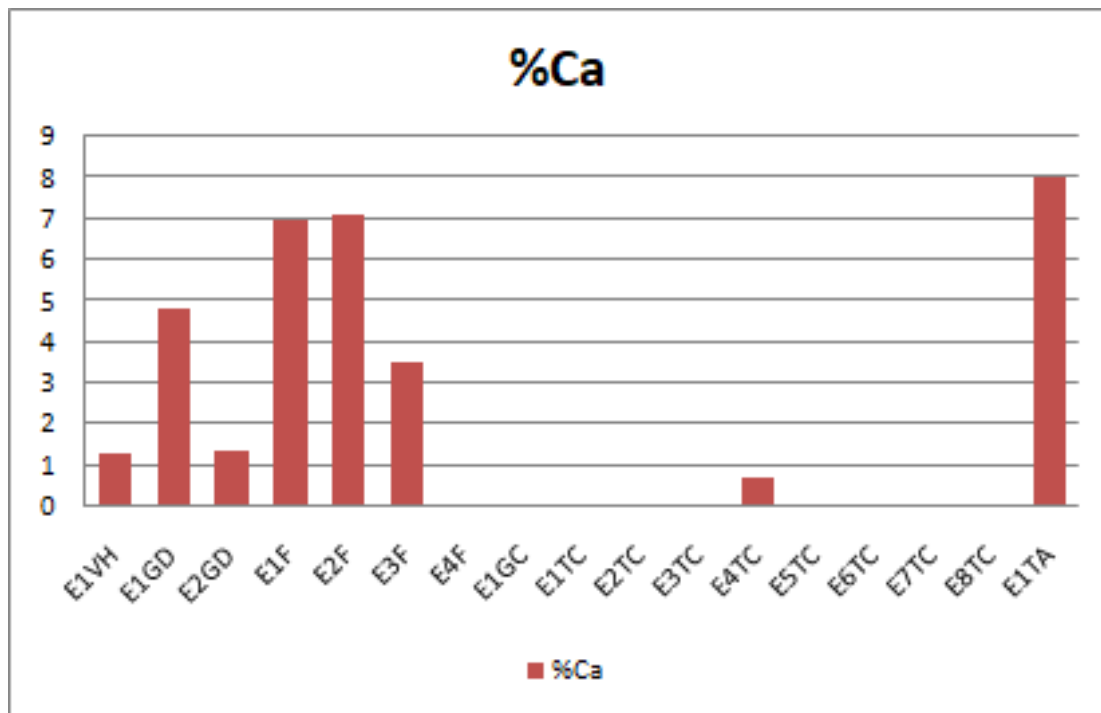


Figure n°43 : Histogramme représentant les taux de calcaire actif des sols étudiés.

Commentaire :

L'ensemble des échantillons des sols E1VH, E1GD, E2GD, E3F, E4F, E1T, E2T, E3T, E5T, E6T, E7T, E8T sont dépourvu de calcaire actif, à l'exception des échantillons E1F, E2F, ETA ils présentent des valeurs variant entre 7 et 8%ce qui représente une teneur assez élevée en calcaire actif.

3. La matière organique :

Le tableau ci-dessous représente les résultats du taux de carbone organique et la matière organique dans chaque échantillon de sol.

Tableau n°15 : Résultats du taux de carbone et de matière organique.

Echantillons	%CO	%MO
E1VH	3,32	6,64
E1GD	6,76	13,52
E2GD	6,76	13,52
E1F	3,69	7,38
E2F	6,97	13,94
E3F	9,22	18,44
E4F	3,07	6,14
E1GC	6,56	13,12
E1TC	6,56	13,12
E2TC	7,17	14,34
E3TC	5,74	11,48
E4TC	5,74	11,48
E5TC	5,94	11,88
E6TC	6,76	13,52
E7TC	7,17	14,34
E8TC	6,97	13,94
E1TA	3,28	6,56

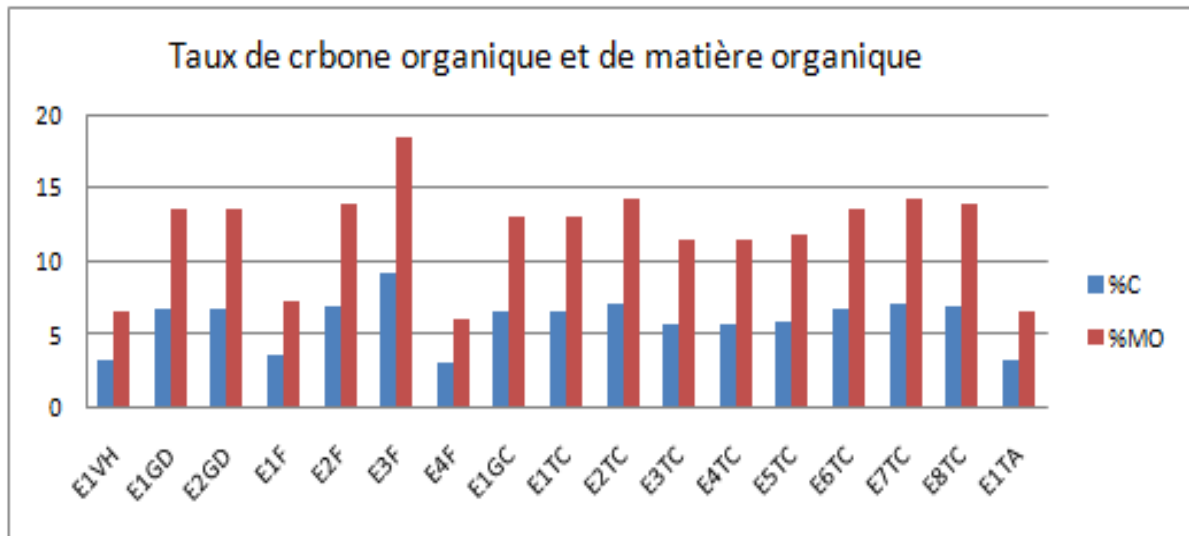


Figure n°44: Histogramme représentant les taux de carbone organique et matière organique.

Commentaire :

Les résultats du dosage de la matière organique montrent que tous nos échantillons sont classés comme des sols riches en matière organique vue que les valeurs sont supérieures à 4%, l'échantillon sous forêt E3F présent la valeur la plus élevée avec 18,44% tandis que l'échantillon sous forêt E4F affiche une valeur minimum de 6,14 .

4. Le pH et la conductivité électrique :

Le tableau ci-dessous représente les résultats du pH et de la conductivité électrique dans chaque échantillon de sol.

Tableau n°16 : résultats du PH et de la CE.

Echantillons	PH	CE (ms. Cm-1)
E1VH	8,1	0,15
E1GD	8,1	0,21
E2GD	7,8	0,18
E1F	8,2	0,27
E2F	8,3	0,24
E3F	8,3	0,36
E4F	8,6	0,14
E1GC	8,4	0,14
E1TC	7,6	1,44
E2TC	8,1	0,3
E3TC	8,2	0,23
E4TC	8,4	0,17
E5TC	8,3	0,24
E6TC	8,2	0,23
E7TC	8	0,28
E8TC	8,1	0,2
E1TA	9,1	0,27

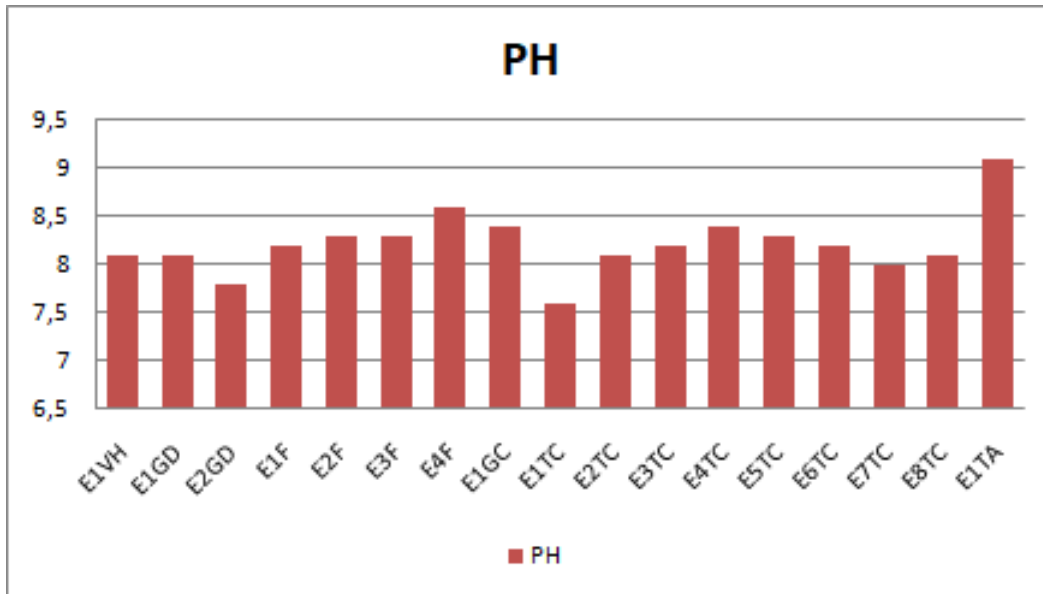


Figure n°45: Histogramme représentant le PH des sols étudiés.

Commentaire:

Les résultats du pH montre que :

Les échantillons E1VH, E1GD, E1F, E2F, E3F, E4TC, E5TC, E6TC, E8TC sont classés comme des sols moyennement alcalins avec des valeurs situées entre 8,1 et 8,4, tandis que les échantillons E2GD, E1TC, E7TC sont des sols légèrement alcalin avec des valeurs situées entre 7,6 et 8.

En ce qui concerne les échantillons restant soit E4F, E1TA, ce sont des sols très fortement alcalins avec des valeurs de 8,6 et 9,1.

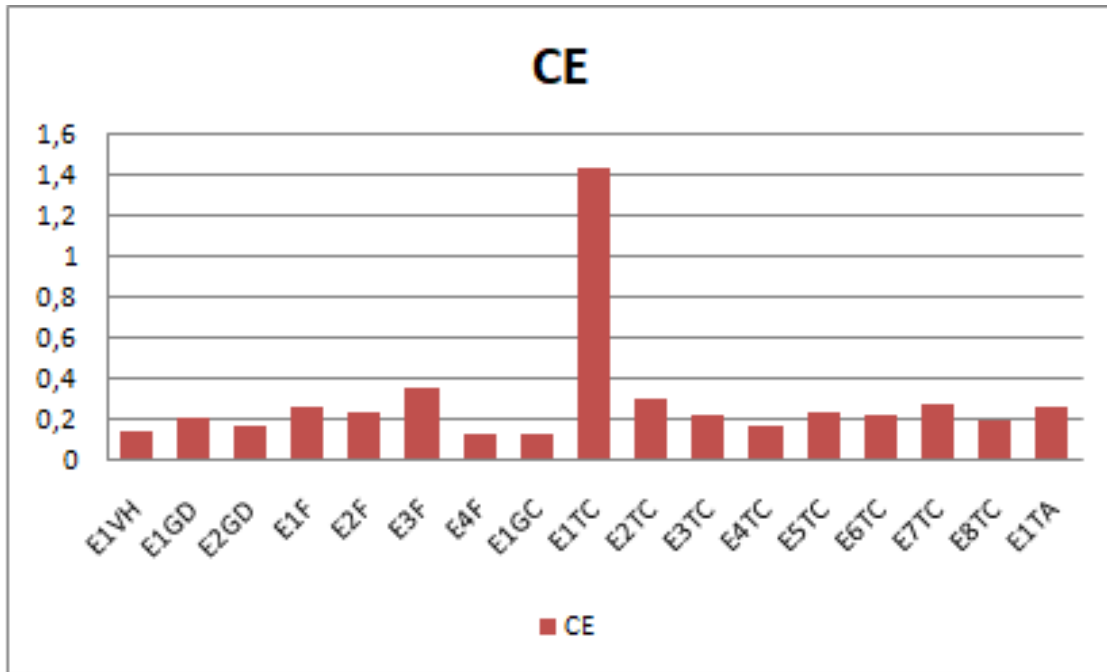


Figure n°46: Histogramme représentant la conductivité électrique des sols étudiés.

Commentaire :

La conductivité électrique des échantillons E1VH, E1GD, E2GD, E1F, E2F, E3F, E4F, E1GC, E2TC, E3TC, E4TC, E5TC, E6TC, E7TC, E8TC, E1TA varie entre 0,14 et 0,36 ms/cm, ce qui signifie que ces échantillons sont classés comme des sols non salés, l'échantillon E1TC fait l'exception avec une valeur de 1,44ms/cm, il est classé comme un sol peu salé.

5. Détermination de la texture :

Le tableau ci-dessous représente le pourcentage des différents taux d'argile, de limon ainsi que du sable pour chaque échantillon de sol.

Tableau n°17 : pourcentage des fractions minérales du sol (granulométrie).

Echantillons	% Argile	% LG	%LF	%S	Texture
E1VH	1,725	10,5	26,775	61	LS
E1GD	15,75	12,75	19,5	52	L
E2GD	17,25	13,5	25,5	43,75	L
E1F	11,25	16,5	12	60,25	LS
E2F	15	25,5	8,25	51,25	L
E3F	17,25	17,25	8,25	57,25	LS
E4F	15	4,5	3	77,5	LS
E1GC	15,75	19,5	20,25	44,5	L
E1TC	15,75	21	15,75	47,5	L
E2TC	13,5	20,25	15,75	50,5	L
E3TC	12,75	20,25	12,75	54,25	LS
E4TC	12	18	14,25	55,75	LS
E5TC	18	16,5	18,75	46,75	L
E6TC	18	39,75	0	42,25	L
E7TC	10,5	14,25	11,25	64	LS
E8TC	12	19,5	18,75	49,75	L
E1TA	48	6	27,75	18,25	A

a. Triangle des textures :

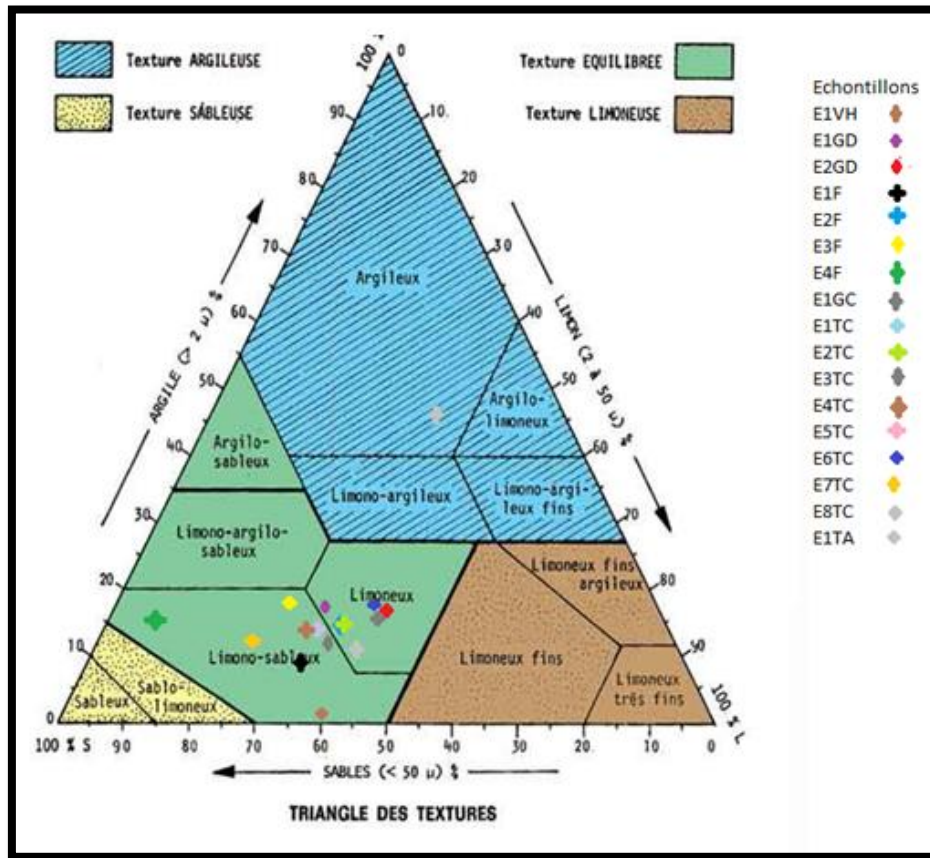


Figure n°47: Représentation de l'ensemble des échantillons sur le triangle des textures.

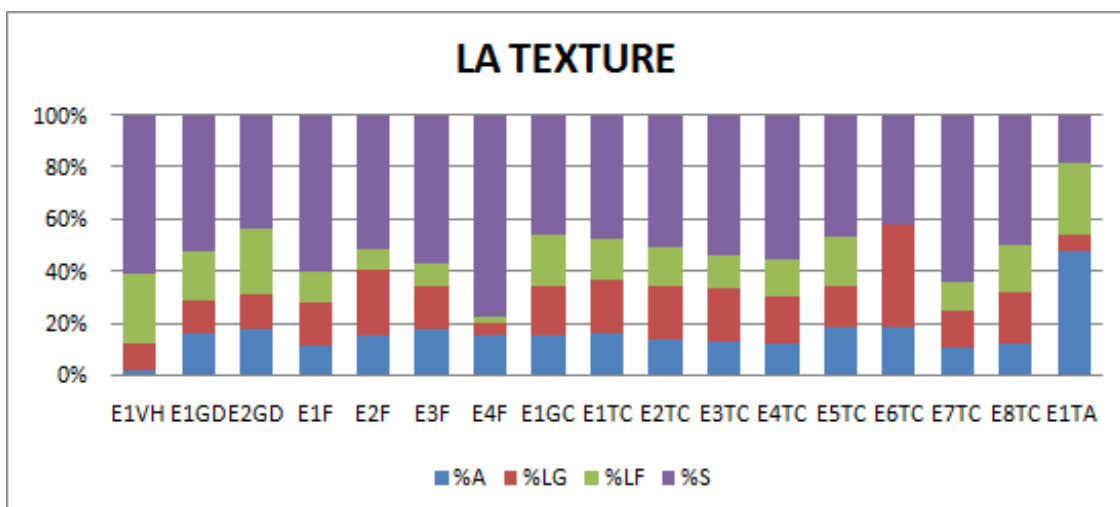


Figure n°48: Histogramme représentant la texture des sols étudiés.

Commentaire :

Après la projection des résultats de l'analyse granulométrique sur le triangle des textures nous avons remarqué que :

Les échantillons des sols E1GD, E2G, E6TC, E2TC, E2F, E1GC, E1TC, E2TC, E5TC, E6TC, E8TC, sont de texture limoneuse.

Les échantillons des sols E1VH, E1F, E3F, E4F, E3TC, E4TC, E7TC sont de texture limono-sableuse, à l'exception de l'échantillon E1TA qui est doté d'une texture argileuse.

b. Triangle d'érodibilité :

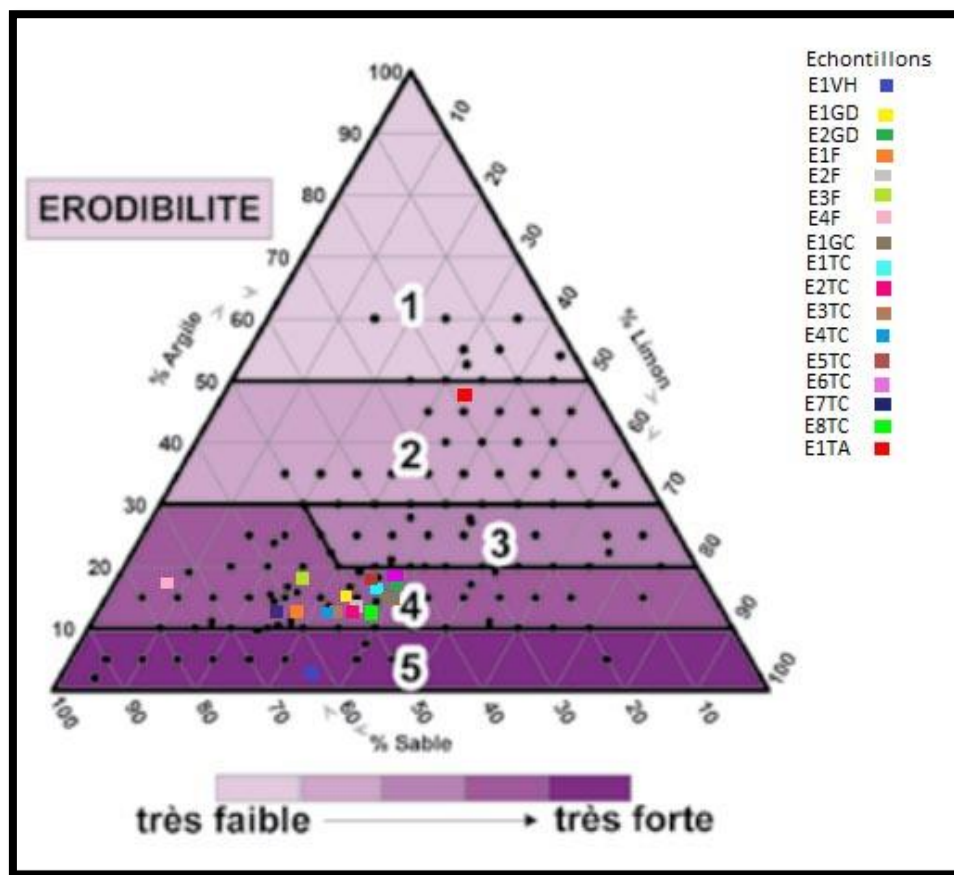


Figure n° 49 : Représentation des échantillons de sols sur le triangle d'érodibilité.

Commentaire :

La représentation des échantillons de sols sur le **triangle d'érodibilité**, nous révèle que l'ensemble des échantillons de sols E1GD, E2GD, E1F, E2F, E3F, E4F, E1GC, E1TC, E2TC, E3TC, E4TC, E5TC, E6TC, E7TC, E8TC présente un fort risque d'érodibilité, tandis que

l'échantillon E1VH présente un très fort risque d'érodibilité et l'échantillon E1TA un faible risque d'érodibilité.

C. Triangle de battance :

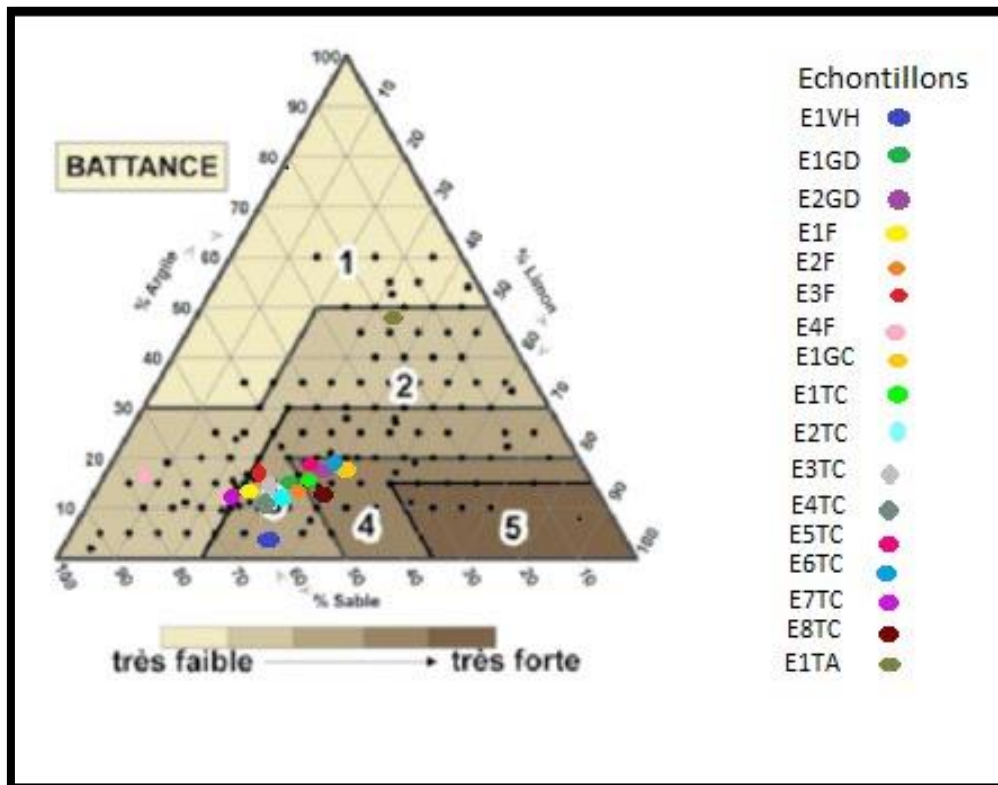


Figure n° 50 : Représentation des échantillons de sols sur le triangle de battance.

Commentaire :

La représentation des échantillons sur **le triangle de battance**, nous révèle que L'ensemble des échantillons de sols ; E1VH, E1GD, E1F, E2F, E3F, E2TC, E3TC, E4TC & E7TC, présentent un risque de battance moyen, tandis que les échantillons E2GD, E1GC, E1TC, E5TC, E6TC & E8TC, présentent un fort risque de battance. Les échantillons E1TA, E4F & E7TC sont dotés d'un faible risque de battance.

Tableau n°18 : Résultats des risques d'érodibilité et de battance des sols échantillonnés.

Echantillons	Erodibilité	Battance
E1VH	Très forte	Moyenne
E1GD	Forte	Moyenne
E2GD	Forte	Forte
E1F	Forte	Moyenne
E2F	Forte	Moyenne
E3F	Forte	Moyenne
E4F	Forte	Faible
E1GC	Forte	Forte
E1TC	Forte	Forte
E2TC	Forte	Moyenne
E3TC	Forte	Moyenne
E4TC	Forte	Moyenne
E5TC	Forte	Forte
E6TC	Forte	Forte
E7TC	Forte	Moyenne
E8TC	Forte	Forte
E1TA	Faible	Faible

6. Evaluation du stock de carbone organique :
Tableau n°19 : valeur du SCO des sols étudiés.

Echantillons	C (g, kg-1)	Da (g.cm-3)	Epaisseur (Cm)	SCO (t/ha)
E1VH	33,2	1,3	30	125,59
E1GD	67,6	1,4	30	190,22
E2GD	67,6	1,4	30	272,56
E1F	36,9	1,5	30	117,89
E2F	69,7	1,5	30	216,41
E3F	92,2	1,5	30	228,19
E4F	30,7	1,6	30	141,46
E1GC	65,6	1,4	30	267,25
E1TC	65,6	1,4	30	236,94
E2TC	71,7	1,4	30	298,12
E3TC	57,4	1,4	30	209,73
E4TC	57,4	1,4	30	224,2
E5TC	59,4	1,4	30	246,98
E6TC	67,6	1,4	30	235,65
E7TC	71,7	1,5	30	287,15
E8TC	69,7	1,4	30	260,53
E1TA	32,8	1,3	30	126,46

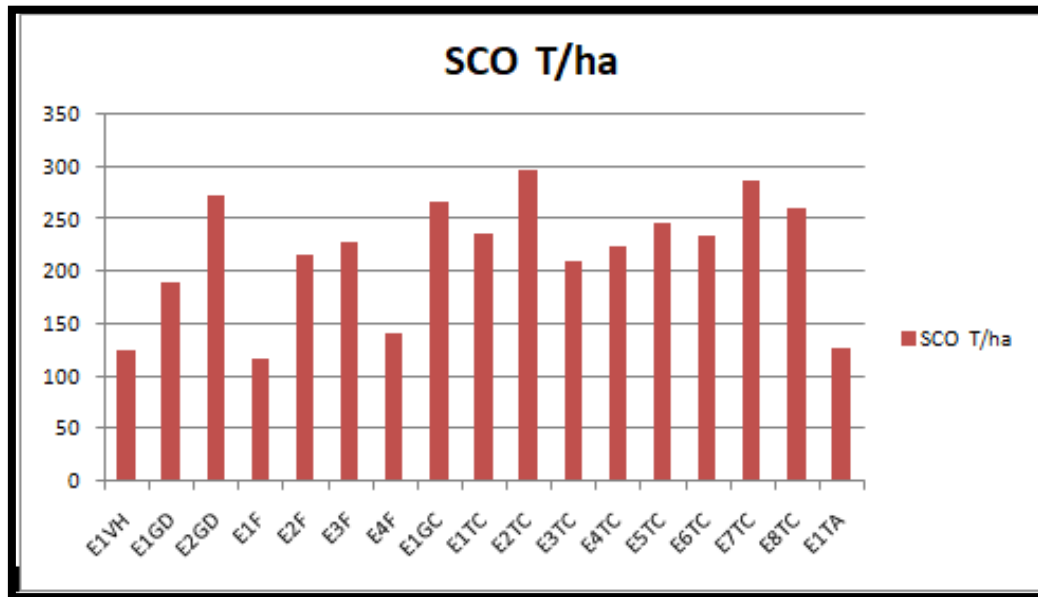


Figure n° 51 : Histogramme représentant LE SCO des sols étudiés.

Commentaire :

La teneur mesurée en carbone organique stockée dans les sols forestiers des monts de Tessala au niveau du versant sud varie entre un minimum de 117,89 t/ha et un maximum de 298,12 t/ha dans la couche superficielle du sol(0-30 cm) et sous différentes formations végétales.

Les sols sous Tallis de chêne vert affichent un SCO avec une valeur minimum de 126,46t/ha et un maximum de 298,12 t/ha.

Pour les sols sous Forêt d'Eucalyptus le SCO affiche une valeur minimum de 216,41t/ha et une valeur maximum de 228.19t/ha.

Les sols des Garrigue dense affiche des valeurs de SCO respectivement de 190,22t/ha et 272,56t/ha.

Pour les sols sous garrigue claire, le SCO présente une valeur de 267,25 t/ha.

Le sol agricole présente un SCO d'une valeur de 126,46t/ha.

Discussion et interprétation des résultats

Notre discussion va se faire en fonction des différentes formations végétales qui couvrent le Mont Tessala.

Garrigue dense : Au niveau de cette formation végétale le SCO varie entre un minimum de 190,22t/ha et un maximum de 272,56t/ha, la moyenne est Estimée à 231,39 t/ha.

Les résultats nous indiquent une nette différence entre la teneur en SCO entre les échantillons E1GD et E2GD, avec des valeurs respectives de 190.22t/ha et 272.56t/ha. L'échantillon E1GD est situé à 983 m d'altitude, avec une teneur en argile de 15,75%, tandis que l'échantillon E2GD se situe trois mètres plus bas, soit à 980m, avec une teneur en argile presque identique que E1GD, soit 17,25%.

Malgré que les deux échantillons semblent identiques dans certaines de leurs propriétés physicochimiques, nous pouvons expliquer cette différence de résultats du SCO par un facteur physique du milieu, soit la morphologie du terrain et de la pente, E1GD se situe en haut de pente, tandis que E2GD se situe en bas de pente, nous observons par conséquent, que le plus faible stocke de carbone est en haut de pente et que le plus fort est noté en bas de pente (voir photo 25 et 26) ; cette position favorise le transfert des éléments minéraux fin du haut vers le bas dû à des processus d'érosion ou/et de lessivage qui se produisent le long de la toposéquence.

Forêt de pin d'Alep et d'Eucalyptus :

Au niveau de cette formation végétale le SCO varié entre un minimum de 117,89 t/h et un maximum de 228,19 t/h, la moyenne enregistrée pour cette formation végétale est de 175,98t/ha.

Les résultats nous indiquent que les échantillons E1F et E2F situés à 972m et 977m, enregistrent des valeurs de SCO respectives de 117.89t/ha et 216t/ha, cette différence de plus de 100t/ha peut s'expliquer par la position des deux points échantillonnés sur le versant, E1F se situe à mi- pente, alors que E2F se situe en bas de pente, donc ceci s'expliquerait vraisemblablement par les phénomènes de lessivage qui conduisent au transfert des éléments nutritifs et des éléments minéraux fins du haut vers le bas de la pente (voir photos 27 et 28).

Les résultats nous indiquent que les échantillons E3F et E4Fsitués respectivement à des altitudes de 867m et 850m présentent des SCO estimés à 228,19 t/ha et 141.46t/ha. Les paramètres qui aurait vraisemblablement influencés le SCO sont en premier lieu, les taux de carbone organique, en effet, E3F est présente la valeur la plus élevée en CO, avec plus de

9%, tandis que E4F affiche seulement 3%. En second lieux, nous notons une nette différence du taux d'argile, avec 17.25% pour E3F et environ 4% pour E4F.

Nous pouvons donc, expliquer cette diminution par l'impact de l'altitude (voir la figure n° 52), ainsi que la relation entre la teneur en éléments fins et la teneur en carbone des sols.

Garrigue clair :

Les résultats nous indiquent que l'échantillon E1GC, situé à 975m d'altitude est caractérisé par un SCO estimé à 267,25 t/ha, la MO affiche une valeur important de 13,12% et un teneur en argile de 15,75%.

Nous pouvons expliquer ce résultat par la situation topographique de l'échantillon au niveau de la toposéquence, ce dernier est situé en bas de la pente, juste après le Tallis de chêne vert qui se situe plus haut (voir photo 31). Ceci a sans aucun doute permis l'accumulation des éléments minéraux et nutritifs suite à un transfert du haut vers le bas.

Tallis de chêne vert :

Au niveau de cette formation végétale le SCO varie entre un minimum de 209,73 t/ha et un maximum de 298,12 t/ha, avec une moyenne de 249,91t/ha.

Les résultats nous indiquent que l'échantillon E2TC situé à 977m d'altitude est caractérisé par un SCO estimé à 298,12 t/ha, et une teneur en calcaire totale de 0,81%, tandis que l'échantillon E1TC situé à 974m d'altitude est doté d'un SCO un peu plus bas, estimé à 236,94 t/ha, la teneur en calcaire totale est de 8,1%. Nous pouvons expliquer ces résultats par l'effet du calcaire total sur le SCO (voir photos 33 et 32).

L'échantillon E3TC situé à une altitude de 977m affiche un SCO de 209,73 t/ha, la MO enregistre une valeur de 11,48%, une teneur en argile de 12,75% et une teneur en calcaire total de 4,05%. Situé à une altitude de 964m on remarque une augmentation du SCO à une valeur de 235,65 t/ha pour l'échantillon E6TC, son taux de MO augmente également à 13,52% et l'argile à 18%, s'ajoute à cela une diminution du calcaire totale à 0,81%. Nous pouvons expliquer ce résultat par l'effet de l'altitude, vu que le dénivelé entre E3TC et E6TC est d'environ 13m (voir photos 34 et 37). Situé à une altitude de 976m, l'échantillon E5TC est caractérisé par un SCO estimé à 246,98 t/ha et un teneur en argile de 18%, on remarque que le sol au niveau de cette formation végétale subit une exposition aux rayons lumineux supérieure par rapport aux autres stations.

A une altitude de 975m, l'échantillon E4TC est doté d'un SCO égale à 224,2 t/ha et une teneur en argile de 12%, on remarque que le sol sous cette formation végétale est très peu exposé à l'ensoleillement à cause de la densité du couvert végétal, ceci pourrait augmenter le taux d'humidité, diminuer la température du sol et ralentir par conséquent l'activité microbienne et la minéralisation du carbone du sol (voir photos 36 et 35). D'après Keestrea et al. (2016) , bien qu'une augmentation des températures entraînerait une augmentation de la production végétale, et donc une augmentation des apports de carbone au sol, elle tend aussi à augmenter la décomposition microbienne du carbone organique.

L'échantillon E7TC est situé à 961m d'altitude, il est caractérisé par un SCO estimé à 287,15t/ha, la MO affiche une valeur de 14,34%, cet échantillon se situe sur un terrain légèrement concave à mi- pente, cette morphologie du terrain représente un paramètre zonal qui favorise l'accumulation des éléments nutritifs dont le carbone. Avec la diminution de l'altitude à 952m pour l'échantillon E8TC le SCO diminue à une valeur de 260,53 t/ha et le taux de MO à 13,94%, nous pouvons expliquer cette diminution par la présence de l'échantillon de sol au niveau de la mi- pente également mais avec une morphologie différente de celle du E7TC (voir photos 38 et39).

Végétation herbacée :

Les résultats nous indiquent que l'échantillon E1VH situé à 837m d'altitude est caractérisé par un SCO d'une valeur de 125,59 t/ha, une teneur en argile de 1,725%. Malgré la très faible teneur en argile, la faible densité du couvert végétal nous pouvons expliquer cette teneur plus ou moins importante par rapport aux autres échantillons situés sous des couverts végétaux plus denses par la position topographique, cet échantillon se situe en bas de pente. Si on observe la toposéquence, on remarquera que juste au-dessus, se situe le forêt de pin d'Alep et d'Eucalyptus (voir photo 24).

Terre agricole :

Les résultats nous indiquent que l'échantillon E1TA situé à 657m d'altitude, présente un SCO estimé à 126,64 t/ha. Cet échantillon a la particularité d'être doté du taux le plus élevé en argile (48%). Nous pouvons expliquer ces résultats par la position topographique de l'échantillon E1TA qui est situé au niveau des piémonts, ce sont des sols d'apport colluvial, cette situation induit une accumulation des éléments minéraux fins qui sont transférés du haut vers le bas, donc il y a une relation entre la teneur en éléments fins et la teneur en carbone organique des sols, l'augmentation de la proportion en éléments fins favorise un accroissement des teneurs en carbone organiques.

D'après les résultats obtenus, on peut noter que le maximum de déficit en carbone organique au niveau de notre toposéquence concernait les terres agricoles, soit l'échantillon E1TA avec plus de 305g/kg, tandis que le plu faible déficit est enregistré pour les taillis de chaine vert et plus exactement l'échantillon E6TC, avec 12,68 g/kg (voir tableau n° 20). Nous pouvons donc conclure qu'il serait possible d'augmenter le SCO des sols par des travaux de reboisements et d'aménagement forestier appropriés, cette augmentation permet de constituer un précieux réservoir de carbone indispensable au maintien de la biodiversité de cet écosystème de plus en plus fragile, et aussi, à la conservation de la ressource édaphique et aiderait par la même occasion à compenser les émissions de gaz à effet de serre.

En conclusion, nous remarquons clairement que pour expliquer la variation du SCO des sols tout au long de notre toposéquence, la position de l'échantillon au niveau du versant ainsi que la pente auraient une influence sur la distribution géographique du carbone dans les trente premiers centimètres du sol. En effet, Selon Fernández-Romero et al. (2014), il est nécessaire d'expliquer la relation entre les propriétés du sol et la position topographique aussi la topographie est un facteur pertinent dans le contrôle des processus d'érosion des sols qui induisent la redistribution des particules et du carbone organique du sol (Cerdà et García Fayos, 1997 ; Ziadat et Taimeh, 2013) in Bounouara. Le SCO du sol varierait donc tout au long de la toposéquence, et accroit de l'amont vers l'aval des versants. Les travaux de Avilés –Hernandez, V. et al. (2009) sur la détermination de la variation et l'estimation de stock du carbone en profondeur (0- 45 cm) d'une toposéquence (sommet, piémont, vallée et plaine) dans une forêt mexicaine, ont montré que le stock de carbone augmente avec

Le gradient de pente, du sommet à la plaine, le stock total de carbone le plus élevé est enregistré dans la plaine (208 t C ha⁻¹) et le plus faible au sommet avec 159 t C ha⁻¹.

Nous avons également remarqué que l'altitude avait probablement un impact sur la distribution du SCO, d'après Guo et al. (2006), les stocks de carbone diminueraient avec l'altitude, ils sont apparemment fonction de l'inclinaison de la pente, les concentrations les plus élevées se situant en bas de pente.

Après examen de nos résultats, il a été noté qu'une relation existerait entre le SCO et la teneur en éléments fins du sol, notamment l'argile. Cette relation entre la texture et la teneur en carbone a été signalé dans les travaux réalisés par Alohoutadé (2018). En effet, dans une étude sur un bassin versant agricole sur le plateau Adja au Bénin, il a été établi une corrélation positive entre teneur en carbone et celle de la teneur en éléments fins (<20µm). D'après Feller & al., (1978) et Oades (1995), la teneur en argile des sols diminuerait les vitesses de biodégradation et augmenterait donc le stockage. La teneur en argile fait varier les temps de résidence et les stocks de carbone dans la gamme 1 à 2,5 (Arrouays et al., 1999).

Ceci a été confirmé par Guggenberger et al. (1995) et Christensen (2001), d'après leurs études, les fractions argileuses et limoneuses d'un sol seraient plus riches en matière organique que la fraction sableuse, compte tenu de leurs capacités de fixation plus grandes.

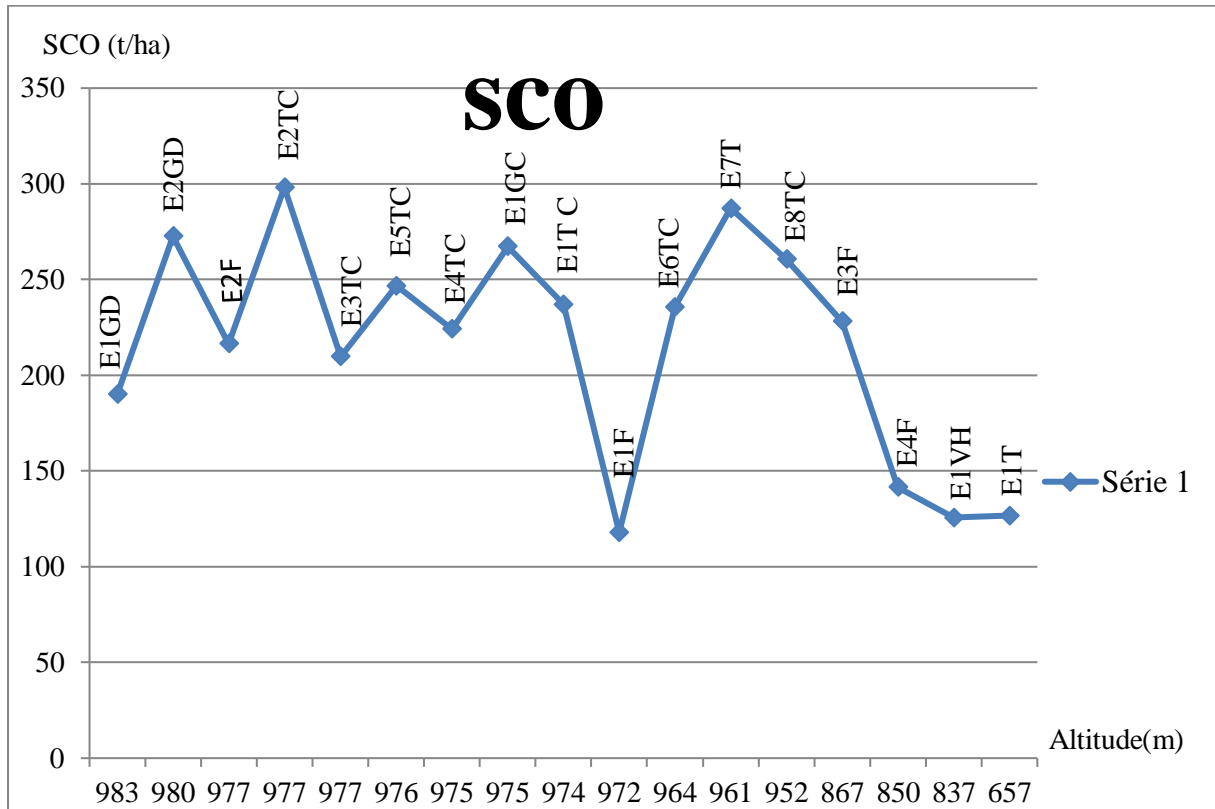


Figure n° 52 : Variation des quantités du SCO en fonction de l'altitude.

Echantillons	%CT	%Ca	%C	%MO	pH	CE (ms.Cm -1)	%A	%LG	%LF	%S	Textu re	C(g,k g-1)	Da (g.cm- 3)	Epaisseur (cm)	EG (g,g-1)	SCO (t.ha-1)	Altitude (m)	C sat (g,kg-1)	Déficit (g,kg-1)	% C critique
E1VH	16,21	1,3	3,32	6,64	8,1	0,15	1,725	10,5	26,775	61	LS	33,2	1,3	30	0,03	125,59	837	147	113,8	0,999
E1GD	27,02	4,8	6,76	13,52	8,1	0,21	15,75	12,75	19,5	52	L	67,6	1,4	30	0,33	190,22	983	171	103,4	1,215
E2GD	16,36	1,37	6,76	13,52	7,8	0,18	17,25	13,5	25,5	43,75	L	67,6	1,4	30	0,4	272,56	980	199	131,4	1,455
E1F	43,24	7	3,69	7,38	8,2	0,27	11,25	16,5	12	60,25	LS	36,9	1,5	30	0,29	117,89	972	127	90	0,831
E2F	40,54	7,12	6,97	13,94	8,3	0,24	15	25,5	8,25	51,25	L	69,7	1,5	30	0,31	216,41	977	127	57,3	0,831
E3F	12,16	3,5	9,22	18,44	8,3	0,36	17,25	17,25	8,25	57,25	LS	92,2	1,5	30	0,45	228,19	867	135,25	43	0,903
E4F	4,05	0	3,07	6,14	8,6	0,14	15	4,5	3	77,5	LS	30,7	1,6	30	0,04	141,46	850	107,5	76,8	0,663
E1GC	2,7	1,5	6,56	13,12	8,4	0,14	15,75	19,5	20,25	44,5	L	65,6	1,4	30	0,03	267,25	975	174	108,4	1,239
E1TC	8,1	0	6,56	13,12	7,6	1,44	15,75	21	15,75	47,5	L	65,6	1,4	30	0,14	236,94	974	157,45	92	1,095
E2TC	0,81	0	7,17	14,34	8,1	0,3	13,5	20,25	15,75	50,5	L	71,7	1,4	30	0,1	298,12	977	149	77,3	1,023
E3TC	4,05	0	5,74	11,48	8,2	0,23	12,75	20,25	12,75	54,25	LS	57,4	1,4	30	0,13	209,73	977	153,25	96	0,903
E4TC	9,45	0,75	5,74	11,48	8,4	0,17	12	18	14,25	55,75	LS	57,4	1,4	30	0,07	224,2	975	138	80,6	0,927
E5TC	0,81	0	5,94	11,88	8,3	0,24	18	16,5	18,75	46,75	L	59,4	1,4	30	0,01	246,98	976	177	117,6	1,263
E6TC	0,81	0	6,76	13,52	8,2	0,23	18	39,75	0	42,25	L	67,6	1,4	30	0,17	235,65	964	80,28	12,68	0,663
E7TC	0,54	0	7,17	14,34	8	0,28	10,5	14,25	11,25	64	LS	71,7	1,5	30	0,11	287,15	961	121,37	50	0,783
E8TC	0,54	0	6,97	13,94	8,1	0,2	12	19,5	18,75	49,75	L	69,7	1,4	30	0,11	260,53	952	155	85,3	1,071
E1TA	24,54	8	3,28	6,56	9,1	0,27	48	6	27,75	18,25	A	32,8	1,3	30	0,01	126,64	657	337,845	305	2,511

Tableau 20: Tableau synthétique des résultats de l'analyse du sol

Conclusion:

A l'issue de cette étude qui visait à évaluer la variation du stock de carbone organique sur une toposéquence située sur le versant Sud et qui va du sommet jusqu'au piémont du Mont de Tessala (à 30 cm de profondeur) sous différentes formations végétales.

Nous avons pu remarquer que la position de l'échantillon au niveau du versant ainsi que la pente auraient une influence sur la variation du stock de carbone organique au niveau du Mont Tessala, ce stocke serait aussi influencé par l'effet de l'altitude, du calcaire total et la densité du couvert végétal. Les résultats montrent que le stock de carbone organique varie et augmente de l'amont vers l'aval.

Le stock de carbone organique enregistre une valeur maximale de 298,12t/ha pour l'échantillon E2TC et une valeur minimale de 117,89t/ha pour l'échantillon E1F, tandis que la moyenne la plus élevée estimée à 249,91t/ha a été retenue sous le Tallis de chêne vert et la moyenne la plus basse, estimée à 175,98t/ha sous la forêt de pin d'Alep et d'eucalyptus.

Les sols au niveau du Mont Tessala sont connus par leur fragilité et leur exposition à l'érosion touchant beaucoup plus ceux situés en mi-pente. La lutte contre l'érosion des sols est donc un enjeu majeur, l'adoption de certaines pratiques de conservation par des travaux de reboisement et d'aménagement forestier appropriés permet de réduire l'érosion des sols et d'augmenter la capture du carbone atmosphérique en le fixant dans le sol et contribuer ainsi à l'atténuation du changement climatique

Référence bibliographique:

AFFES, 2017. Sols et Définitions.

URL : <https://www.afes.fr/sols-et-definitions/> Consulté le 28.05.2020.

Aurelie Cambou. Evaluation du stock et de la stabilité du carbone organique dans les sols urbains. Sciences de la Terre. Agrocampus Ouest, 2018. Français.

URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02088714/document> Consulté le 20.08.2020.

BACHIR BOUIADJRA. S., 2013. Apport de la géomatique à l'écosystème fragilisé (Monts du Tessala-Algérie occidentale). Thèse de Doctorat.

BAGHDADI. D., 2017. Impact des facteurs écologiques sur la dégradation des sols agricoles et forestiers méditerranéens du bassin versant de l'Oued Mina- Algérie Nord- Ouest. Thèse de Doctorat. Université Mostaganem. Thèse de Doctorat

URL : <file:///C:/Users/User/Downloads/THESE%20Doctorat%20BAGHDADI.pdf> Consulté le 24.08.2020.

BENAHMED. M., 2017. Effet des précipitations sur la distribution du Zn et du Pb issus de retombées atmosphériques dans le sol : Cas de la fonderie de Tiaret (ALFET). Thèse de Doctorat.

URL : http://rdoc.univ-sba.dz/bitstream/123456789/1811/3/D_Senv_BENAHMED_Mohamed.pdf Consulté le 02.06.2020.

BOUZIDI. A, LATRECHE.A, ATTAOUI.I, MEHDADI. Z, BENYAHIA. M., 2009. Caractérisation des matorrals et des garrigues à *Urginea pancraticum* Phil. dans le Djebel Tessala (Algérie occidentale). 131-149p

URL : <https://journals.openedition.org/physio-geo/892>

Consulté le 18.02.2020.

Cheboub. S.,2017. Contribution à l'estimation du stock de carbone des sols sous différentes formations végétales et impact sur la biodiversité au niveau des monts de Tessala (wilaya de Sidi Bel Abbes).Mémoire

CHERIFI.K., 2013. Impact de l'action anthropozoogène sur la biodiversité végétale de l'écosystème forestier du Djebel Tessala (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat. 3

CHEVALLIER et al., 2018 . Du Bénin à Madagascar, comment on « cultive » le carbone en Afrique, LRI/Université d'Antananarivo

URL :<https://theconversation.com/du-benin-a-madagascar-comment-on-cultive-le-carbone-en-afrique-108135> Consulté le 16.04.2020.

CHIHAB. M., 2019. Biologie de la conservation de quelques géophytes de la région de Sidi Bel Abbès. Thèse de Doctorat.

URL :<http://rdoc.univ-sba.dz/bitstream/123456789/2573/1/These%20Chihab.pdf> Consulté le 02.03 .2020.

DABIN. B, SEGALEN. P., 1970. LE SOL, SA DEFINITION, SES CONSTITUANTS. Le Bureau pour le Développement de la Promotion de l'Agriculture. 42p.

URL :https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-04/16376.pdf
Consulté le 27.05.2020.

Dadach. M., 2016. Recherche des conditions optimales de la germination des graines de quelques labiées du mont de Tessala (Ouest Algérien) et perspectives de conservation. Thèse de Doctorat.

URL : file:///C:/Users/User/Desktop/D3C_Senv_DADACH_Mohamed.pdf Consulté le 23.02.2020.

Derrien. D, Dignac. M-F, Basile-Doelsch. I, Barot. S, Cécillon. L, Chenu. C, Chevallier. T, Freschet. G. T, Garnier. P, Guenet. B, Hedde. M, Klumpp. K, Lashermes. G, Maron. P-A, Nunan. N, Roumet. C., 2016. Barré. P, Stocker du C dans les sols : Quels mécanismes, quelles pratiques agricoles, quels indicateurs ?. France. 224.

URL :http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-09/010070578.pdf
Consulté le 25.05.2020.

DONALD.D, ACTON.D, COOTE. R, WARREN. E., Conservation des sols.2013.

URL : <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/conservation-des-sols>

Consulté le 05.09.2020.

DUMOULIN et ROLLIN, 2017, Gestion de la MO et des flux de carbone en grandes cultures et prairies. 27p

URL : <https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/travail-phytotechnie-1m-dumoulin-rollin.pdf>

ELALAOUI.H., 2011. Caractérisation spectrale de l'état de dégradation des sols dans le bassin versant Tleta (Rif occidentale) Maroc à partir des données ASTER.

URL : <https://www.grin.com/document/370850> Consulté le 20.08.2020.

Engelmann., 2010. Conservation des ressources génétiques du palmier dattier. Institut de recherche pour le développement (IRD). France. P 161-174.

URL : <https://books.openedition.org/irdeditions/10771?lang=fr> Consulté le 14.09.2020

FALINIRINA. M,V., 2010. Valorisation en agriculture des apports organiques contenus dans les déchets urbains : qualité des matières organiques

URL : https://www.memoireonline.com/05/12/5847/m_Vvalorisation-en-agriculture-des-apports-organiques-contenus-dans-les-dechets-urbainsqualite-des-m19.html Consulté le 03.07.2020.

FERKA ZAZOU. N., 2006. IMPACT DE L'OCCUPATION SPATIO-TEMPORELLE DES ESPACES SUR LA CONSERVATION DE L'ECOSYSTEME FORESTIER. CAS DE LA COMMUNE DE TESSALA, WILAYA DE SIDI BEL ABBES, ALGERIE. Magister en Foresterie.

URL : <http://www.vitamedz.com/articlesfiche/86/86050.pdf> Consulté le 17.02.2020.

FAO 2002, la séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres, Italie. 59p

URL : <http://www.fao.org/3/a-bl001f.pdf> Consulté le 09.04.2020.

FAO, 2005, Utilisation des engrais par culture en Algérie, Italie. 43p.

URL : <http://www.fao.org/3/a-y5953f.pdf> Consulté le 05.06.2020.

FAO 2015, Atlas des sols d'Afrique, Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg. 176 pp.

URL : [file:///C:/Users/User/Downloads/Atlas des sols d'Afrique.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Atlas%20des%20sols%20d'Afrique.pdf) Consulté le 06.06.2020.

FAO 2015, Sols et biodiversité, année international du sol 2015 Rome, Italie. 4p.

URL: <http://www.fao.org/3/a-i4551f.pdf> Consulté le 10.06.2020.

FAO 2017. Carbone Organique du Sol: une richesse Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. 77p

URL:<http://www.fao.org/3/b-i6937f.pdf> 29.06.2020.

Jean, D. et Gérôme, P., 2001. Quelques problèmes posés par l'évaluation des stocks et flux de carbone forestiers au niveau national. AgroParisTech, Nancy, France. 300p.

URL: <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/5239>

Consulté le 27.06.2020.

LABOUBEE, C., 2007. RETOUR AU SOL DES MATIERES ORGANIQUES NECESSAIRE A LEUR MAINTIEN EN ETAT EN SOLS AGRICOLES.Rapport.

URL:https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/79/cb/63/18/mo_agriculture5009998109599157640.pdf

Consulté le 10.07.2020.

LAGACÉ BANVILLE.J., 2009 . CARACTÉRISATION DES STOCKS DE CARBONE DE 5 TYPES DE FORMATIONS VÉGÉTALES DANS UN SECTEUR DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE EASTMAIN, BAIE JAMES. MÉMOIRE

URL : <https://archipel.uqam.ca/2264/1/M10921.pdf> Consulté le 16.04.2020.

Lazzeri. Y, Nahon.D,. La conservation des sols : un enjeu pour les territoires méditerranéens.2013.

URL : <https://pddtm.hypotheses.org/169> Consulté le 05.09.2020.

MORSLI1. B, HABI2. M, MAZOUR3. M, HAMOUDI4. A, & HALITIM5. A., 2012. Erosion et ruissellement en montagnes méditerranéennes d'Algérie du Nord: analyse des facteurs conditionnels sous pluies naturelles et artificielles. 40p

URL :

<https://pdfs.semanticscholar.org/6875/4c0a85624bc4bd17eea8f46d192360d1469a.pdf>

Consulté le 17.08.2020.

Olivier. A, et Jacques. D. , 2007. Sols et Matières Organiques. Agro-Transfert R&T et Chambres d'Agriculture de Picardie.47p.

URL : http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/M%C3%A9mento_sols_et_mati%C3%A8re_organique.pdf

Consulté le 11.05.2020.

POUQUET.J., 1952.Les Monts du Tessala (Chaînes sud-telliennes d'Oranie).Paris. 691-694p

URL : https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1952_num_40_4_1079_t1_0691_0000_1

Consulté le 18.02.2020.

PRIMACK. R B, SARRAZIN.F, LECOMTE.J., 2008. Biologie de la conservation. Paris. P 22.

URL :

<https://www.dunod.com/sites/default/files/atoms/files/9782100567089/Feuilletage.pdf>

consulté le 1209.2020.

SAIDI.B., 2017.Dynamique de la phytodiversité dans les monts de Tessala (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat.

URL: file:///C:/Users/User/Desktop/D3C_Senv_SAIDI_Boubakr.pdf Consulté le 15.03.2020.

SAMAI. I, 2017Etude des relations sol-végétation de la chênaie d'Ouled Bechih (Souk-Ahras) «dynamique de la matière organique ». Thèse de Doctorat.

URL : <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2017/04/These-Samai-Ibtissem.pdf>

Consulté le 05.07.2020.

TREMBLAY. S, OUIMET. R, HOULE. D., 1999.Modèle simple pour estimer la quantité de carbone organique dans les horizons minéraux d'un sol forestier à partir de son relevé pédologique.Canada. 14p. 11

URL : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Tremblay-Sylvie/Note93.pdf> Consulté le 10.04.20220.

Union européenne, 2010, L'usine de la vie Pourquoi la biodiversité des sols est-elle si importante ?, Luxembourg. 20p.

URL : https://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/soil_biodiversity_brochure_fr.pdf

Consulté le 01.06.2020.

Web master n° 01 :

<http://keepschool.com/fiches-de-cours/lycee/svt-biologie/sols-proprietes-formation.html>

consulté le 10.06.2020.

Web master n° 02 :

<https://www.ge.ch/document/environnement-plan-mesure-protection-sols-2015-2018/telecharger> Consulté le 02.05.2020.

Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture (DETA)

URL : <http://www.vinsvignesvignerons.com/Geologie/Etude-des-sols-Pedologie/Horizons-Denomination-des-sols> Consulté le 10.05.2020.

Web master n° 03 :

<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/science-du-sol> Consulté le 04.06.2020.

Web master n° 04 :

<https://www.o2d-environnement.com/observatoires/protection-du-sol/> Consulté le 18.05.2020.

Web master n° 05 :

<http://www.biofertilisants.fr/comprendre-les-biofertilisants/biodiversite-des-sols-tout-savoir-sur-son-interet-pour-agriculture/> consulte le 12.06.2020

Web master n° 06 :

<https://www.cultivar.fr/sinformer/le-carbone-organique-richesse-preserved#:~:text=La%20d%C3%A9gradation%20produit%20ensuite%20du,de%20sol%20et%20le%20climat.>

Consulté le 15.06.2020.

Web master n° 07 :

URL : <https://www.bois.com/planete/foret/puits-carbone>

Web master n° 08 :

<https://tribu.phm.education.gouv.fr/toutatice-portail-cms-nuxeo/binary/L%27%C3%A9cosyst%C3%A8me+Ventoux+stocke+du+carbone+DETAILLE.pdf?type=FILE&path=%2Fdefault-domain%2Fworkspaces%2Freform-lycee-svt-aix-marseille%2Factivites-premiere-spe-svt%2Fpremiere-theme-2-enjeux%2Fservices-ecosystmeiques%2FI-ecosysteme-ventoux&portalName=foad&liveState=true&fieldName=file:content&t=1589808696#:~:text=En%20effet%2C%20de%20par%20leur,%C3%A0%20la%20r%C3%A9gulation%20du%20clim>

at.&text=La%20conservation%20du%20carbone%20dans,gaz%20%C3%A0%20effet%20de%20serre. Consulté le 13.06.2020.

Web master n° 09 :

https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/GuidePO Tome1 chapitre 2.pdf

Consulté le 14.04.2020

Web master n° 10 :

[https://espacepourlavie.ca/matiere-organique#:~:text=on%20d%C3%A9sire%20cultiver.-,Humus,\(processus%20d'humification\).&text=Il%20s'agit%20de%20l'humus.](https://espacepourlavie.ca/matiere-organique#:~:text=on%20d%C3%A9sire%20cultiver.-,Humus,(processus%20d'humification).&text=Il%20s'agit%20de%20l'humus.)

Consulté le 14.08.2020.

Annexes:

Protocoles des analyses physico-chimiques des sols

Dosage du calcaire total (CT) :

Mode opératoire :

Estimation de la teneur en calcaire (CaCO_3) :

Mettre 1 pincé de terre fine dans un verre à montre.

Verser des gouttes de l'acide chlorhydrique (HCl) à 30% sur la terre fine.

Observer la réaction et noter les effets de son intensité pour savoir le poids de la terre fine à prendre pour le dosage de CaCO_3 :

Réaction forte : peser 0.25g.

Réaction moyenne : peser 0.5g.

Réaction faible : peser 1g.

Réaction nulle : peser 5-10g.

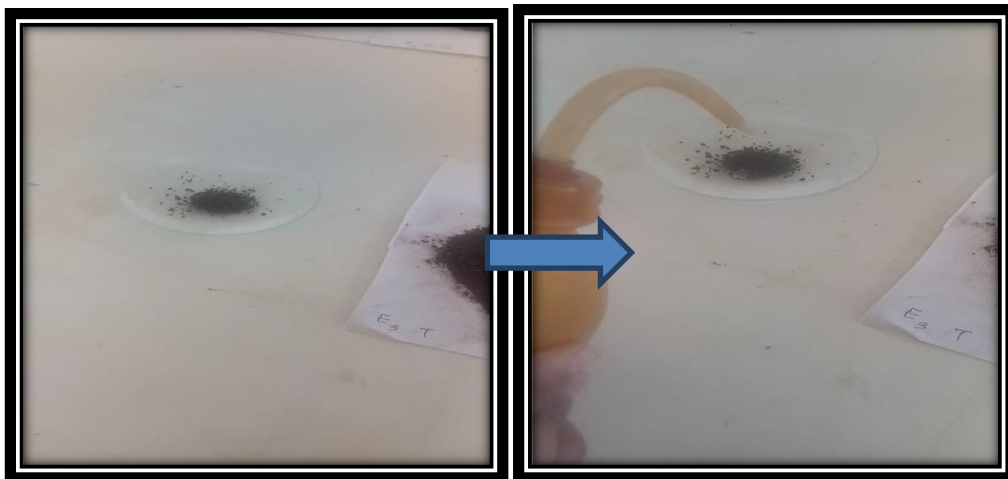


Figure n°53 : Réaction d'effervescence (Cliché BOUASRIA ET AYAD. 2020).

Etalonnage de l'appareil (Calcimètre de BERNARD) :

L'étalonnage de l'appareil s'effectue avant chaque série de mesure avec 0.3 de CaCO_3 pure et sec.

Régler le tube gradué et l'ampoule de l'appareil au même niveau.

Remplir le tube gradué avec l'eau jusqu'à la graduation 0.

Peser 0.3 g de CaCO_3 pur et sec.

Introduire 1 pesée dans un flacon à doigt légèrement humidifié.

Remplir à l'aide d'une pissette ou d'une pipette au 2/3 le doigt du flacon avec l'HCL à 30 %.

Fermer le doigt du flacon avec le bouchon en caoutchouc du tube gradué.

Amener le liquide du tube gradué au niveau 0 en abaisse ou en soulevant l'ampoule à eau.

Verser progressivement l'HCL sur la terre en inclinant le flacon.

Maintenir la pression égale à la pression atmosphérique ou abaissant l'ampoule : c'est-à-dire pour que le liquide dans le tube gradué et l'ampoule soit toujours au même niveau.

Agiter de temps en temps le flacon à doigt pour activer la réaction.

Quand la réaction est terminée ; lire sur le tube gradué à chaque division s'est arrêté le liquide.

Noter le volume dégagé (**v**) de CO₂. (témoin).



Figure n°54 : calcimètre de BERNARD (Cliché BOUASRIA ET AYAD 2020).

1.1.3. Dosage du calcaire total du sol :

Prendre un poids (*P*) de la terre fine (0.5 à 10 g) suivant le teneur en caco3 du sol. (voir estimation de la teneur en calcaire).

Faire l'essai de la même façon que l'échantillonnage sans ajouter l'eau de l'appareil.

Soit *V* le volume de CO₂ obtenus.

Le pourcentage de calcaire est alors calculé d'après la relation suivante :

$$C.T \% = \frac{0.3 \times V(\text{sol}) \times 100}{V(\text{caco3}) \cdot P}$$

VI : volume dégagé par la terre.

P : poids de la terre.

V : volume dégagé par **caco3**.

0.3 : poids de **caco3** pur.



Figure n°55 : caco3 (Cliché BOUASRIA ET AYAD.2020).

2 .Dosage du calcaire actif (Ca) :

2.1. Mode opératoire : (Méthode DROUINEAU) :

Préparation de solution d'oxalate d'ammonium :

Peser 14.2g d'oxalate d'ammonium.

Ajouter 1L l'eau distillée.

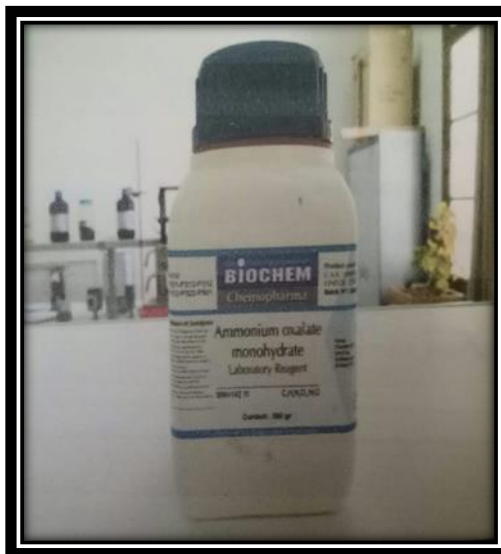


Figure n°56 : oxalate d'ammonium (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).



Figure n°57 : solution oxalate d'ammonium (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

2.1. Essai :

Peser 10g de terre fine.

Introduire cette terre dans un bécher de 500ml.

Ajouter 250ml d'oxalate d'ammonium N/5 (à 0.2 N).

Agiter 1h à l'aide d'un agitateur magnétique.

Filtrer à l'aide d'un entonnoir en verre et du papier filtre la solution dans un bécher de 500ml ; en écartant les premiers millilitres du filtrat.

Prélever avec une pipette 10ml de filtra et les verser dans un bécher de 250ml.

Ajouter 10 ml d'acide sulfurique.

2.2. Essai témoin :

Traiter de la même façon 10ml de la solution d'oxalate d'ammonium employée avec 10ml d'acide sulfurique.

Soit N le nombre de millilitres de KMnO_4 utilisé.

$$\% \text{ Ca} = (N-n) \times 1.25$$

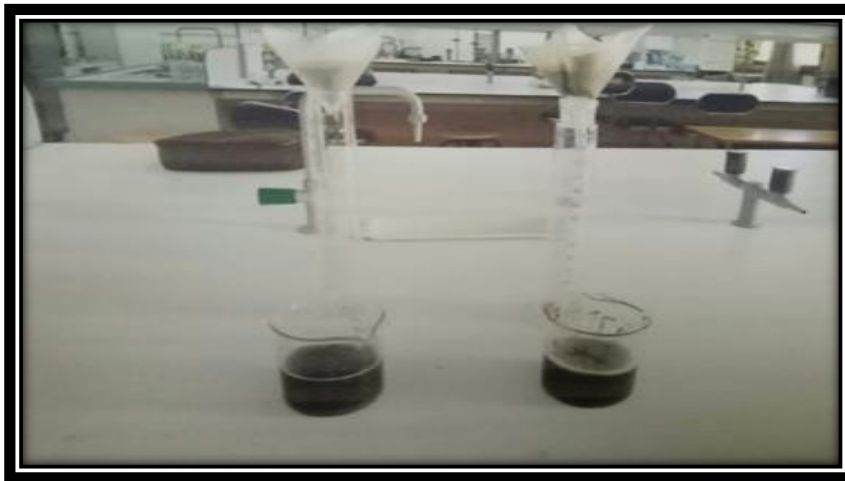


Figure n°58 : la filtration par papier filtre (cliché BOUASRIA et AYAD2020).



Figure n°59 : le titrage calcaire actif (cliché BOUASRIA et AYAD2020).

3. Dosage du carbone et de la matière organique :

3.1. Mode opératoire :

1ère étape :

Peser 1 g à 0.25g de la terre fine ; suivant sa teneur présumée en matière organique.

Mettre cette terre dans un ballon de pyrex de 100 à 500ml.

Jouter à l'aide d'une pipette avec poire 10ml de bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 8% et 15 ml de H_2SO_4 concentré pur.

Relier le ballon au réfrigérant ascendant.

Ouvrir le robinet d'eau.

Chauffer à l'aide de chauffe ballon.

Dès que la solution commence à bouillie attendre 5 min exactement.

Enlever le ballon du réfrigérant et le laisser refroidir.

Transvaser à l'aide d'un entonnoir et d'une pissette le contenu du ballon dans une fiole de 100ml ; en le rinçant plusieurs fois avec un peu d'eau distillée.

Ajouter avec l'eau distillée jusqu'à 100ml.

Agiter bien et laisser reposer la fiole pendant 30 min.

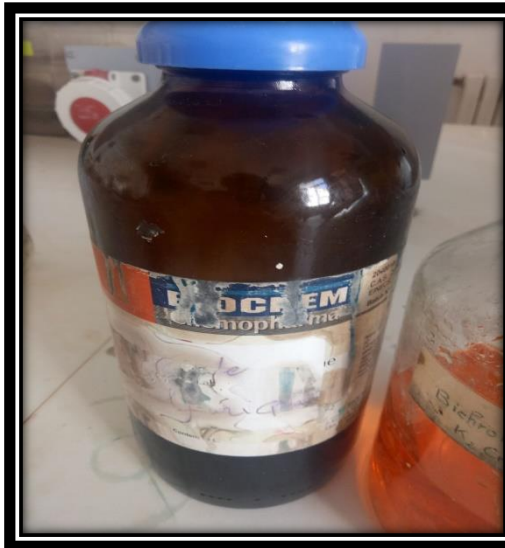


Figure n°60 : acide sulfurique.
(Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).



Figure n°61 : Bichromate de potassium.
(Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).



Figure n°62 : chauffage de la solution à la chauffe ballon (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

2^{ème} étape :

Prélever à l'aide d'une pipette avec poire 20ml du surnageant dans un bécher de 400ml.

Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 200ml.

Ajouter 6 gouttes d'acide sulfurique.

Ajouter 6 gouttes de Diphelamine baryum sulfate.

Effectuer le titrage avec une solution de MOHR à (0.2N). la liqueur primitive ; brun noirâtre ou violette vire au vert (virage très sensible).

On trouve X ml de sel de MOHR utilisé.



Figure n°63 : sel de MOHR (Cliché BOUASRIA et AYAD2020).



Figure n°64 : titrage de la solution de Mo (Cliché BOUASRIA AYAD2020).

Formule de calcul :

$$\%C = \frac{(Y - X) \cdot 0.615 \cdot 5}{P} \cdot 100$$

$$\%Mo = \%C \cdot 2$$

Y : volume de sel de MOHR utilisée dans le titrage de témoin.

X : volume de solution de sel de MOHR qui ajouté.

P : poids de la terre en mg.

4. Potentiel d'Hydrogène (PH)

4.1. Mode opératoire :

pH dans l'eau distillée :

Peser 10g de terre fine séchée à l'air et les introduire dans un bécher de 100ml.

Ajouter 25ml d'eau distillée bouillie.

Brasser énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension ;

Avec un agitateur magnétique durant 30 min et laisser sédimenter pendant 20 min.

Avant de procéder à la l'étalonnage du ph ; procéder à l'étalonnage du ph mètre (voir l'utilisation du pH mètre).

La lecture du pH se fait lorsque l'aiguille de l'apparie s'est stabilisée. En général la stabilisation est acquise au bout de quelques minutes.

Après chaque mesure rincer les électrodes avec de l'eau distillée et les essuyer avec du papier joseph ou papier mouchoir (en cas d'absence de papier Joseph).



Figure n° 65 : pH mètre (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

5. Conductivité électrique (CE) :

5.1. Mode opératoire :

CE dans l'eau distillée :

Peser 10g de terre fine séchée à l'air et les introduire dans un bécher de 100ml.

Ajouter 50ml d'eau distillée.

Brasser énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension ; avec un agitateur magnétique durant 30 mon et laisser sédimenter pendant 20 min.

La lecture de la CE se fait lorsque l'aiguille de l'appareil s'est stabilisée.

Après chaque mesure rincer les électrodes avec de l'eau distillée et les essuyer avec du papier Joseph ou papier mouchoir (en cas d'absence de papier Joseph).



Figure n°66 : Mesure de la CE au conductimètre (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

6. La texture :

6.1. Mode opératoire :

6.1.1. Destruction de la matière organique :

- Peser 15g de terre fine séchée.

Ajouter 50ml d'eau oxygénée.

Mettre à l'étuve à 105°C pour le séchage pendant 24h.

Mettre dans un bécher 15ml d'hexamétaphosphate+ 150ml d'eau distillée (agitation pendant 1 heure) ; puis transvaser à l'aide d'un jet de pissette son contenu dans une éprouvette à 1 L et jaugé à 750ml et compléter avec de l'eau distillée jusqu'à trait de jauge (750ml).



Figure n°67 : addition l'eau oxygénée sur les échantillons (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

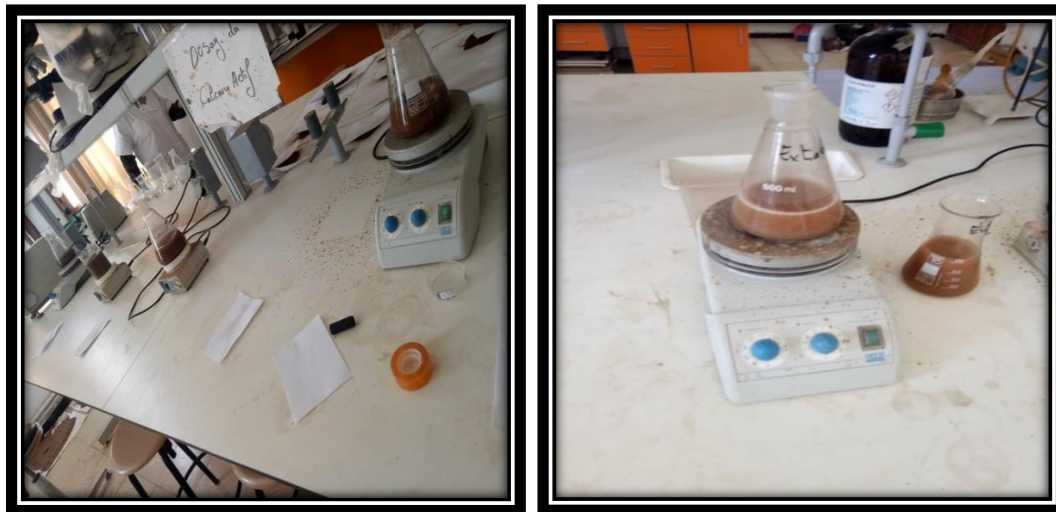


Figure n°68 : Agitation (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

Prélèvement 01 :

Après agitation laisser décanter le contenu de l'éprouvette durant 46 secondes.

Prélever au bout de 46 secondes à 10 cm de profondeur 10ml de liquide de chaque échantillon.

Transvaser les 10ml dans une capsule probablement tarée (peser).

Porter les capsules à l'étuve à 105°C.

Après séchage par différence avec le poids de la capsule vide ; déterminer le poids.

P1 de séchage.



Figure n°69 : la sédimentation (prélèvement 1) (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

Prélèvement02 :

Après agitation violente et par retournement du liquide laisser déposer durant 4 min et 48 seconde.

Effectuer le prélèvement de 10ml à 10 cm de profondeur.

Transvaser le contenu dans une capsule et mettre à l'étuve à 105°C jusqu'à séchage.

Par différence le poids P2 de sédiment.



Figure n°70: la sédimentation (prélèvement 2) (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).

Prélèvement 03 :

Après une agitation et retournement de l'éprouvette durant au moins 6h.

Au bout de 6h ; 7h ou 8h effectuer un prélèvement de 10ml à une profondeur qui dépend de la température et du temps de sédimentation.



Figure n°71 : la sédimentation (prélèvement 3) (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).



Figure n°72 : les échantillons après séchage (Cliché BOUASRIA et AYAD 2020).