

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET 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 : Écologie et environnement

Spécialité : Biodiversité & Ecologie Végétale

Intitulé du thème :

***Contribution à l'étude du bilan organique des sols
forestiers au niveau du versant nord du mont
Tessala ; approche toposéquentielle***

Présenté par : MR BOUDJELAL MOHAMMED

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury	: Dr MHAMDIA CHAFIK RABEH	MCB (UDL SIDI BEL ABBES)
Examineur	: Dr HALAL TIJANIA	MCB (UDL SIDI BEL ABBES)
Promoteur	: Dr FARAOUN FATIHA	MCA (UDL SIDI BEL ABBES)
Copromoteur	: MR MIRABTENE MOHAMED DJAMAL EDINE	DOCTORANT (UDL SBA)

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « 1 »

Remerciements

Avant tout on remercie le bon DIEU grâce à qui on a pu réaliser ce travail.

C'est à notre agréable encadreur, **M FERAOUN Fatiha**. Maitre conférant au département des sciences de l'environnement de l'université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés, qui a bien voulu assurer notre encadrement, et qu'on lui doit le respect et la gratitude de nous avoir guidé et orienté dans les meilleures conditions en faisant l'extrême possible afin de mener à bien cette étude. Qu'il trouve ici, nos sincères salutations les plus nobles pour sa disponibilité, son aide, sa persistance, son soutien et de nous avoir dirigé tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également à **Mr MHAMDIA Chafik**. Maitre de conférences classe B au département des sciences de l'environnement de l'université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbés, pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nos remerciements vont également à **M HELLAL Tidjania** Maitre de conférences classe B au département des sciences de l'environnement de l'université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbés, pour l'honneur qu'il nous fait en examinant notre travail.

Nous remercions également à Monsieur **MIRABTENNE Mohamed Djamel Edin** mon Co-promoteur pour tous ses efforts et son aide.

Mr LATRECH Ali, Professeur et responsable de notre spécialité.

On exprime notamment nos très humbles respects à tous ceux qui vont lire ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A ma chère maman qui a été toujours avec moi pendant tout mes années d'études que dieu la protège sans oublier mon père qu'il repose en paix dans sa tombe

A mon frère Abderrahmane et ma sœur.

A ma tante Hanya, qui m'a toujours encouragé dans mon parcours académique.

A mes cousins Youcef, Farouk, Abou bakr et Mohammed el Habib

A tous mes amis Elguili Hamza, Boughaleb Mostafa, Bendiaf Hicham, Bendida Walide, Mofok Hicham Amin, Nejaa Imad Edin

A toute la promotion master biodiversité et écologie végétal.

Résumé

Cette étude a été réalisée au niveau du mont de Tessala, 19 échantillons ont été prélevés sous quatre formations végétales différentes, un Matorral de chêne vert, une garrigue dense de calycotum et doum, une oliveraie, et une formation herbacée.

Ce travail a pour principaux objectifs, d'évaluer le stock de carbone des premiers 30cm des sols sous différentes formations végétales au niveau du versant nord du mont de Tessala, analyser les principaux déterminants édaphiques qui pourraient influencer ce stock et fournir des données quantifiées indispensables à l'évaluation économique du Carbone séquestré dans la couverture pédologique.

Ainsi, il ressort de cette étude que la quantité de carbone stockée (SCO) au niveau des sols de formation végétale de type Matorral est très appréciable, non négligeable et le plus souvent supérieur à celle stockée au niveau des autres formations végétales. Pour la garrigue dense la valeur du SCO varie entre un minimum de 52,54t/ha et un maximum de 176,89t/ha. Pour la formation herbacée la valeur du SCO varie entre un minimum de 95,55t/ha et un maximum de 170,03t/ha. Pour la formation d'oliviers la valeur du SCO varie entre un minimum de 157,85t/ha et un maximum de 179,77t/ha. Tandis que pour le Matorral le SCO varie entre un minimum de 136,23 t/ha et un maximum de 279,29t/ha.

Nous retenons également que la teneur du SCO change dans les sols des stations étudiées, non seulement en fonction du type de formation végétale, mais il y a plusieurs autres facteurs qui interviennent, tel que, la densité de ces formations, l'exposition, la densité apparente du sol, la teneur en éléments fins, la teneur en calcaire actif et total, et l'altitude.

Mots clé :

Stock de carbone organique (SCO), Tessala, sol, formation végétale, altitude.

Abstract

This study was carried out at the level of the Mount of Tessala, 19 samples were taken under four different plant formations, a Matorral of holm oak, a dense scrubland of calycotum and doum, an olive grove, and an herbaceous formation.

The main objectives of this work are to evaluate the carbon stock of the first 30 cm of the soils under different plant formations on the northern slope of Mount Tessala, to analyse the main edaphic determinants that could influence this stock and to provide quantified data essential for the economic evaluation of the Carbon sequestered in the soil cover.

Thus, it appears from this study that the quantity of carbon stored (SCO) at the level of soils of plant formation of the Matorral type is very appreciable, not negligible and most often higher than that stored at the level of other plant formations. For dense scrubland, the value of SCO varies between a minimum of 52.54t/ha and a maximum of 176.89t/ha. For the herbaceous formation the value of the SCO varied between a minimum of 95.55t/ha and a maximum of 170.03t/ha. For olive tree formation the SCO value varies between a minimum of 157.85t/ha and a maximum of 179.77t/ha, while for Matorral the SCO varies between a minimum of 136.23 t/ha and a maximum of 279.29t/ha.

We also note that the SCO content changes in the soils of the stations studied, not only according to the type of plant formation, but there are several other factors that intervene, such as the density of these formations, exposure, apparent soil density, fine element content, active and total limestone content, and altitude.

Keywords:

Organic carbon stock (OCS), Tessala, soil, plant formation, altitude

موجز

أجريت هذه الدراسة على مستوى جبل تسالة، تم أخذ 19 عينة تحت أربع تشكيلات نباتية مُختلفة، ماتورال من البلوط الأخضر، غاربع كثيف من الكاليكوتوم ودوم، وبستان زيتون، وتشكيل عشبي. وتتمثل الأهداف الرئيسية لهذا العمل في تقييم مخزون الكربون من أول 30 سم من التربة في إطار تشكيلات نباتية مختلفة على المنحدر الشمالي لجبل تسالة، وتحليل المحددات الرئيسية التي يمكن أن تؤثر على هذا المخزون، وتقديم بيانات كمية ضرورية للتقييم الاقتصادي للكربون المعزول في غطاء التربة. وهكذا، تبين هذه الدراسة أن كمية الكربون المخزنة (SCO) على مستوى التربة النباتية من نوع ماتورال هي ملموسة جداً، ولا يستهان بها، وفي كثير من الأحيان أكثر من تلك المخزنة على مستوى التشكيلات النباتية الأخرى. وتختلف القيمة المخزنة في الأراضي الكثيفة بين $t/ha52.54$ كحد أدنى و $t/ha176.89$ كحد أقصى. بالنسبة للتشكيل العشبي، تتراوح قيمة مخزون الكربون العضوي بين $t/ha95.55$ كحد أدنى و $t/ha170.03$ كحد أقصى. وتختلف قيمة الـ SCO في تكوين الزيتون بين $t/ha157.85$ كحد أدنى و $t/ha179.77$ كحد أقصى. بينما في الماتورال القيمة المخزنة (SCO) تتفاوت بين الحد الأدنى من $t/ha136.23$ و $t/ha279.29$ كحد أقصى. كما نلاحظ أن محتوى مخزون الكربون العضوي (SCO) يتغير في تربة المحطات التي تمت دراستها، ليس فقط حسب نوع تكوين النباتات، ولكن هناك عدة عوامل أخرى تشارك فيها، مثل كثافة هذه التكوينات، والتعرض، وكثافة التربة الظاهرة، ومحتوى العناصر الدقيقة، والمحتوى النشط والمجموع من الحجر الجيري، والارتفاع.

الكلمات المفتاحية:

مخزون الكربون العضوي (SCO)، تسالة، التربة، تشكيل النبات، الارتفاع.

Liste des figures :

N° de figure	Titre	Page
Figure N°01	la présentation de la wilaya de sidi bel Abbès	05
Figure N°02	Les grands ensembles naturels de la wilaya de Sidi Bel Abbès	06
Figure N°03	Position géographique des monts de Tessala	07
Figure N°04	Carte hypsométrique de la zone d'étude (Carte établie par le logiciel MapInfo Professional Version 6.5)	08
Figure N°05	Vision du massif des monts de Tessala en 3D	09
Figure N°06	Carte géologique de la wilaya de Sidi Bel Abbès	10
Figure N°07	Carte des principales unités lithologiques de la commune de Tessala	11
Figure N°08	Carte des principales unités pédologiques de la commune de Tessala	13
Figure N°09	Carte hypsométrique de la commune de Tessala	14
Figure N°10	variation des précipitations moyenne mensuelles (1913-1938) et (1985-2015)	16
Figure N°11	Variation des températures moyenne mensuelles minimales et maximales 1985-2015	17
Figure N°12 :	Diagramme ombrothermique (P=2T) des monts de Tessala et Beni Chougrane (1985-2015)	19
Figure N°13	Climagramme pluviothermique du quotient d'Emberger (Q2) des monts de Tessala et Beni Chougrane	20
Figure N°14	Sources de la matière organique du sol	26
Figure N°15	Humus	27
Figure N°16	Les stocks de carbone terrestres	32
Figure N°17	Stockage de C de sol de la terre végétale mondiale (0-0.3 m) en tonne C par hectare. La carte créée à partir d'ensembles de données mondiale sur le stock de C	33
Figure N°18	Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020	41
Figure N°19	Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020	42
Figure N°20	Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020	42
Figure N°21	Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020	43
Figure N°22	Histogramme représentant la variation du calcaire total	48
Figure N°23	Histogramme représentant la variation du calcaire actif.	49
Figure N°24	Histogramme représentant la variation du pH	49
Figure N°25	Histogramme représentant la variation de la conductivité électrique	50
Figure N°26	Histogramme représentant la variation de la matière organique	50
Figure N°27	Histogramme représentant la texture des échantillons.	51
Figure N°28	Représentation de l'empreinte carbone	53
Figure N°29	Répartition du SCO en fonction de l'altitude.	54
Figure N°30	Représentation de la variation des éléments grossiers.	55
Figure N°31	Représentation de la variation de la densité apparente.	56
Figure N°32	Triangle des textures des sols	Annexe

Figure N°33	photo de la station 01 E1VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°34	photo de la station 02 E2VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°35	photo de la station 03 E3VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°36	photo de la station 04 E4VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°37	photo de la station 05 E5VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°38	photo de la station 06 E1GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°39	photo de la station 07 E2GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°40	photo de la station 08 E3GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°41	photo de la station 09 E4GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°42	photo de la station 10 E1M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°43	photo de la station 11 E2M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°44	photo de la station 12, 13 et 14. E3M, E4M et E5M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°45	photo de la station 15 E1OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°46	photo de la station 16 E2OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°47	photo de la station 17 E3OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°48	photo de la station 18 E4OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)	Annexe
Figure N°49	Le dosage du calcaire totale (cliché Boudjelal. M. 2020)	Annexe
Figure N°50	Mesure du calcaire actif (cliché Boudjelal. M. 2020)	Annexe
Figure N°51	Mesure de conductivité électrique (cliché Boudjelal. M 2020)	Annexe
Figure N°52	Mesure du ph (cliché Boudjelal. M 2020)	Annexe
Figure N°53	Mesure des échantillons (cliché Boudjelal. M 2020)	Annexe
Figure N°54	Prélèvement des échantillons (cliché Boudjelal. M 2020)	Annexe

Liste des tableaux :

N de tableau	titre	page
Tableau n°01	Précipitations mensuelles de la Période 1913-1938	16
Tableau n°02	Précipitations mensuelles de la Période 1985-2015	16
Tableau n° 03	Températures moyennes mensuelles des maximums (1985-2015)	17
Tableau n° 04	Températures moyennes mensuelles des minimums (1985-2015)	17
Tableau n°05	Nombre de jours de gelées : 1985-2015	17
Tableau N°06	Répartition des climats selon l'indice d'aridité de DEMARTONE	20
Tableau n°07	caractérisation d'exposition et de la formation végétale de chaque station échantillonnée.	39
Tableau n°08	Coordonnées géographique des stations d'échantillonnages en degrés décimaux	40
Tableau n°09	Echelle d'interprétation des carbonates de calcium dans le sol	43
Tableau n°10	Echelle d'interprétation de la matière organique (BAIZE D., 2000).	44
Tableau n°11	Echelle d'interprétation du pH (BAIZE D., 2000).	44
Tableau n°12	Echelle d'interprétation de la salinité en fonction de la conductivité électrique.	45
Tableau n°13	résultats de calcaire, matière organique, ph et CE	47
Tableau n°14	résultats de texture de sol	51
Tableau n°15	résultats de l'empreinte de carbone	52
Tableau n°16	resultats de stockage de carbone	53
Tableau n°17	résultats des éléments grossiers	54
Tableau n°18	résultats de la densité apparent	55

Liste des abréviations

MO : Les matières organiques
MOS : Les matières organiques du sol
CO₂ : dioxyde de carbone
COS : carbone organique de sol
COT : carbone organique total
O.N.M : Office Nationale de Météorologie
ETP : Évapotranspiration potentielle
GES : Gaz à effet de serre
M2 : La minéralisation secondaire
SCOS : Le stock de carbone organique des sols
SCOT : Le stock de carbone organique total
ODD : Objectifs pour le Développement Durable
CEC : Capacité d'Échange Cationique
CAH : Complexe Argilo-Humique
Gt : gigatonne
L : Limon.
LG : Limon Grossier.
LF : Limon Fin.
Ct : Calcaire totale.
Da : densité apparente
LG : Limon Grossier.
LF : Limon Fin.
pH : potentiel Hydrogène.
S : Sable.
t/ha : tonne/ hectare
GIEC : Groupe intergouvernemental des experts sur le climat
A : Argile
C : Carbone
Ca : Calcaire actif.
CE : Conductivité Électrique.

Tableau de matières :

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	01
Partie bibliographique	
Chapitre I : Description de la zone d'étude	
I-Description de la zone d'étude.....	05
I-1-Situation géographique de la zone d'étude.....	05
I-1-1-Situation géographique de la wilaya de sidi bel Abbès.....	05
I-1-1-1- Situation géographique.....	05
I-1-1-2- Le relief.....	05
- a) Les zones de montagnes.....	06
- b) Les zones de plaine.....	06
- c) Les zones de steppe.....	06
I-1-2- Situation géographique du mont de Tessala.....	06
I-2- Caractères géo structuraux.....	09
I-2-1- Géologie.....	09
I-2-2- Stratigraphie et tectonique.....	10
I-2-3- Hydrologie et hydrogéologie.....	11
I-3- Caractéristiques pédologiques.....	12
I-3-1- Les sols à sesquioxydes de fer.....	12
I-3-2- Les sols bruns calcaires.....	12
I-3-3- Les vertisols.....	12
I-3-4- Les lithosols et les régosols.....	12
I-4- Étagement des sols.....	13
I-4-1- Les hauts versants.....	13
I-4-2- Les versants médians.....	13
I-4-3- Les bas versants et les collines.....	13
I-5- Caractéristiques géomorphologiques.....	13
I-5-1- Altitude.....	13
I-5-2- Exposition.....	13
I-5-3- Les pentes.....	14
I-6- La topographie.....	14
I-6-1- La zone montagneuse de Tessala.....	15
I-6-2- La zone de piémonts.....	15
I-6-3- La zone de plaine.....	15
I-7- Érosion et risques naturels.....	15
I-8- Caractéristiques climatiques.....	15
I-8-1- la précipitation.....	16
I-8-2- La température.....	16
I-8-3- Les gelées.....	17
I-8-4- L'humidité relative de l'air.....	17

I-8-5-Evapotranspiration potentielle	17
I-8-6- Les vents	18
I-8-7- Les précipitations.....	18
I-8-8- Synthèse climatique	18
I-9- La Formation végétale du djebel Tessala	20
• Occupation des sols.....	20
I-9-1- Les cultures annuelles.....	21
I-9-2- Les cultures pérennes.....	21
I-9-3- Les terres incultes et en jachères.....	21
I-9-4- Les formations forestières.....	21
• Les forêts denses.....	21
• Les maquis denses	21
• Les maquis clairs.....	21
• Les reboisements.....	22
Chapitre II : généralités sur la matière organique.	
II-Généralité sur la matière organique.....	24
II-1-Introduction.....	24
II-2-Definition de matière organique	24
II-3- Source et origine de la matière organique du sol.....	25
II-4- La principale source de matière organique pour le sol a une origine.....	25
II-4-1-Végétale.....	25
II-4-2-Animales.....	25
II-5-Classification de la matière organique.....	26
II-5-1-autochtone et allochtone.....	26
II-5-2-Vivante, morte et particulières.....	26
II-5-2-1- La matière organique vivante.....	26
II-5-2-2-Les MOS particulières.....	26
II-5-2-3-L'humus.....	26
II-6- La matière organique du sol - genèse et évolution.....	27
II-7-Stabilisation de la matière organique du sol.....	27
II-8-Facteurs affectants le stock organique et son temps de résidence dans les sols.....	28
II-8-1-Le climat.....	29
II-8-2-La topographie.....	29
II-8-3-Le type et propriétés des sols.....	29
II-8-4-Densité de peuplement végétal.....	30
II-8-5-Mode d'usage.....	30
II-8-6-Les exsudats racinaires.....	30
II-9-Etat d'art sur le stockage de la matière organique dans les sols.....	31
II-9-1-A l'échelle mondiale.....	31
II-9-2-A l'échelle de l'Afrique.....	33
II-9-3-A l'échelle locale.....	34
II-10-Rôle et fonction des matières organiques dans le sol.....	34
II-11-Conclusion.....	35
Chapitre III : Matériel et Méthodes.....	39

III.1 Introduction	39
III.1.1. Objectif du travail.....	39
III.1.2. Matériel utilisé.....	40
III.1.3. Méthodologie	40
III.1.4. Géolocalisation des stations	40
III.2. Etude pédologique.....	43
II.2.1. Dosage de calcaire total.....	43
II.2.2. Dosage de calcaire active	43
II.2.3. Dosage de carbone organique	44
II.2.4. Mesure de PH	44
II.2.5. Conductivité électrique	45
II.2.6. Granulométrie	45
Chapitre IV : Résultats et discussion	
IV.1. Résultats.....	47
IV.1.1. Calcaire total	48
• Commentaire	48
IV.1.2. Le calcaire actif	49
• Commentaire	49
IV.1.3. Le pH.....	49
• Commentaire.....	49
IV.1.4. La Conductivité électrique	50
• Commentaire	50
IV.1.5. La matière organique	50
• Commentaire	51
IV.1.6. La texture	51
• Commentaire	52
IV.1.7. L’empreinte de carbone.....	52
IV.1.8. Le stock de carbone organique (SCO).....	53
• Commentaire	54
IV.1.9. Les éléments grossiers.....	54
IV.1.10. La densité apparente.....	55
IV.2. Discussion et interprétation des résultats	56
Conclusion Générale	57
Références bibliographiques	59
Annexe.....	67

Introduction générale

Les matières organiques du sol (MOS) composées à 50% de carbone, parfois noté C organique, sont un mélange de composés issus d'organismes vivants. Ces matières plus ou moins complexes et incorporées ou non aux particules minérales du sol sont en perpétuel renouvellement, Le stock de MOS est alimenté en permanence à la fois par les organismes végétaux et animaux morts et par des matières organiques variées issues du métabolisme d'êtres vivants, comme les exsudats racinaires, les métabolites microbiens ou le mucus de vers de terre (**Chevallier. T 2015**).

La matière organique augmente généralement la qualité du sol et améliore la capacité de régulation de l'eau et de l'atmosphère du sol, en influençant sa structure, sa capacité de rétention en eau, ses réserves en éléments nutritifs, sa biodiversité ainsi que la profondeur d'enracinement des végétaux qui y croissent (**Lal & Follett, 1998**).

Les sols stockent, sous forme de matières organiques, deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère. Leur utilisation engendre des flux de CO₂ et a des répercussions sur l'évolution du climat. Aujourd'hui, l'enjeu est de limiter les pertes lorsqu'elles sont liées au retournement des terres et d'accroître les stocks par la promotion de pratiques agricoles et sylvicoles adaptées (**l'ADEME 2014**).

Selon le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental de l'évolution du climat (**GIEC, 2001**), les océans stockent 93% du carbone de la planète, soit environ 39 200 Gt C, les 7% restants se répartissant entre la biomasse épigée, les sols et l'atmosphère. **Schlesinger (1986)** a estimé qu'il y avait environ trois fois plus de carbone dans le sol que dans la végétation des écosystèmes terrestres.

On estime le contenu de COS à environ 1 500 PgC entre 0 et 1 mètre de profondeur. Cela représente plus de carbone que ce qui est actuellement contenu dans l'atmosphère (environ 800 PgC) et dans la végétation terrestre (500 PgC) réunis (**FAO et ITPS, 2015**).

Selon **Albrecht et Kandji (2003)**, la capacité de stockage du carbone d'un système agro-forestier varie entre 12 et 228 t C/ha avec une valeur moyenne de 95 t C/ha.

Le bilan du carbone est élaboré pour engager des réflexions sur la démarche de gestion environnementale vis-à-vis de la problématique liée à la maîtrise de l'énergie et des stratégies à mettre en œuvre pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (**IPCC, 2003**).

Cette étude a pour principaux objectifs de Contribuer à l'évaluation du stock de carbone organique des 30cm premiers centimètres des sols le long d'une toposéquence orientée Est-Ouest à exposition Nord sous différentes formations végétales au niveau des

monts de Tessala et analyser les principaux déterminants édaphiques, physiques et chimiques qui pourraient influencer bilan organique du sol.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : description de la zone d'étude

I-Description de la zone d'étude

I-1-Situation géographique de la zone d'étude

I-1-1-Situation géographique de la wilaya de sidi bel Abbès :

I-1-1-1- Situation géographique :

La wilaya de Sidi Bel Abbès se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie à environ 80 km d'Oran. Elle est située sur la Mékerra, à 486 m d'altitude, au centre d'une vaste plaine comprise entre le djébel Tessala au Nord et les monts de Daya au Sud. Sidi-Bel-Abbès était connue comme base du 1er régiment de la légion étrangère. La wilaya occupe une position centrale stratégique et s'étend sur environ 15% du territoire de la région Nord-Ouest du pays soit 9150,63 km². Elle est considérée comme relais de par son emplacement privilégié dans la mesure où elle est traversée par les principaux axes routiers de cette partie du pays.

La wilaya de Sidi Bel Abbès est délimitée comme suit :

- Nord par la wilaya d'Oran.
- Nord-Ouest par la wilaya d'Ain Témouchent.
- Nord-est par la wilaya de Mascara.
- Ouest par la wilaya de Tlemcen.
- Est par les wilayas de Mascara et Saida.
- Sud par les wilayas de Nâama et El-Bayad.
- Sud-est par la wilaya de Saida.

(BENNABLI.F – HAMEL.L et al– 2012)

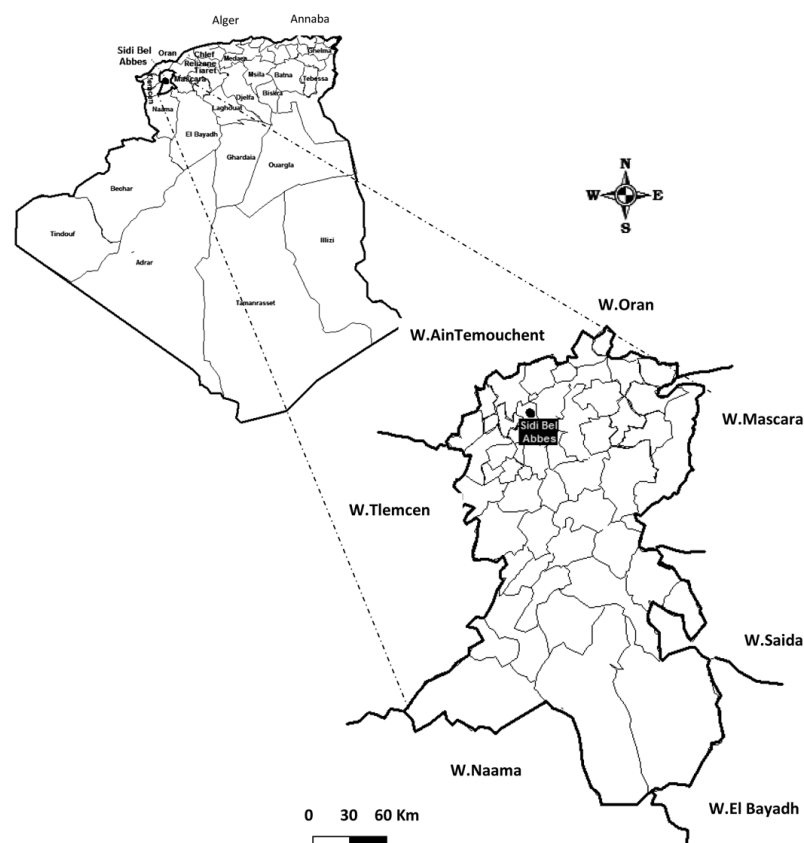


Figure n°01 : la présentation de la wilaya de sidi bel Abbès (BENNABLI.F – HAMEL.L et al– 2012)

I-1-1-2- Le relief :

Le relief peut être décomposé en trois grands ensembles naturels physiques distincts :

- a) **Les zones de montagnes :**

Elles couvrent une superficie totale de l'ordre de 2.250,37 km² soit 24,59% de la wilaya. Elles occupent au nord, les monts de Tessala, de Beni Chougrane sur environ 864,20 km² et la partie centrale de la wilaya par les monts de Dhaya environ 1.386,16 km² (ANAT,1990).

- b) **Les zones de plaine :**

Elles couvrent une superficie totale de l'ordre de 3239,44 km² soit 35,40% de l'espace wilaya. Elles sont représentées par la plaine de Sidi Bel Abbes environ 2 102,85 km² dont l'altitude varie entre 400 à 800 m et les hautes plaines de Telagh environ 1 136,59 km² dont l'altitude varie de 400 à 1 000 m.

- c) **Les zones de steppe:**

Elles constituent le Sud de la wilaya et occupent une superficie totale de l'ordre de 3 660,82 km² soit 40% de l'espace wilaya dont l'altitude varie de 1 000 à 1 400 m. Espace assez distinctif pour ses facteurs écologiques et humains. Zone très sensible par son rôle écologique (en contact avec la région désertique) et économique (concentration des troupeaux et activité alfatière). A l'intérieur des trois grands ensembles physiques et géographiques identifiés précédemment, la wilaya présente une diversité permettant l'identification de cinq sous-ensembles nettement différenciés du point de vue physique, climatique et même socio-économique.

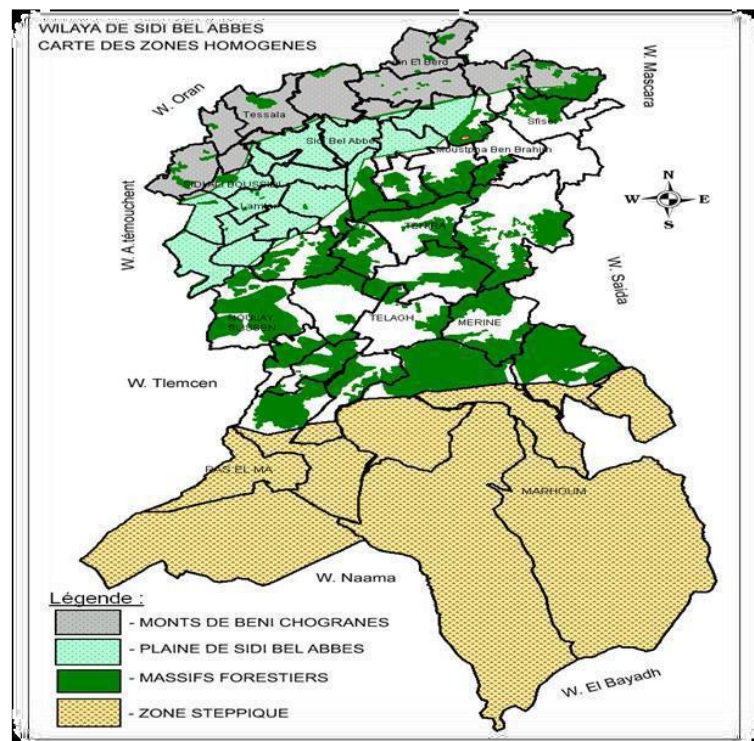


Figure n°02 : Les grands ensembles naturels de la wilaya de Sidi Bel Abbès (DPAT, 2008)

I-1-2-Situation géographique du mont de Tessala

Le mont de Tessala présente une grande diversité biologique de par sa localisation géographique et orographique. Il est situé au Nord de la wilaya de Sidi Bel Abbès, limité au Nord par la plaine de la Mleta et la sebkha d'Oran, à l'Est par les monts des Beni Chougrane, à l'Ouest par les monts de Sebaa Chioukh et au Sud par la plaine de Sidi Bel Abbès. Le mont de Tessala fait partie de l'Atlas tellien (fig.03). L'altitude varie largement, elle a des valeurs maximales dans les parties Sud-Ouest et son point culminant se trouve à 1061 m d'altitude

(Kikken, 1962). Au Sud et au Sud-Est s'étend la plaine de Sidi Bel Abbés dont les altitudes varient de 400 à 500m, elle est caractérisée par un relief très peu accidenté (fig.04). Il est l'un des points culminant de l'atlas plissé et de ce fait l'un des lieux les plus arrosés de l'Ouest (575 mm/an) en période pluviale normale (P.D.A.U., 2005).

Elle s'inscrit entre les coordonnées géographiques suivantes :

X1= 35°17'20.34'', Y1= 0°51' 54.67''

X2= 35°20'31.04'', Y2= 0°42' 54.96''

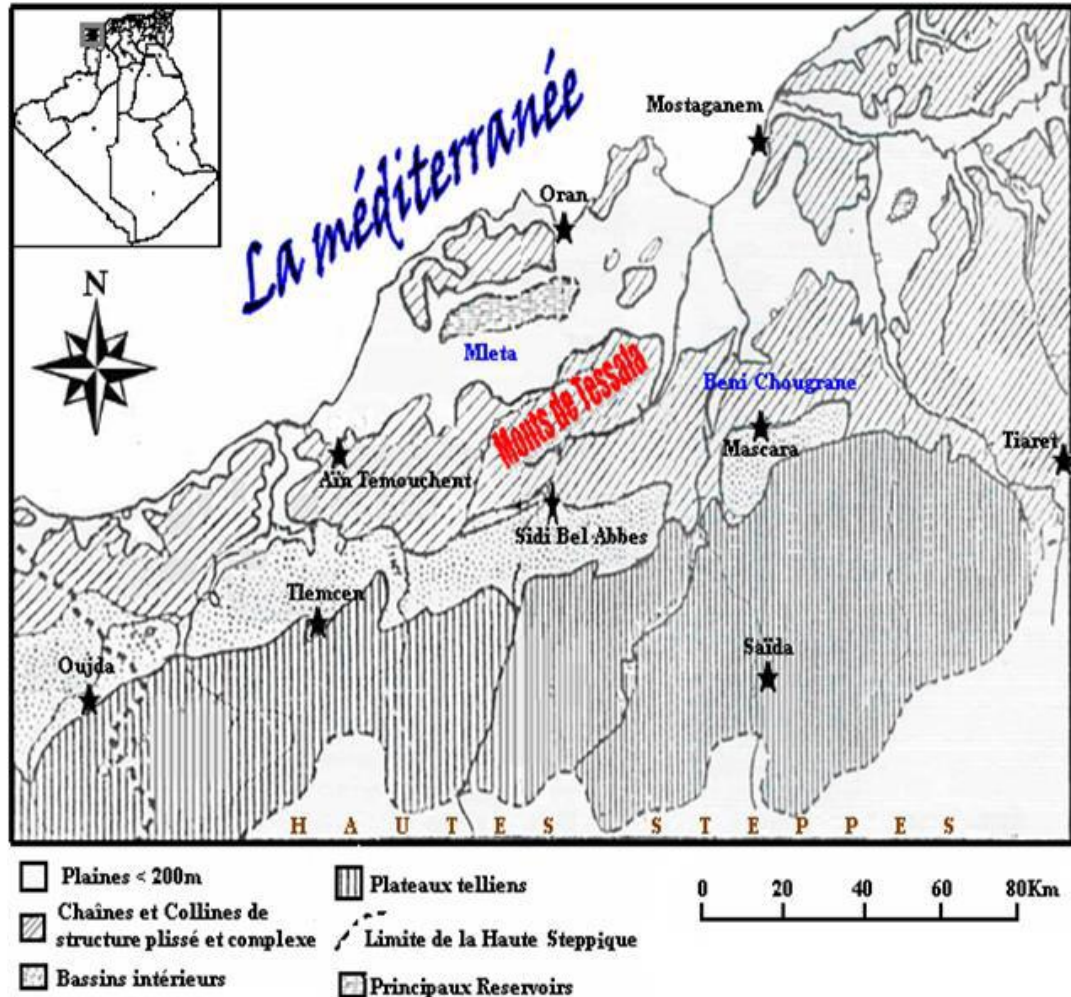


Figure n°03: Position géographique des monts de Tessala (Kiekken, 1962; modifié par Bouzidi, 2009).

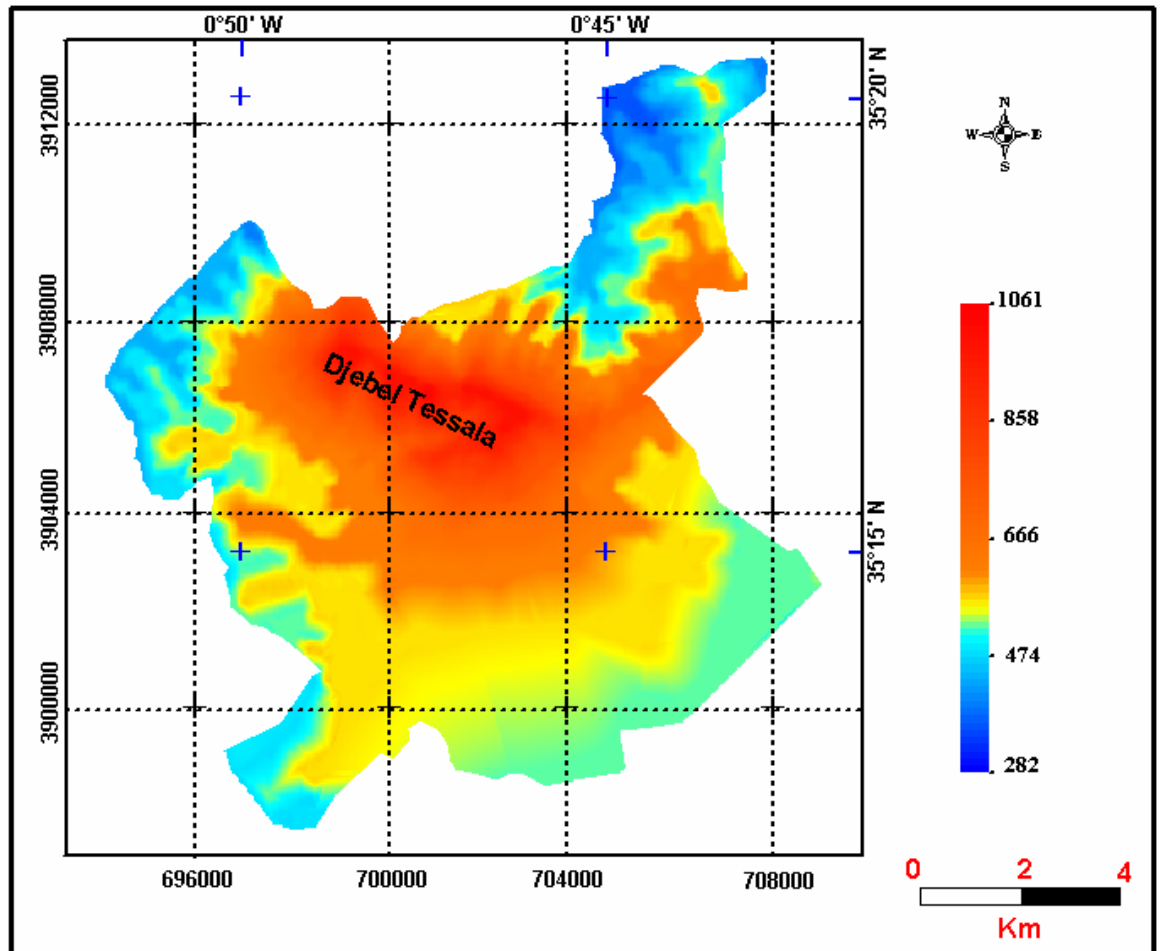


Figure 04. Carte hypsométrique de la zone d'étude (Carte établie par le logiciel MapInfo Professional Version 6.5) (Cherifi, 2013)

I-1-2-1-L'exposition du mont de Tessala :

L'exposition du mont de Tessala a un effet sur les conditions écologiques de cette zone. Le versant Sud occupe le canton Nemaïcha, souffre d'une sécheresse prolongée dépassant les 6 mois et est caractérisé par des sols relativement dégradés où dominent les argiles. Le versant Nord occupe le canton Ouled Riab, bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus clémentes, une brise marine avec ses effets adoucissants en été, une faible évaporation, des sols relativement équilibrés et une pluviométrie intéressante (Cherifi et al., 2011).

Elle est délimitée :

- Au Nord par la commune de Sidi Boumédiène et Oued Sebbah (Wilaya de Ain Témouchent)
- À l'Ouest par la commune de Sehal.
- À l'Est de la commune d'Ain Trid.
- Au Sud de la commune de Sidi Lahcen.

I-1-2-2-Le relief des monts de Tessala :

Le relief des monts de Tessala se définit par une altitude moyenne de 585 m, avec un point culminant à 1061m. C'est un paysage montagneux et accidenté avec des pentes fortes

accentuées par un ravinement très marqué de nombreux oueds et affluents traversent ces versants et transportent ainsi des matériaux caillouteux. Ces derniers sont enfin déposés en aval au niveau de la plaine de Sidi Bel Abbes (**Pouquet, 1952**).

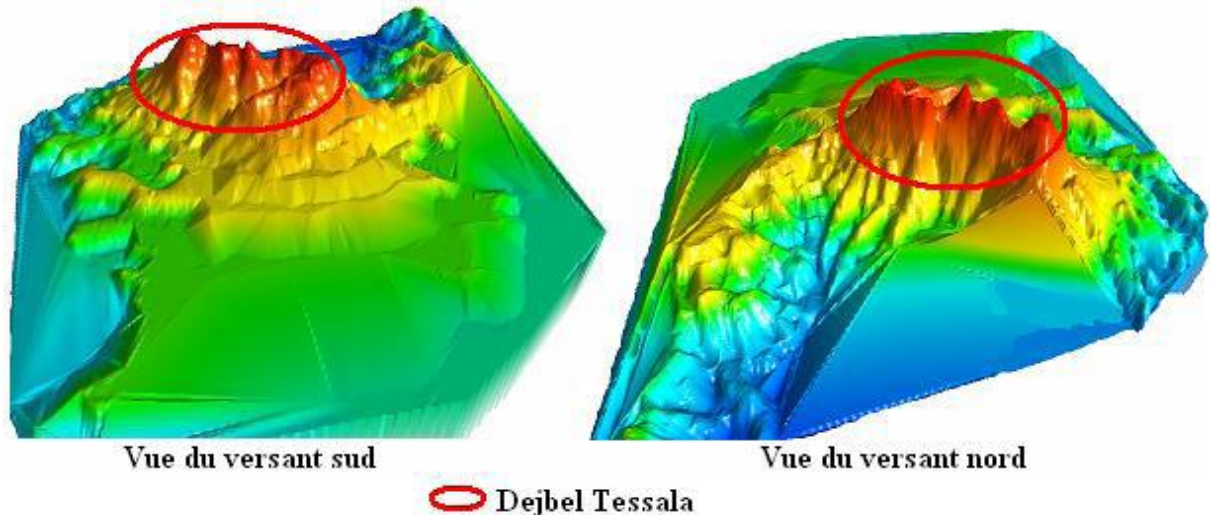


Figure n°05 : Vision du massif des monts de Tessala en 3D
(Image en MNT) (**Cherifi, 2009**).

I-2- Caractères géo-structuraux :

I-2-1- Géologie :

Les formations prédominantes sont les marnes, les argiles et les grès tendres du néogène et du transgressif sur les marnes et les calcaires marneux du paléogène et du crétacé. Les jointements du trias, toujours très bouleversés et dont la présence est presque toujours exclusive au travers des séries fortement plissées, sont les marques d'une tectonique d'extrême violence de laquelle résulte la structure très compliquée de cette chaîne (**Kiekken, 1962**) (**Figure 06**).

Le fond essentiel est la très grande extension des formations peu résistantes très érodable surtout les marnes et grès tendre de l'oligocène (**Dellaoui, 1952**).

Au sud de Tessala, les mouvements pliocènes ont provoqué un rajeunissement considérable des failles, on trouve également une structure synclinale grossière développé entre le massif de Tessala et Aïn Trid qui est occupé par des formations éocènes (**Benyahia et al., 2001**).

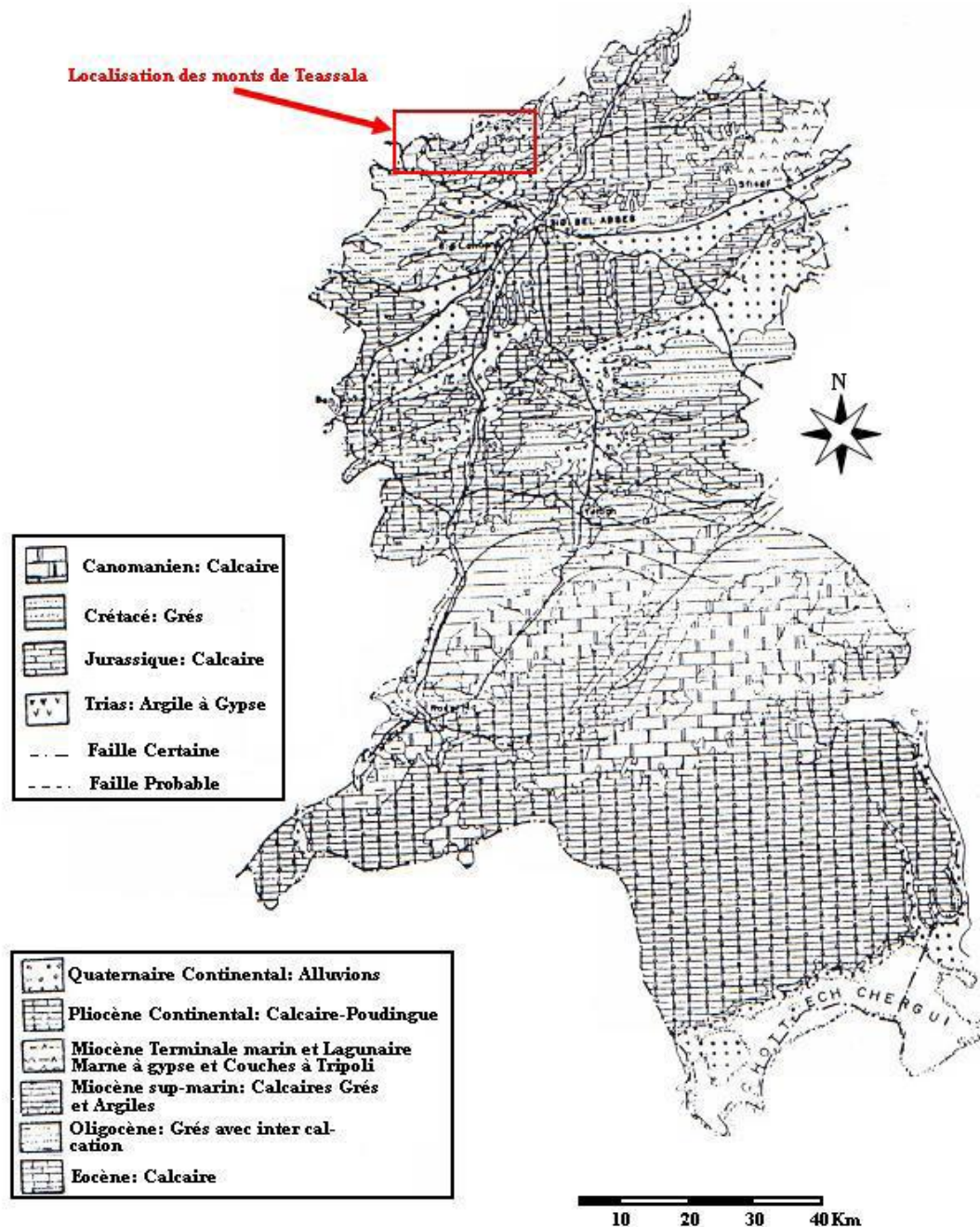


Figure n°06 : Carte géologique de la willaya de Sidi Bel Abbés (Kiekken, 1962, modifié par Bouzidi, 2009).

I-2-2- Stratigraphie et tectonique :

Les monts de Tessala sont considérés comme une grande structure anticlinale d'une direction SW-NE. Certains auteurs du levé géologique considèrent les monts de Tessala comme le domaine plissé de l'orogénèse alpine accidentée par une flexure sur la bordure du nord (ANAT, 1997). Kiekken (1962), la considère simplement comme une structure de couverture. A ce sujet, Benyahia *et al.* (2001) évoquent l'importance hydrogéologique de la description stratigraphique des différentes formations, et distinguent très schématiquement :

➤ **Le quaternaire** : représenté par les terrains où dominent les limons, les argiles sableuses dans le centre et la partie nord de la plaine des monts de Tessala.

➤ **Le plio-quaternaire** : trois formations peuvent être attribuées à cette ère géologique avec présence d'argile, d'argiles sableuses et argiles siliceuses.

➤ **Le pliocène** : débute par une dalle conglomératique à ciment calcaréo-détritique avec au-dessous des graviers, du sable et d'argilites rouges.

➤ **Le miocène** : constitue la série messiniène est présent dans le Tessala avec des marrées bleues ou vertes et jaunes parfois à affleurement intercalé de bancs de grés roux très développés vers le sommet de la formation.

➤ **L'éocène** : il se débute par un faciès qui commence par un entretien moyen supérieur avec une succession de calcaire marneux et grés alternant avec des marnes bleues noires.

➤ **Le crétacé** : son développement couvre la majeure partie des monts de Tessala, la délimitation des étages est un peu difficile. Le crétacé supérieur est représenté par un ensemble de cénonanien turonien avec des marnes très calcaires alternant avec des calcaires argileux, le crétacé inférieur présente un albien marno-calcaire,

➤ **L'aptien** : est localisé avec des marnes grises ou verdâtres représentées par le néocomien barrémien.

➤ **Le trias** : se caractérise par un ensemble chaotique de terrain sédimentaire et éruptif avec des évaporites gypse, dolomie noire et des argilites. Le complexe triasique est associé surtout aux unités éocènes et crétacées.

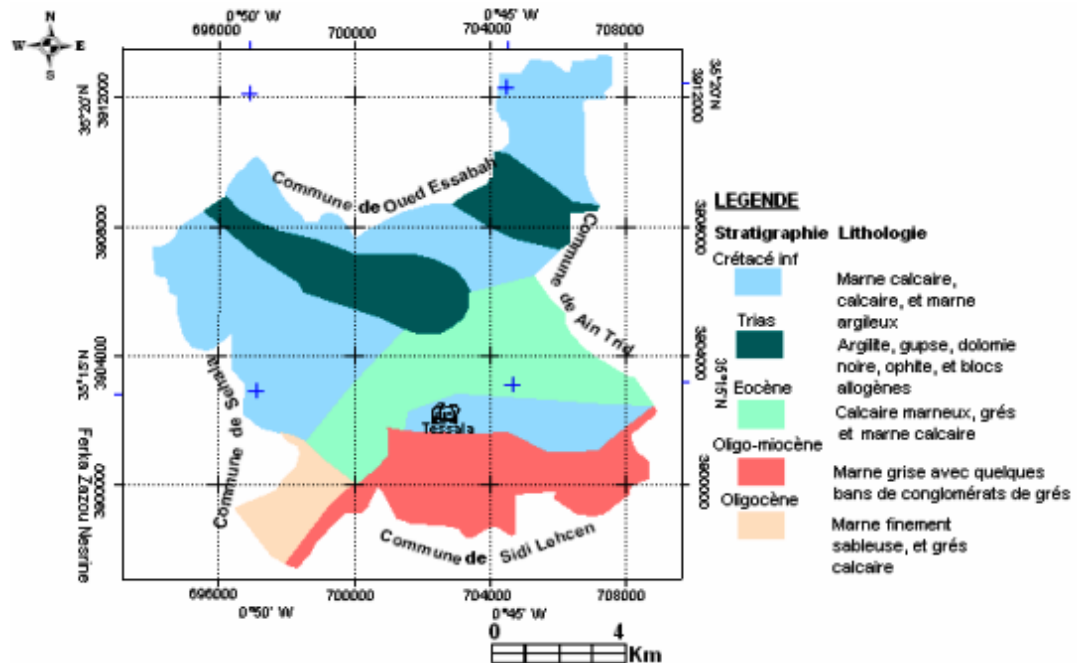


Figure n°07 : Carte des principales unités lithologiques de la commune de Tessala (Ferka-Zazou, 2006).

I-2-3- Hydrologie et hydrogéologie :

La lithologie des structures physiques, généralement marneuses est d'une perméabilité faible. La majorité de ces formations, ne recèlent que de faibles réserves localisées dans les nappes superficielles. Le réseau hydrographique imposé par le paysage montagneux, malgré son aspect pluvial reste très dense. De même la surexploitation de cette nappe avec l'augmentation des prélèvements suite à la forte multiplication des puits agricoles et à la sécheresse qui sévit depuis une décennie, ne peut donner des débits appréciables.

(Benyahia et al., 2001).

En plus, les monts se constituent de plusieurs bassins versants :

➤ Bassin versant d'oued El Malek qui s'ouvre sur la mer ; traverse la chaîne de Tessala suivant une pente du plateau avec oued Berkech et oued el Kellah. Les autres oueds constituent le bassin versant de la Sebkhah d'Oran.

➤ Au Sud, il se forme une barrière continue, sur toute la longueur délimitant ainsi le bassin versant de la Mekerra avec le sous bassin versant d'Oued Sarno. L'Oued El Mabtouh relie la Mekerra en drainant la plaine de Sidi Bel Abbés et contournant le massif du Tessala avec Oued Sarno, Oued el Melah et Aïn el Berd.

➤ Un autre sous bassin versant apparaît du côté de Sidi Daho. Parmi les bassins versants cités ci-dessus, il n'y a qu'un seul traversé par un cours d'eau permanent de grande importance qui est Oued Sarno et tous les autres Oueds sont relativement peu persistants, sans cours d'eau, à cause d'un manque d'alimentation adéquate ou d'une infiltration trop intense.

I-3-Caractéristiques pédologiques :

Dans la commune de Tessala les sols revêtent un caractère important puisque la zone est de prévalence agricole (**Ferka-Zazou,2006**). Les différents types de sols de la commune de Tessala sont illustrés sur la **figure 08** et se résument comme suit :

I-3-1- 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 représenter une grande valeur agricole.

I-3-2-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.

I-3-3-Les vertisols :

Ce sont des sols lourds à couleur noirâtre ou brun foncé, leur texture limoneuse 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.

I-3-4-Les lithosols et les régosols :

Sols se localisant sur les versants à forte pente avec une profondeur ne dépassant qu'exceptionnellement les 30cm.

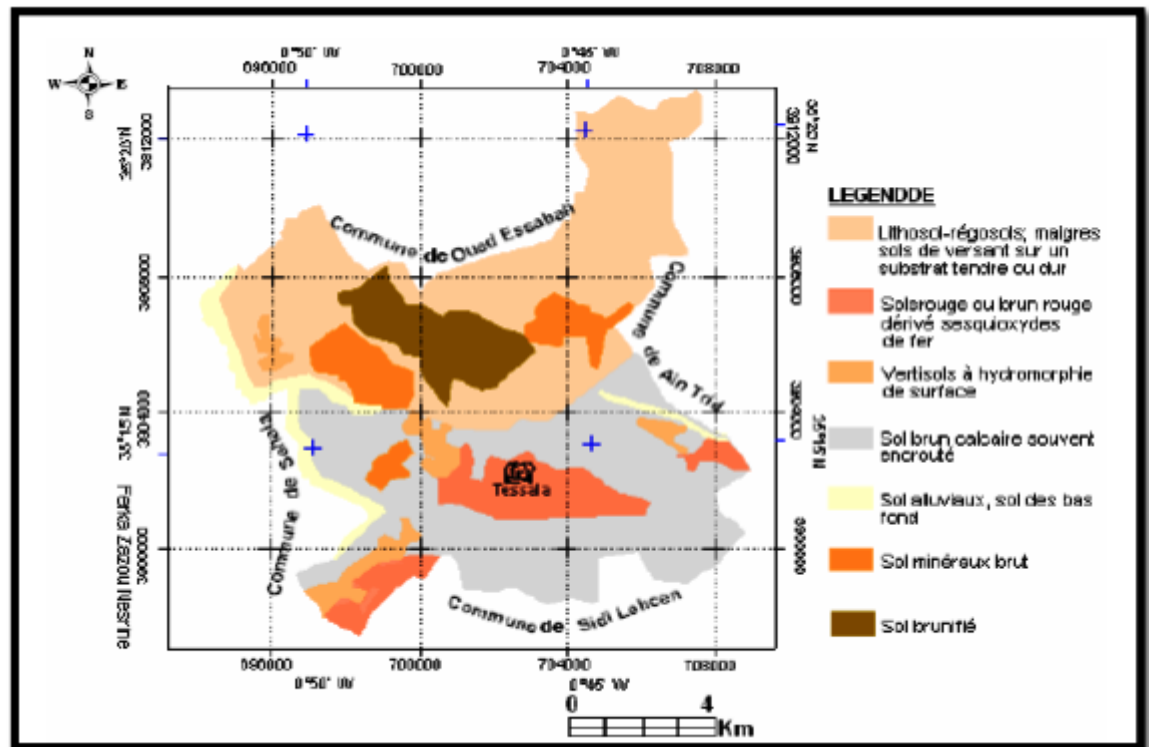


Figure n°08 : Carte des principales unités pédologiques de la commune de Tessala (Ferka-Zazou, 2006).

I-4- Etagement des sols :

I-4-1- 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.

I-4-2- Les versants médians :

Présence de relief élevé, avec une texture très argileuse et une roche mère marno-calcaire.

I-4-3- Les bas versants et les collines :

Les sols calcaires dominent 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.

* Globalement, cette répartition des sols est intimée liée aux conditions orographiques (Agencement du relief, altitude et pente), et lithologiques de même que la morpho-dynamique se calque à la répartition des sols.

I-5- Caractéristiques géomorphologiques :

I-5-1- Altitude :

La commune de Tessala est constituée d'unités topographiques hétérogènes. Les côtes varient largement, elles ont des valeurs maximales dans les parties sud-ouest (Djebel Tessala 1061m) la chaîne s'arrête abruptement à côté de la plaine de Mleta. Au sud et au Sud-est, s'étend la plaine de Sidi Bel Abbés dont les altitudes varient de 400 à 500 m, elle est caractérisée par un relief très peu accidenté. (FERKA-zazou2006)

I-5-2- Exposition :

Conjuguée 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 des monts 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 (**Benyahia et al. 2001 ; Cherifi et al., 2011**).

I-5-3- Les pentes :

La morphologie des pentes est en fonction de la structure asymétrique des monts de Tessala. La pente au sud se caractérise par un relief doux avec des oueds saisonniers et des ravins plus profonds, par contre vers le nord elle est caractérisée par des vallées profondes, étroites et des oueds permanents ainsi que des entailles nettement visibles dans les ravins (**B.N.E.D.E.R., 1990**). Quatre classes de pentes marquent le paysage des monts de Tessala :

- 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.

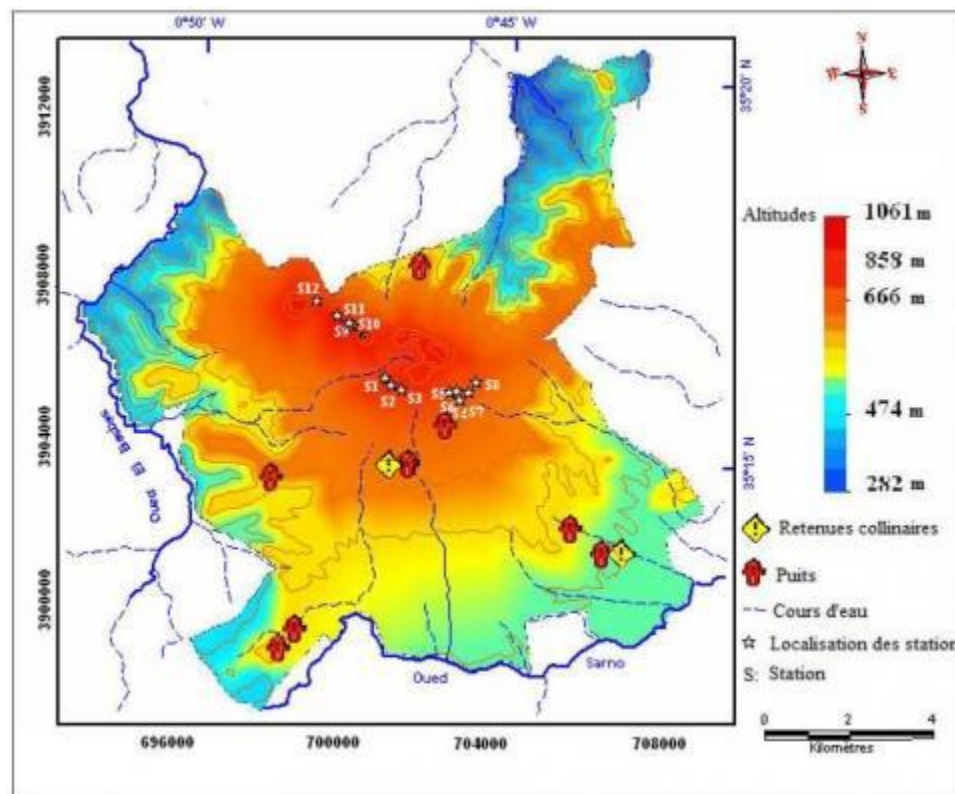


Figure n°09 : Carte hypsométrique de la commune de Tessala (**Bouzi M.A. et al. 2009**)

I-6-La topographie :

Les unités topographiques de la commune de Tessala appartiennent à de grands ensembles naturels du Tell Ouest Algérien.

I-6-1- La zone montagneuse de Tessala :

Limitée à l'Ouest par les monts de Berkèche et au Sud par la plaine de Sidi Bel Abbés, la chaîne montagneuse des Tessala est orientée du sud-ouest vers le nord-est. Elle est caractérisée par des sommets qui atteignent des altitudes moyennes de 600 mètres. Le djebel Tessala culmine à 1061m. Le paysage y dessine une morphologie accidentée avec des pentes fortes accentuées par un ravinement très marqué. En effet, ces versants sont disséqués par un nombre important d'oueds et affluents qui transportent des matériaux fins et caillouteux pour les déposer en aval au niveau de la plaine de Sidi Bel Abbés.

I-6-2-La zone de piémonts :

C'est un ensemble de collines fortement érodées avec des altitudes variant entre 560 et 450m. Elles sont traversées par un réseau hydrographique important (ravine, talwegs). Les pentes sont faibles à moyennes 3-12%. Cette zone fait l'objet d'une exploitation agricole associant vigne, céréaliculture et arboriculture. C'est également un milieu fortement habité.

I-6-3- La zone de plaine :

Seule la frange sud de la commune fait partie de la plaine de Sidi Bel Abbés (figure 08). Les altitudes varient entre 400 et 600 m avec des dépressions de 250 m. Les éléments physiques de cette plaine ne sont pas particulièrement contraignants. Les pentes générales et les petites collines ne marquent pas de grands accidents dans la topographie, elles ne font que marquer le relief assez monotone par quelques monticules matérialisés souvent par des Kouba de Marabouts. La commune de Tessala est une zone où s'épousent les paysages montagneux très escarpés, abrupts à fortes pentes, et les paysages de collines et de plaines. Une vue panoramique extraordinaire contemplée du sommet de djebel Tessala.

I-7- Erosion et risques naturels :

L'érosion est l'ensemble des actions chimiques physiques et organiques qui aboutissent à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain. C'est une usure superficielle de l'écorce terrestre ; l'eau et le vent en sont les principaux agents. En Algérie ce phénomène a été pleinement étudié par (**SACCCARDYL, 1949 ; PUTOD, 1962 ; GRECO, 1966 ; ROOSE & al. 1998**).

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**).

Au plan de la sismicité, Tessala est dans une zone reconnue à forte sismicité, les règles parasismiques sont applicables. Les risques liés aux inondations se localisent aux abords des ravins et oueds et peuvent en l'absence de traitement des bassins versants provoquer des détériorations des sols. Le stade critique de la dégradation des sols a été dépassé depuis longtemps. Les terrains essentiellement instables représentent 83%, situation encouragée par les techniques culturales inappropriées.

I-8- Caractéristiques climatiques :

Le climat d'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques, notamment par **SELTZER (1946) ; BAGNOULS & GAUSSEN (1953) ; EMBERGER (1954) ; CHAUMONT & PAQUIN (1971) ; STEWART (1975) ; BOTTNER (1981) ; LE HOUEROU (1995)**.

Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse en coïncidence avec la saison hivernale.

En Algérie, cette pluviométrie peut être soumise à l'orographie et aux influences maritimes. En effet, tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie ont montré que la répartition de la pluie subit trois influences. Il s'agit de l'altitude, les conditions de topographie, de la longitude et enfin celle de l'éloignement à la mer.

I-8-1-la précipitation :

Selon l'ONM de SBA (2015), la moyenne annuelle des pluies est relativement faible pour la région de Sidi Bel Abbas. Les hauteurs de pluies enregistrées excèdent rarement les 400 mm par an ; seulement quatre fois au cours du période allant de 1999 à 2009.

Tableau n°01 : Précipitations mensuelles de la Période 1913-1938

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
P(mm)	83,1	82	63	51	42	12	1	3	16	46	88	94	581

(SELTZER, 1946 in BENYAHIA et al,2001)

Tableau n°02: Précipitations mensuelles de la Période 1985-2015

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
P (mm)	53.8	41.3	42.1	31.6	25.9	2.4	1.9	1.1	15.8	37.9	54.7	44.6	357.3

(ONM, 2016)

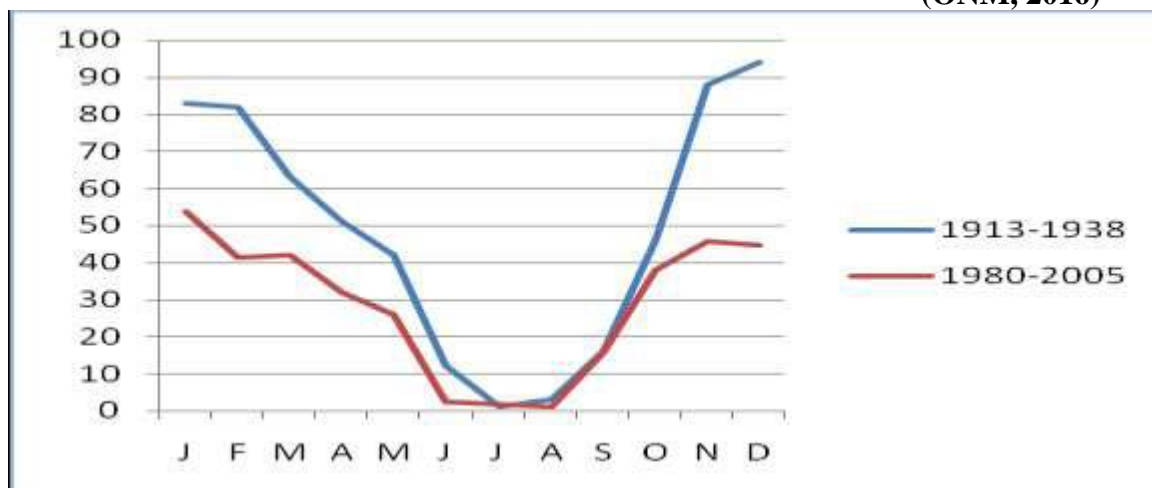


Fig.10 : variation des précipitations moyenne mensuelles (1913-1938) et (1985-2015) (BELAHCENE N .2019)

I-8-2- La température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance. Elle joue le rôle capital dans la vie des végétaux, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques, et conditionne de ce fait leur répartition et leur développement.

Elle dépend de la latitude, de l'altitude (Emberger, 1954), des masses d'eau, de la couverture végétale, de la nébulosité et du type du sol. Les températures moyennes enregistrées durant la période 1980-2013 (ONM, 2015) un maximum de 35,45°C° au mois d'Aout et un minimum de 2.4c° au mois de Janvier.

Tableau n° 03 : Températures moyennes mensuelles des maximums (1985-2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
T°C M (SBA)	15,07	16,71	19,25	20,8	25,42	30,39	34,37	35	29,69	24,44	19	15,95	23,84
T°C M (zone d'étude)	12,88	14,52	17,06	18,61	23,23	28,2	31,18	32,81	27,5	22,25	16,81	13,76	20,73

(ONM, 2016)

Tableau n° 04 : Températures moyennes mensuelles des minimums (1985-2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
T°C m (SBA)	3,24	3,25	5,45	6,62	10,44	14,34	17,525	18,25	15,35	11,25	7	4,33	9,75
T°C m (zone d'étude)	1,99	2	4,2	5,37	9,19	13,09	16,27	17	14,1	10	5,75	3,08	8,5

(ONM, 2016)

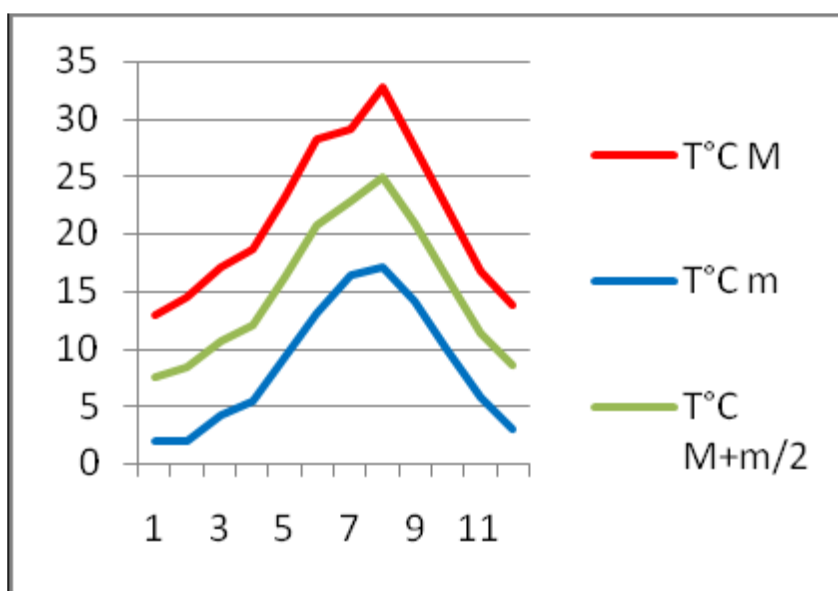


Fig. 11 : Variation des températures moyenne mensuelles minimales et maximales 1985-2015 (BELAHCENE N. 2019)

I-8-3-Les gelées :

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.

Elle devient ainsi nocive pour le développement des plantes et perturbe leur cycle végétatif en causant souvent des dégâts importants (ONM, 2013).

Tableau n°05 : Nombre de jours de gelées :1985-2015

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nbre jours de gelées	11	8.85	4.09	1.66	0	0	0	0	0	0.09	2.19	7.9

(ONM, 2016).

I-8-4-L'humidité relative de l'air :

Elle varie entre 76,41% à 73,41% entre décembre et février, et atteint 27,38% au mois d'août. Ceci montre le caractère d'une forte évaporation dont font l'objet des plans d'eau durant la période estivale, mais aussi l'évaporation des eaux souterraines, par le phénomène de capillarité dans cette région (ONM de SBA, 2015).

I-8-5-Evapotranspiration potentielle :

L'évapotranspiration potentielle moyenne interannuelle a été évaluée à 771.5 mm. Ce chiffre montre notamment à quel point la région est soumise au climat semi-aride. La répartition Mensuelle donne plus de 50% de perte d'eau par évaporation sur les quatre mois les plus secs de l'année (Mai-août). La formule suivante proposée par Thornthwaite permet le calcul de l'ETP en fonction de températures (**BENSEJAD ,2011**).

I-8-6- Les vents :

Les vents dominants sont du Nord-Ouest, observés en toute saison pendant 10 à 15 jours. Les vents du nord sont fréquents sur toute l'année, des vents plus violents apparaissent entre Octobre et Mars. Le siroco souffle environ 15 jours/an principalement en Juillet, Août quelque fois dès le mois d'Avril causant alors de sérieux dégâts agricoles. (**MOKADDEM, 2009**).

I-8-7- Les précipitations :

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.

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.

I-8-8- Synthèse climatique :

Afin de mettre en évidence la signification des moyennes des données climatiques (principalement la température et les précipitations) nous avons utilisé des indices climatiques. Pour **FERKA ZAZOU, (2006)**, divers auteurs (**DE MARTONNE, 1926 ; EMBERGER, 1936 ; GAUSSEN, 1958...**) ont proposé différents indices. Ces derniers, exprimés sous forme d'équations permettent d'identifier le climat par des formules mathématiques.

I-8-8-1-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens :

BAGNOULS et **GAUSSEN (1953)** proposent un diagramme ombrothermique. Ils ont élaboré des courbes de pluies et des courbes de températures. C'est un diagramme qui permet de délimiter la durée de la période sèche où $P \leq 2T$.

P : précipitations moyennes mensuelles

T : températures moyennes mensuelles

Le climat est sec lorsque la courbe des températures est au-dessus de celle des précipitations et humide dans le cas contraire.

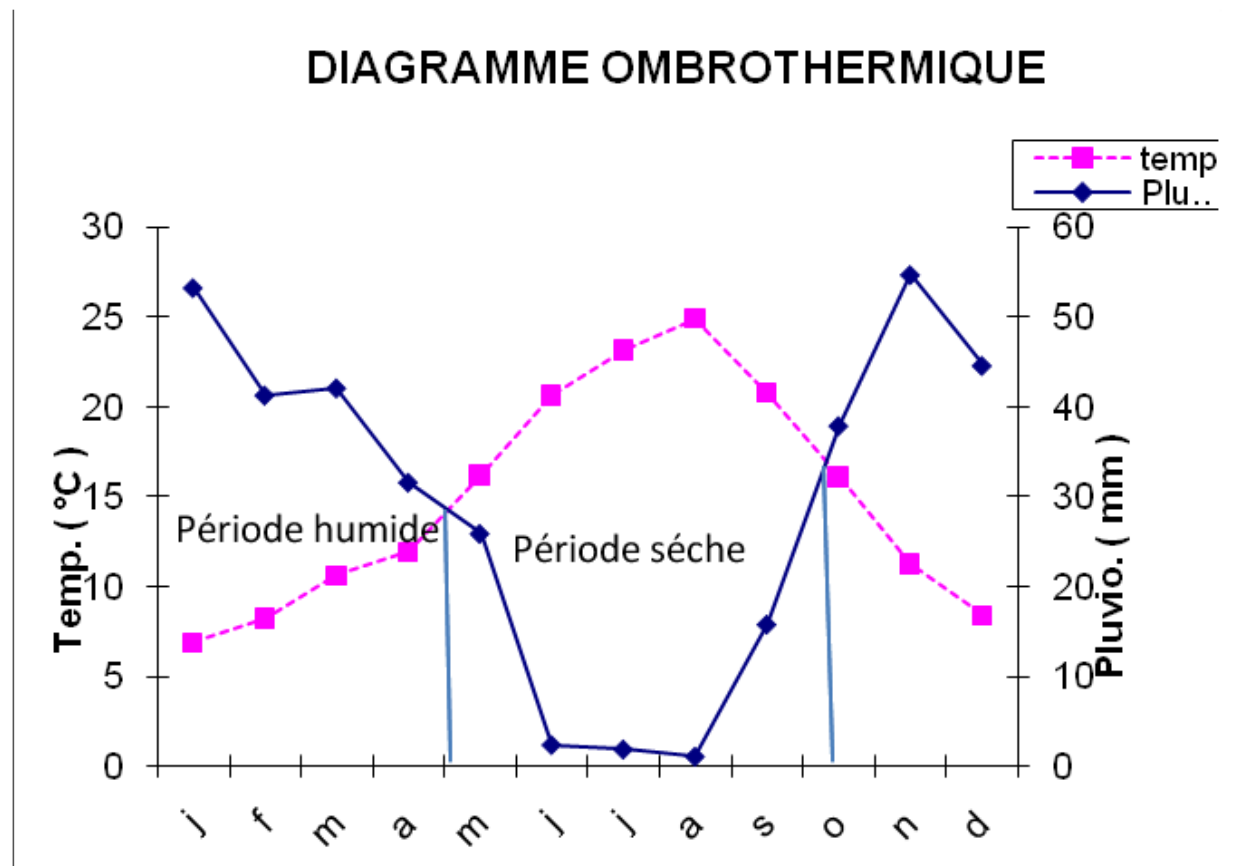


Fig. n°12 : Diagramme ombrothermique (P=2T) des monts de Tessala et Beni Chougrane (1985-2015) (BELAHCENE N .2019)

La durée de la période sèche est d'environ 5 mois et demi par an.

I-8-8-2-Climagramme d'Emberger :

Le système d'Emberger (1971) propose un quotient pluviométrique « Q_2 » pour l'analyse des formes climatiques méditerranéennes. Il part du principe que les précipitations annuelles (P) sont le moyen le plus simple pour caractériser la sécheresse et que la vie d'un végétal se déroule entre deux pôles thermiques ; la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima du mois le plus froid (m).

Ce quotient nous permet de situer schématiquement notre zone d'étude en fonction des étages de végétation sur le climatogramme pluviométrique d'Emberger (figure 13).

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Q : Quotient pluviométrique

P : précipitations moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K

m : moyenne des minima du mois le plus froid en °K

La valeur du quotient d'Emberger $Q_2 = 35,75$ ce qui explique que la zone est située dans un étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais.

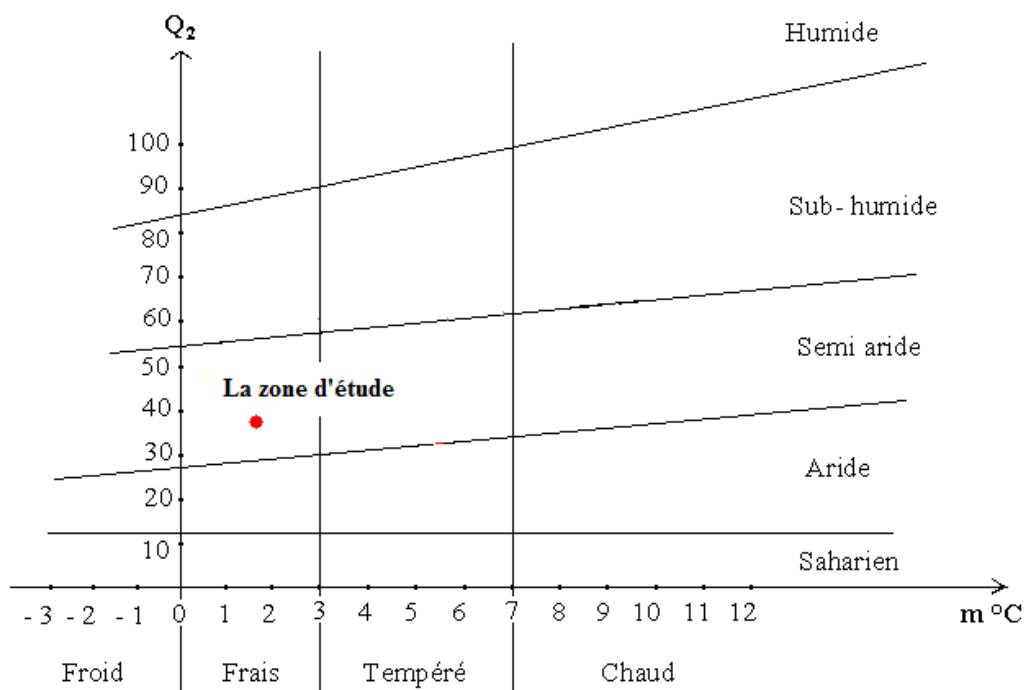


Fig. 13 : Climagramme pluviothermique du quotient d'Emberger (Q2) des monts de Tessala et Beni Chougrane (BELAHCENE N .2019)

I-8-8-3-L'indice d'aridité de DEMARTONE :

L'indice d'aridité de la région, déterminé selon la formule de (DEMARTONE, 1983) et estimé à 12.7, définit un régime semi-aride qui se caractérise par un écoulement temporaire de l'eau induisant une irrigation obligatoire des cultures.

Indice de DEMARTONE $I = P / (T + 10)$

Où : **P** : Précipitation moyenne annuelles en mm

T : Température moyenne annuelle en °C

$I=14.51$

Tableau N°06 : Répartition des climats selon l'indice d'aridité de DEMARTONE

Indice d'aridité I	Le climat
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$1 < I < 5$	Climat Hyperaride

La valeur de l'indice d'aridité de DEMARTONE révèle que la zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.

**I-9- La Formation végétale du djebel Tessala :
Occupation des sols**

Les principaux espaces caractérisant le milieu biotique de la commune de Tessala sont de trois types. On distingue :

- L'espace agricole (plantations agricoles) ;
- L'espace forestier (végétation naturelle, reboisements) ;
- L'espace inculte (espaces non exploités).

I-9-1- Les cultures annuelles :

Occupent presque la quasi-totalité des collines où les pentes sont d'ordre de 3 à 25% les terres destinées aux céréalicultures s'étendent sur plus de 5000 ha, soit plus de 54% de la superficie des monts (**Ferka Zazou, 2006 ; Cherifi, 2009 ; Bouzidi, 2009**).

I-9-2- Les cultures pérennes :

La vigne ne représente que de 4.4% de la surface agricole utile et constitue un exemple parfait de la mauvaise utilisation des sols dans la zone montagneuse calcaire. Le vignoble reste encore exploité comme une culture traditionnelle alors qu'il doit être un moyen de lutte contre l'érosion sur les terrains en faibles potentialités. En plus l'arboriculture n'occupe que 2% de la superficie totale avec la dominance de l'amandier se caractérisant par un âge assez avancé avec un dépérissement important (**Ferka Zazou, 2006 ; Cherifi, 2009 ; Bouzidi, 2009**).

I-9-3- Les terres incultes et en jachères :

Les parcours couvrent une superficie de 5250 ha soit 50% de la surface de la zone d'étude, ils se localisent à l'extrémité nord et notamment dans les communes de Tessala, Ain Trid. Ils colonisent essentiellement les terrains en pente à faible stabilité (**Ferka Zazou, 2006 ; Cherifi, 2009 ; Bouzidi**)

I-9-4- Les formations forestières :

L'espace forestier des monts de Tessala occupe une place relativement importante, avec 2.959 ha, soit 7.69 % de la superficie totale. Néanmoins, il faut dire que plus de 88% de ces terres sont colonisées par des maquis, dont plus de 1.800 ha sont des maquis clairs ou broussailles.

Selon **Cherifi (2008)**, les formations végétales dans les monts de Tessala sont représentées en trois strates :

- **Une strate arborescente** (*Pinus halepensis, Quercus ilex, Quercus coccifera, Arbutus unedo, Ceratonia siliqua, Olea europea, Eucalyptus sp*);
- **Une strate arbustive** (*Pistacia lentiscus, Pistacia terebinthus, Celstis australis, Phillyrea angustifolia, Crataegus oxyacantha, Nerium oleander, Rhamnus alatenus, Rosa sempervirens*);
- **Une strate buissonnante** (*Rubus caestus, Daphne gnidium, Calycotome villosa, Ampelodesma mauritanica, Asparagus acutifolius, Asphodelus microcarpus, Chaemerops humilis, Cistus salvifolius, Artemesia sp, Stipa tenacissima, Smilax aspera, Laurus mobils*).

Certain travaux menés par **Charif (2001); Ferka Zazou (2006); Cherifi (2009)** ont permis de récapituler l'espèce forestier des monts de Tessala comme suit:

Les forêts des monts de Tessala constituent un ensemble hétérogène, plus au moins dégradées occupant une très faible superficie avec 65 ha soit 0.17% de la surface totale de la zone. Ces dernières sont constituées essentiellement d'eucalyptus, de pin d'Alep et de chêne vert.

• Les maquis denses

Les maquis denses s'étendent sur 781 ha, soit 2.03% de la superficie totale du périmètre étudié. Il est composé essentiellement d'une strate arbustive avec quelques reboisements en pin d'Alep sur le versant sud du massif.

• Les maquis clairs

Cette formation végétale occupe une place plus importante, plus de 1.800 ha, soit un peu plus de 4.5% de la superficie totale du périmètre d'étude, ces derniers se présentent souvent sous forme de broussaille. Les principales espèces qui le caractérisent se résument comme suit : *Daphne gnidium, Calycotome spinosa, Ampelodesma mauritanica,*

Asparagus acutifolius, *Asphodelus microcarpus*, *Chamaerops humilis*, *Stipa tenacissima* et *Urginea sp.*

- **Les reboisements**

Les reboisements effectués dans le périmètre s'étendent sur 273 ha, soit 0.17% de la superficie totale. Ces reboisements sont constitués essentiellement de pin d'Alep, d'Acacia, d'Eucalyptus, le caroubier (*Ceratonia siliqua*), le tamarix (*Tamarix gallica*) et l'Olivier (*Olea europea*), en matière de réussite de ces boisements, il faut noter que le taux de réussite est très faible de l'ordre de 12%, ceci est certainement dû au non suivie des travaux et contraintes liées au sol et aux reliefs.

Chapitre II : Généralités sur la matière organique

II-Généralité sur la matière organique :

II-1-Introduction

La matière organique, très présente dans le sol des sous-bois de feuillus joue un rôle important également lorsqu'il s'agit de cultures. Selon les textures des sols. (**Web master 03**)

Chaque sol possède une structure qui lui est propre. Cette dernière est déterminée par la taille de ses agrégats et sa stabilité qui peut être modifiée par des variations climatiques mais aussi par l'action de l'Homme.

La stabilité de cette structure est liée à l'activité biologique, l'importance de la matière organique s'impose donc. En effet, ce sont les micro-organismes qui rendent possible l'agrégation des particules minérales dans le sol. La matière organique est l'élément essentiel de ce processus car une fois dégradée elle participe à son activité et permet d'aérer et de produire de plus gros agrégats. Un sol idéal est un sol ni trop collant ni trop léger, on le reconnaît à sa structure grumeleuse facile à travailler (**web master 03**).

Cependant, les sols peuvent devenir une source substantielle de gaz à effet de serre(GES) vers l'atmosphère lorsque la décomposition du COS est accélérée. Bien que l'impact global du changement climatique sur les stocks de carbone organique du sol(COS) soit hautement variable en fonction de la région ou du type de sol, l'augmentation des températures ainsi que la fréquence accrue des événements extrêmes est susceptible de mener à de plus importantes pertes de COS (**Lefèvre et al. 2017**).

La matière organique du sol est cruciale pour son fonctionnement, générant des avantages pour la structure du sol, l'agrégation des particules, la rétention d'eau, la biodiversité, l'absorption et la rétention des polluants, le cycle et le stockage des nutriments. De carbone (**web master 02**).

II-2-Que signifie matière organique ?

La matière organique du sol (MOS) désigne une large gamme de composés et regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non et présents dans le sol. Ces constituants représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols. C'est, en quelque sorte, un « continuum de matières plus ou moins complexes en perpétuel renouvellement » (**Bernoux et al. 2011**).

La MOS représente le plus important réservoir de carbone (C) continental, elle est composée en moyenne de 58% de carbone organique (**Stevenson 1994**). Ce dernier étant plus facilement déterminable au laboratoire et c'est, par le biais, de cette variable que les MOS sont couramment quantifiées. Cette variable présente l'avantage de relier facilement le carbone du sol et le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique (1 tC = 3.67 t CO₂) (**Cardinal, 2015**).

Elle résulte d'un équilibre entre les entrées de matières organiques (résidus de cultures, chute de litière, exsudats racinaires, racines et animaux morts, fixation photosynthétique par des micro-algues et des cyanobactéries...) et les pertes (minéralisation par les microorganismes, érosion, lixiviation ou lessivage...). Ses différents états dépendent des conditions pédoclimatiques, de l'utilisation et de la gestion des sols.

La matière organique naturelle est un matériau composé de composés organiques qui proviennent des restes d'organismes qui étaient autrefois des êtres vivants, tels que les plantes et les animaux et leurs déchets dans l'environnement naturel. Les structures de base sont constituées de cellulose, de tanins, de cutine et de lignine, ainsi que plusieurs autres protéines, lipides, hydrates de carbone et sucres. La matière organique est très importante dans le

mouvement des éléments nutritifs dans l'environnement et joue un rôle dans la rétention d'eau sur la surface de la planète Terre.

La matière organique prend le nom d'humus dans un sol, ou de compost dans le cas de fabrication artificielle, de terre végétale si sa composition est exclusivement issue de débris végétaux, etc. (**web master02**).

II-3-Source et origine de la matière organique du sol.

Continuum de matières plus ou moins complexes en perpétuel renouvellement (**Bernoux et al. 2011**), la MOS est alimentée en permanence par les végétaux et animaux morts et les matières issues de métabolisme des êtres vivants comme les exsudats racinaires. D'autres apports externes de matières organiques dites « exogènes », non produites sur la parcelle, tels que le compost et le fumier, l'alimentent également. Néanmoins, la principale source primaire de matière organique provient de la photosynthèse qui permet aux plantes de synthétiser en exploitant la lumière du soleil. Si bien que l'essentiel des apports organiques est d'origine végétale dans la plupart des agro écosystèmes. Ce processus se produit à la surface du sol (chute de feuilles, résidus de culture, apport exogènes dans les sols agricoles) et dans les horizons superficiels où la densité racinaire et l'activité biologique sont les plus importantes (**Bernoux et Chevallier, 2013**).

Les apports initiaux de MO, arrivant dans les sols, se localisent en majorité en surface (les 20 premiers cm) et, en profondeur, les racines constituent leur source principale. En effet, la matrice du sol et le carbone organique se déplacent verticalement (en profondeur) à cause de la bioturbation du sol par la méso faune (vers de terre, fourmis et termites, voire la macrofaune (rongeurs, taupes), la chute de terre dans les chenaux de racines mortes, voire le retournement du sol par les chablis. Dans les sols à argiles gonflantes, comme les Vertisols, il y a la pédoturbation qui provient de la formation de fissures en saison sèche et de la chute de terre et de carbone organique. De même, la charrue homogénéise parfaitement le profil organique dans la zone travaillée et augmente le taux de carbone en profondeur.

L'entraînement gravitaire de matière sous forme dissoute ou particulaire fait aussi descendre le carbone dans certains sols comme les Podzosols par chéluviation ou les Luvisols par sédimentation. Enfin, le carbone pourrait être trouvé d'autant plus long, profondément que son temps de résidence (cinétique de biodégradation du carbone), par rapport à la vitesse de déplacement ou de brassage du sol (**Girard, 2010**).

Les formations végétales constituent d'importants réservoirs de carbone en interaction permanente avec l'atmosphère et sensibles aux éléments extérieurs dont les activités anthropiques (**Gnanglè et al., 2012**). Le carbone provient directement du prélèvement dans l'atmosphère du CO₂ et se retrouve au niveau de la végétation, la matière organique morte (litière) et dans le sol en particulier dans la matière organique. Les formations végétales deviennent alors des sources de gaz à effet de serre quand elles sont en dégradation.

II-4-La principale source de matière organique pour le sol a une origine

II-4-1-Végétale : Les plantes mortes dans les forêts et les champs agricoles sont en train de se décomposer à travers une chaîne alimentaire.

II-4-2-Animales : où les animaux consomment d'autres animaux et légumes, qui à leur tour ont leurs déchets disposés au milieu. Les animaux, tels que les vers de terre, sont responsables du transport vertical et horizontal de la matière organique dans le sol. D'autres sources incluent le charbon et les exsudats de racine.

La concentration de la matière organique dans le sol varie généralement entre 1 et 6% de la masse totale de la couche arable pour la plupart des régions élevées. Les sols ayant des limites maximales de 1% de matière organique sont en grande partie limités aux régions désertiques, tandis que les terres humides de basse altitude atteignent des concentrations allant

jusqu'à 90% de matière organique. Les sols contenant 12 à 18% de carbone organique dans leur composition sont classés comme sols organiques ou sols nutritifs (**web master 02**).



Figure N°14 : sources de la matière organique du sol (**web master 02**).

La matière organique du sol provient des plusieurs sources : racines des plantes, insectes et leurs larves, champignons, bactéries pour la décomposition et des animaux souterrains, et inclut la matière sèche et de la matière organique particulaire.

II-5-Classification de la matière organique:

La matière organique peut être classée de la manière suivante:

- II-5-1-autochtone et allochtone :

La matière organique peut être classée en autochtone et allochtone selon l'endroit où elle a été produite. La matière organique autochtone est celle qui provient d'une source dans le système lui-même, tandis que la matière organique allochtone est une matière qui a été produite à l'extérieur du système et transportée dans le système (**web master 02**).

- II-5-2-Vivante, morte et particulières :

II-5-2-1-La matière organique vivante :

Le premier stade des MOS est la matière organique vivante. Bien qu'en faible proportion, seulement 5% de la matière organique totale, ce sont les moteurs de l'évolution de la MO. Les micro-organismes peuvent représenter jusqu'à 80% de ces êtres vivants (**web master 01**).

II-5-2-2-Les MOS particulières :

Toute cette biomasse vivante se multiplie, est consommée et/ou meurt à un moment donné. Les organismes du sol les décomposent en petites particules, qui peuvent alors rentrer dans les cycles biologiques, en particulier ceux du carbone et de l'azote. Cette fraction des MOS minéralise beaucoup, elle fournit de l'engrais naturel aux plantes (**web master 01**).

II-5-2-3-L'humus :

Seulement, 80% de la MO morte n'est pas sous cette forme : elle est dite **humifiée**. Des **macromolécules** sont synthétisées à partir des plus petites issues de la décomposition. L'humus est lié aux argiles au sein du **complexe argilo-humique**. Particulièrement stable, il minéralise peu et a un surtout un effet structurant, et d'amélioration de la **CEC** (contribuant à la rétention des ions minéraux dans le sol) et de la réserve utile (eau accessible aux racines)(**web master 01**).



Figure N°15: Humus (web master 01)

II-6-La matière organique du sol - genèse et évolution :

Les MOS évoluent sous l'incidence de divers processus physiques, chimiques ou biologiques (**Chamayou et Legros, 1989**). Le processus physique correspond à la séquestration du carbone et devient alors inaccessible aux microorganismes. Les transformations des matières organiques se réalisent essentiellement par les processus de recombinaison, d'humification, de dégradation et de minéralisation.

L'humification est un terme recouvrant l'ensemble des transformations physiques et biochimiques que subissent la matière organique fraîche et la matière organique déjà transformée et conduisant à la formation de l'humus. La minéralisation est principalement réalisée par les microorganismes du sol qui transforment la matière organique en composés dissous et en gaz carbonés [dioxyde de carbone (CO₂), essentiellement]. L'autre part de la matière organique fraîche est, quant à elle, humifiée et pourra être minéralisée plus lentement (**Calvet, 2003**).

La minéralisation primaire (M1) est un processus assez rapide qui aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisations successives des matières organiques. Parmi ces substances, il y a : l'eau, le CO₂, l'azote nitrique, les phosphates et sulfates, etc. Cette phase se déroule essentiellement sous l'action de la faune du sol et des microbes (champignons et bactéries). Ces matières minérales peuvent soit être assimilées par les plantes, adsorbées sur le (CAH), soit perdues par lessivage ou soit reprises par certains microbes pour la synthèse de l'humine microbienne. La minéralisation secondaire (M2) est au contraire un processus très lent, à raison de 2 - 3 % par an. Elle affecte l'humus formé depuis de nombreuses années et libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs considérables qui sont mis à la disposition des plantes. Cette notion de minéralisation de l'humus, considérée comme perte, est reprise dans les modèles de calcul du bilan humique. Elle est exprimée sous le symbole de K2 (**Gobat et al. 2003**).

Cycle du carbone :

Le cycle du carbone (C) désigne l'ensemble des réservoirs et des flux de (C) organique et minéral. Ce cycle comprend quatre grands réservoirs : l'hydrosphère, la lithosphère, l'atmosphère et la biosphère. A des pas de temps géologiques courts (de l'ordre de l'an au siècle), l'essentiel des échanges de (C) a lieu entre la biosphère et l'atmosphère, à travers la photosynthèse et la respiration et, entre l'atmosphère et l'hydrosphère, à travers l'équilibre de dissolution des carbonates marins et entre les couches profondes et superficielles des océans.

En effet, 8.9 Gt C an-1 dans l'atmosphère provient de l'utilisation de carbone fossile, et rentre en grande partie dans les émissions de gaz à effet de serre (**Le Quéré et al. 2014**). A l'échelle planétaire, ces émissions représentent environ 4% du stock de carbone organique. Ainsi, une faible variation des stocks de carbone du sol peut avoir un impact majeur sur les émissions de (GES) et l'atténuation du changement climatique. Actuellement, les écosystèmes terrestres (sols + végétations) compensent un peu plus de 30% des émissions de (GES) anthropiques (**Cardinal, 2015**).

II-7-Stabilisation de la matière organique du sol :

Les principaux mécanismes impliqués dans la stabilisation du carbone organique du sol sont des processus chimiques (nature chimique des MOS), physiques (température, humidité, structure du sol) et physicochimiques (liaisons entre le carbone organique et les particules minérales du sol) (**Lützow et al. 2007**). La vitesse de dégradation des MOS est déterminée aussi par la température et l'humidité du sol (**Rodrigo et al. 1997**).

La stabilisation des molécules organiques dépend de la taille de la molécule, de sa polarité, des groupes chimiques qu'elles contiennent. Il n'existe pas toujours dans le sol les enzymes capables de dégrader ces molécules souvent hyper condensées. Cette stabilisation chimique est mal connue. Selon les auteurs, le type de sol et le type d'analyse, elle représenterait de 5 à 65 % du C total du sol et durerait de 500 ans à plusieurs milliers d'année.

(**Paul et al., 2001 ; Yang et al., 2004 ; Gleixner et al., 2002**).

La composition chimique des matières organiques a longtemps été considérée comme le facteur clé contrôlant leur décomposition et leur stabilisation dans les sols. La teneur en lignine, molécule poly phénolique complexe supposée résistante à la décomposition par les microorganismes, a souvent été utilisée comme un indicateur de la « recalcitrance chimique » des matières organiques à la décomposition (**Rasse et al. 2006**). Il est maintenant avéré que la recalcitrance ne contrôle que les premières phases de la décomposition, mais pas la stabilisation à l'échelle pluri-décennale (**Von Lützow et al. 2006**).

Les processus physico-chimique ont un rôle dans la protection de la matière organique. Ce processus consiste en la réduction de la biodégradabilité des matières organiques du sol consécutif à leur association avec la phase minérale, et plus spécifiquement avec les argiles ou les colloïdes de fer et d'aluminium (**Von Lützow et al., 2006**). Différentes interactions sont possibles parmi lesquelles l'adsorption, la co-précipitation ou la complexation.

Les récents travaux menés dans ce domaine semblent montrer que « les processus de stabilisation ne sont pas les mêmes dans les horizons superficiels et profonds » avec, généralement, un rôle plus important de l'agrégation en surface, alors que la majorité du carbone profond semble être adsorbé sur des minéraux ou complexé à des métaux (**Salomé et al. 2010 ; Rumpel et al. 2015**).

De plus, le carbone profond et ancien semble être protégé de la décomposition du fait d'un manque d'énergie disponible dans le milieu pour les microorganismes. En effet, l'apport de matière organique fraîche (racines, exsudats, etc.) entraîne une minéralisation du carbone stabilisé, on parle de « priming effect » (**Fontaine et al. 2004 ; Fontaine et al. 2007**).

Un pH acide, la toxicité de l'aluminium en forte proportion dans Les andosols, la formation de complexes organo-minéraux ou de complexes métal-C organique-argile, la précipitation et des liaisons entre la MO et les surfaces minérales sont souvent cités pour expliquer la stabilisation du C organique dans les andosols (**Boudot et al., 1986 ; Percival et al., 2000 ; Scheel et al., 2007 ; Mikutta et al., 2005 ; Woignier et al., 2005**).

Les agrégats sont des assemblages de particules minérales et organiques. Ces agrégats sont définis selon leur taille et leur stabilité face aux agressions notamment de l'eau et du temps. Il y a interaction entre le taux de C organique et l'agrégation du sol car d'une part le C organique participe à la formation et la stabilisation des agrégats (**Tisdall et Oades 1982**) et

d'autre part les agrégats protègent en partie le C organique localisé en leur sein (**Balesdent et al., 2000 ; Six et al., 2004**).

II-8-Facteurs affectants le stock organique et son temps de résidence dans les sols :

L'importance du stockage de carbone dans les sols dépend de nombreux facteurs, externes ou climatiques (température, pluviométrie), internes (respiration, photosynthèse, végétation) ou anthropiques liés à l'influence de l'activité humaine (mode de gestion et pratiques agricoles).

Les stocks sont sous le contrôle de ces facteurs avec des degrés d'importance variable à différentes échelles spatiales (**Tsui et al. 2013**). Parmi ces variables, les principales sont d'ordres pédologiques, climatiques et anthropiques et affectent le temps de résidence (turnover) du carbone dans le sol.

La production primaire nette de la végétation et la décomposition de la matière organique dépendent à leur tour des conditions climatiques, principalement la température et l'humidité. Toutefois, les sols forestiers peuvent devenir une source importante de CO₂ suite à un réchauffement climatique, car ce dernier pourrait entraîner une minéralisation de la matière organique supérieure à la production primaire nette de la végétation (**Liski, 1999 ; Bernoux et al, 2005**).

II-8-1-Le climat :

Le temps de résidence du carbone dans le sol dépend de la composition de la matière organique et des conditions climatiques (température, humidité, aération...). Les conditions de températures et d'humidité favorisent la plupart des processus biologiques concernant les MOS et en particulier leur minéralisation. En effet, une augmentation relative de la température augmente l'activité biologique du sol, le taux de décomposition et la vitesse de minéralisation de la MO. Dans les zones semi-aride, la saison sèche peut s'étaler jusqu'à neuf mois. Durant cette période, l'activité biologique des sols est nettement ralentie et la productivité primaire est très faible, ce qui explique, au moins partiellement, la légère accumulation des matières organiques dans les sols.

L'incidence de la température sur l'activité biologique et la minéralisation du C et de l'azote des sols est principalement définie par une fonction de Q₁₀ : elle estime que le taux de décomposition de la matière organique des sols a tendance à doubler pour chaque augmentation de température de 10 °C (**Davidson et Janssens, 2006**).

Makipaa et al. (1999) ont estimé qu'une augmentation de la température de 4 °C dans la zone boréale entraînerait une augmentation de 10% du réservoir du carbone dans la végétation, mais une diminution de 30% du réservoir de carbone dans le sol.

Selon **Marschner et al. 2008 ; Thévenot et al. 2010** La température du sol et son contenu en eau sont deux facteurs (principalement déterminés par les conditions climatiques) contrôlant la décomposition de la MOS. Ils influencent grandement le stock de C du sol au travers de leur effet sur l'activité microbienne.

La température et humidité du sol modifient les dynamiques de minéralisation des MOS et que ces impacts dépendent du type de sol et de l'usage des sols e.g. (**Hamdi et al., 2013 ; Moyano et al., 2013**).

II-8-2-La topographie :

Plusieurs études ont montré l'effet de la topographie sur la variation des stocks en carbone dans les sols. En effet, 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 (sommets, 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. Cette différence des stocks en carbone est due à la vitesse de décomposition de la matière organique des espèces végétales, dans de telles conditions.

Selon Boulmane M et al. 2009 : Les stocks du carbone organique présentent une variabilité très significative selon les différentes couches des sols, mais ils sont toujours élevés dans la couche 0-15 cm (plus de 60% du SCOS). L'approche corrélative montre que ces stocks sont fortement dépendants de la profondeur, de la densité du peuplement et du pourcentage de la fraction fine. Les relations entre les stocks du carbone organique, la profondeur et la densité du peuplement sont plus évidentes. Comme c'était le cas pour les teneurs, les stocks diminuent avec la profondeur et augmentent avec la densité du peuplement.

II-8-3-Le type et propriétés des sols :

Les propriétés physiques des sols, en particulier la texture et la porosité participent à la variabilité des stocks de carbone mais les interprétations des processus restent partagées à l'échelle du profil et du paysage. Plusieurs études ont suggéré que le stockage du carbone organique serait positivement corrélé avec la proportion de particules fines des sols (**Arrouays et al., 2006 ; Feller et Beare, 1997**) y compris à l'échelle du paysage. Le temps de résidence du carbone dans le sol et sa stabilisation croît par l'association de la matière organique aux particules minérales du sol (aux argiles en particulier) qui assurent une protection physique et physicochimique (aux argiles en particulier) de la MO vis-à-vis de l'action des microorganismes décomposeurs. Toutefois, certains auteurs (**Giardina et al., 2001**) ont montré que la température et les précipitations pouvaient occulter l'effet de la texture des sols sur le contenu de carbone organique du sol.

L'engorgement des sols et l'acidité permanente augmentent le temps de résidence du carbone dans le sol, il y a formation de tourbe en conditions froides à long terme ; la présence d'Aluminium libre augmente le temps de résidence par une protection physique et physicochimique des MOS (**Girard et al., 2005**).

II-8-4-Densité de peuplement végétal :

Selon **Boulmane M et al. 2009**, On constate que la densité de peuplement n'a pas d'effet significatif sur la potentialité de séquestration du carbone dans la biomasse (64 t C/ha pour Tafachna et 58 t C/ha pour Reggada). En revanche, il a un effet très marquant sur la séquestration du carbone dans les sols et plus précisément sur la couche 0-15 cm (52,7 t C/ha pour Tafachna et 33,2 t C/ha pour Reggada) et sur la couverture morte (8,7 t C/ha pour Tafachna et 3,5 t C/ha pour Reggada). Par extrapolation de ces résultats préliminaires avec un stock moyen de carbone organique de 130 t C/ha sur toute la superficie qu'occupe l'écosystème des chênaies vertes au Maroc (1 394 000 ha ; **Benabid & Fennane, 1999**), on conclut que cet écosystème séquestre environ 181 millions de tonnes de carbone (soit environ 2,8 M t C/an). Ceci montre que ce réservoir de carbone peut devenir une source importante du dioxyde de carbone dans l'atmosphère après une simple perturbation. L'exploitation d'un hectare de chêne vert (exportation de bois d'oeuvre) entraîne une libération d'environ 477 tonnes de CO₂ (sans parler du protoxyde d'azote) dans l'atmosphère. En plus, la déforestation a pour conséquence l'élévation de la température du sol, ce qui accélère la dégradation de sa matière organique et, par voie de conséquence, la libération du dioxyde de carbone.

II-8-5-Mode d'usage :

Selon **Arrouays D et al., 2002** Le stock de C du sol étant fortement dépendant du mode d'usage des terres ou des pratiques culturales, une modification de ceux-ci peut conduire à des changements importants des stocks dans le sens d'une diminution ou d'une augmentation. Ces variations, qui concernent essentiellement les horizons de surface (entre 0 et 30 cm de profondeur).

Des études réalisées sur les différents systèmes à karité et néré au Bénin révèlent que ces derniers sont en dégradation continue du fait des facteurs climatiques, anthropogéniques et des pratiques culturales (**Gbedji, 2003 ; Gnanglè, 2005 ; Gnanglè et al., 2012**).

Les émissions de CO₂ issues de la minéralisation du C organique peuvent être jusqu'à 2,3 fois plus élevées après broyage du sol (**Chevallier et al., 2004**).

Aussi, le changement d'usage des terres a un fort impact sur les stocks de C, toutefois, la conversion de forêts en parcelles cultivées entraîne une forte diminution de ces stocks mais peuvent être conservés ou même améliorés quand une prairie est installée (**Murty et al. 2002; Fujisaki et al. 2015**). A l'inverse, la conversion de terres agricoles en prairies ou en forêts augmente fortement les stocks de carbone mais de manière beaucoup plus lente que leur perte (**Conant et al., 2001**).

II-8-6-Les exsudats racinaires :

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**).

II-9-Etat d'art sur le stockage de la matière organique dans les sols :

Selon **Tiphaine Chevallier en 2015** dans une étude réalisée sous le titre Mécanismes de stockage et de déstockage du C organique des sols Perturbations climatiques et stock organique du sol les matières organiques du sol (MOS) composées à 50% de carbone, parfois noté C organique, sont un mélange de composés issus d'organismes vivants. Ces matières plus ou moins complexes et incorporées ou non aux particules minérales du sol sont en perpétuel renouvellement, Le stock de MOS est alimenté en permanence à la fois par les organismes végétaux et animaux morts et par des matières organiques variées issues du métabolisme d'êtres vivants, comme les exsudats racinaires, les métabolites microbiens ou le mucus de vers de terre.

Les matières organiques des sols forment un ensemble hétérogène constitué de litières, de résidus de culture, de racines vivantes, d'animaux de tailles diverses ... Mais aussi de débris végétaux en cours de décomposition et de matières évoluées non identifiables à l'œil : l'humus.

La fraction organique du sol représente un faible pourcentage, seulement 1 à quelques % dans les sols cultivés (**web master 01**).

Selon **Albrecht et Kandji (2003)**, la capacité de stockage du carbone d'un système agro-forestier varie entre 12 et 228 t C/ha avec une valeur moyenne de 95 t C/ha.

Elle est présente dans la plupart des horizons pédologiques, les sols terrestres ou aquatiques, à raison de 0,5 à 10% de la composition et de la biomasse du substrat. Théoriquement, elle n'inclut pas les matières non décomposées. La première matière organique en décomposition dans un horizon est l'humus (**web master 02**).

La quantité de C organique dans un sol forestier est le résultat de l'équilibre entre la production primaire nette de la végétation et la décomposition de la matière organique (**Liski & Westman, 1997a, b**).

Les litières des forêts peuvent atteindre 80 à 90 tC/ha pour les forêts tempérées (**Dupouey et al., 1999**) et 50 à 60 tC/ha pour une forêt tropicale sur un ferrasol (**Andreux & Choné, 1993**).

II-9-1-A l'échelle mondiale :

Selon le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental de l'évolution du climat (**GIEC, 2001**), les océans stockent 93% du carbone de la planète, soit environ 39 200 Gt C, les 7% restants se répartissant entre la biomasse épigée, les sols et l'atmosphère.

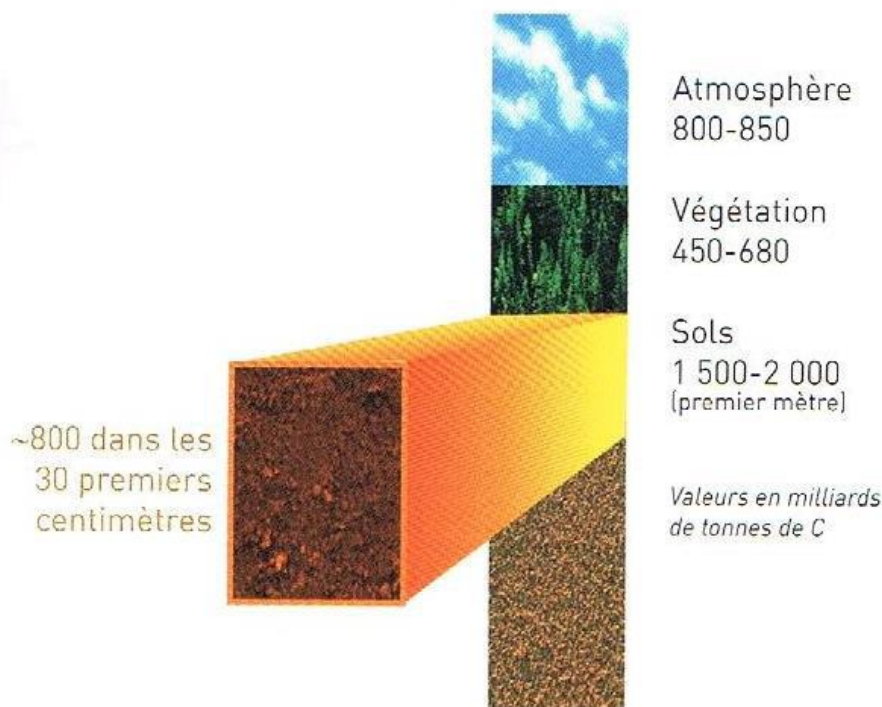


Figure N°16 : Les stocks de carbone terrestres. (Bernoux et Chevallier 2013).

Le premier mètre des sols mondiaux stocke entre 1 500 et 2 400 milliards de tonnes de carbone organique (**I'ADEME en juin 2014**).

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal gaz à effet de serre (GES) lié aux activités humaines. À l'échelle mondiale, ce sont près de 35 milliards de tonnes de CO₂ qui ont été émises en 2013, par la consommation des réserves fossiles de pétrole, de gaz ou de charbon et par la production de ciment. Les écosystèmes terrestres atténuent l'impact de ces émissions en captant plus du tiers via la photosynthèse (**I'ADEME en juin 2014**).

Schlesinger (1986) a estimé qu'il y avait environ trois fois plus de carbone dans le sol que dans la végétation des écosystèmes terrestres.

On estime le contenu de COS à environ 1 500 PgC entre 0 et 1 mètre de profondeur. Cela représente plus de carbone que ce qui est actuellement contenu dans l'atmosphère (environ 800 PgC) et dans la végétation terrestre (500 PgC) réunis (**FAO et ITPS, 2015**). Cette quantité phénoménale de COS n'est pas statique, mais évolue en permanence au travers de cycles entre les différentes réserves de carbone, sous des formes moléculaires diverses (**Kane, 2015**).

Globalement, les stocks de COS sont estimés à environ 1 500 PgC pour le premier mètre de sol, même si leur distribution est spatialement et temporellement variable. Les aires d'importance de COS, respectivement celles où le taux de COS est élevé (comme les tourbières ou sols noirs) ou les larges surfaces à faible taux de COS (comme les terres arides) constituent des zones majeures de préoccupation (**Lefèvre C et al. En 2017**).

La végétation et les animaux terrestres constituent un stock de 610 Gt C. Les sols contiennent deux fois plus de carbone que l'atmosphère qui, avec 750 Gt C, représente moins de 2% du carbone de la planète. Les forêts stockent plus que la moitié du carbone organique

des terres émergées (1120 Gt C) et le carbone emmagasiné dans les sols des forêts représente 35% du total du carbone présent dans les réservoirs du sol (**Robert, 2002**).

Selon **Bernoux M et al 2005** Dans une étude a été réalisée au Brésil, le Brésil précolombien Stockerait 36 400 millions de tonnes dans les 30 premiers centimètres des sols du *Brésil* ; en 1995, ces stocks étaient réduits à 34 400 millions de tonnes. Entre 1990 et 2000, Les pertes annuelles dues aux changements d'affectation des terres, à leur gestion et au Chaulage totalisaient en moyenne 7,2 millions de tonnes de CO₂ par an.

En France, 3 à 4 milliards de tonnes de carbone sont stockés dans les 30 premiers centimètres de sols, soit trois fois plus de carbone que dans le bois des forêts (**l'ADEME en juin 2014**).

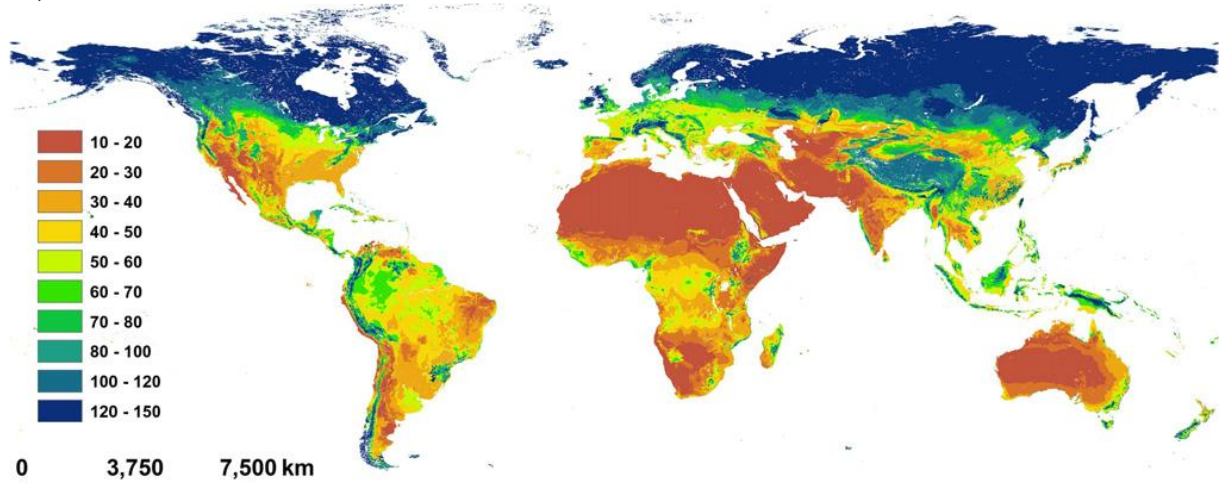


Figure N°17 : stockage de C de sol de la terre végétale mondiale (0–0.3 m) en tonne C par hectare. La carte créée à partir d'ensembles de données mondiale sur le stocks de C (**Stockmann et al. 2015**)

II-9-2-A l'échelle de l'Afrique :

L'exploitation forestière du bois du chêne vert pour la production du bois de feu et du charbon transforme le carbone de la biomasse en dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère ; en plus, elle accélère la dynamique de décomposition de la matière organique des sols et même parfois conduit aux changements d'utilisation des sols (**Cerri et al., 2007b**).

Selon **Saïdou A et al. Le novembre 2012** Dans une étude qui été fait sous le titre Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) Et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin La contribution des fruitiers agroforestiers autochtones à la séquestration du carbone est évaluée en zone soudanienne au cours de la saison pluvieuse de l'année 2009. La méthodologie utilisée était principalement basée sur l'approche développée par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat. Cette méthodologie était fondée sur l'utilisation des équations allométriques lesquelles, pour l'estimation du stock de carbone dans les composantes de l'agroécosystème se fondaient sur le diamètre à hauteur d'homme pour les grands arbres, le diamètre au collet des arbustes et des espèces herbacées, et la détermination du carbone dans le sol.

Selon **Boulmane M et al. Le 22 juin 2009** dans une étude qui a été réalisée dans la chênaie verte du Moyen Atlas central marocain (Tafachna et Reggada) : le stock de carbone total (SCOT) dans cet écosystème est de 145 t C/ha pour Tafachna et 114 t C/ha pour Reggada. Le stock de carbone organique des sols (SCOS) représente plus de 50% du SCOT. Le SCOS varie considérablement avec la densité du peuplement, avec 80 t C/ha pour Tafachna (5192 pieds/ha) et 56 t C/ha pour Reggada (1584 pieds/ha). Au contraire, le stock de

carbone dans la biomasse arborée (aérienne et racinaire) est plus important dans Tafachna que dans Reggada (64 t C/ha pour Tafachna et 58 t C/ha pour Reggada). Plus de 80% du stock de carbone organique des sols sont emmagasinés dans les trente premiers centimètres, où il est de l'ordre de 63 t/ha (43% du SCOT) pour Tafachna et 47 t/ha (41% du SCOT) pour Reggada.

II-9-3-A l'échelle locale :

A l'échelle locale, du paysage ou de la région, l'érosion ou des dépôts sur le sol peuvent aussi entraîner un gain ou une perte de C, amenant une redistribution du C dans le sol. La quantité de COS stocké est donc principalement contrôlée par la gestion de la quantité et du type de résidus organiques qui entrent dans le sol (c'est-à-dire les apports de C organique dans le système sol) et par la minimisation des pertes du C du sol

(FAO et ITPS, 2015).

II-10-Rôle et fonction des matières organiques dans le sol.

Les matières organiques du sol sont associées dans l'esprit des agriculteurs à la notion de « fertilité », d'« activité biologique », de « vie », de « bonne santé » du sol, dont pourrait dépendre à long terme la régularité des rendements et de la qualité des produits, critères importants dans les contrats qui lient les exploitations à l'agro-industrie. Il s'agit bien d'un patrimoine à entretenir à différentes échelles : celle de la parcelle et de l'exploitation et celle du territoire **(Balesdent, 1996).**

Le COS est le principal composant de la matière organique du sol (MOS). En tant qu'indicateur de la santé du sol, le COS est important pour ses contributions à la production alimentaire, la réduction et l'adaptation au changement climatique et la réalisation des Objectifs pour le Développement Durable (ODD). Un fort taux de MOS fournit les nutriments aux plantes et améliore la disponibilité de l'eau. Tous deux améliorent la fertilité du sol et conduisent à l'amélioration de la production alimentaire. De plus, le COS améliore la stabilité structurelle 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 COS, la capacité de filtration des sols permet une meilleure fourniture en eau potable **(Lefèvre C et al. En 2017).**

Les MOS déterminent de nombreuses propriétés édaphiques : elles sont sources de nutriments pour les plantes, elles influencent la structure du sol, la sensibilité du sol à l'érosion et sa capacité à retenir l'eau. D'un point de vue environnemental, elles sont un puits ou une source de gaz à effet de serre selon les conditions (climat, mode d'occupation et gestion des terres). Elles sont aussi la base énergétique et trophique de la biodiversité du sol

(Chevallier T .2015).

Même de petits changements du réservoir du carbone organique dans le sol peuvent affecter significativement la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, puisque le sol contient deux fois plus de C que celle-ci **(Schlesinger, 1977 ; Post et al, 1982 ; Watson et al, 1990)**

La matière organique augmente généralement la qualité du sol et améliore la capacité de régulation de l'eau et de l'atmosphère du sol, en influençant sa structure, sa capacité de rétention en eau, ses réserves en éléments nutritifs, sa biodiversité ainsi que la profondeur d'enracinement des végétaux qui y croissent **(Lal & Follett, 1998).**

- Elles forment avec les argiles le « complexe argilo-humique » qui, grâce à ses charges de surface négatives, adsorbe une part des cations de la solution du sol (Ca, Mg, K, Na, etc.). Cette propriété, désignée par « Capacité d'Échange Cationique » (CEC), contribue au stockage et à la mise à disposition ultérieure d'éléments nutritifs pour les

plantes. Elle permet, en outre, de lutter contre les pertes en éléments nutritifs par lixiviation. (**Bounouara Z. 2018**)

- Elles assurent le stockage et la mise à disposition pour la plante, par minéralisation, des éléments nutritifs dont elle a besoin.
- Elles stimulent l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol.
- Elles déterminent la structuration du sol et participent à sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement...) en limitant, notamment, l'érosion hydrique.
- Elles favorisent le réchauffement du sol (coloration plus sombre des matières organiques).
- Elles contribuent à la perméabilité, l'aération du sol et la capacité de rétention en eau.
- Leur rôle est fondamental pour les autres compartiments de l'environnement par leur participation au maintien de la qualité de l'eau par leur forte capacité de rétention des polluants organiques (pesticides, hydrocarbures, etc.) et minéraux (éléments traces métalliques). Toutefois, inversement, elles peuvent être source de polluants potentiels, comme les nitrates et les phosphates.
- Elles influencent également la qualité de l'air, par le stockage ou l'émission de gaz à effet de serre.
- Elles sont une source de stockage (puits) ou d'émission de carbone, sous forme de CO₂, principalement. En effet, certains changements d'usage des pratiques agricoles favorisent le stockage du carbone dans les sols (conversion de cultures en prairies). Au contraire, la mise en culture de ces prairies entraîne une diminution du stock de carbone. Cette dernière est due à l'association de l'humus et de l'argile en formant un complexe fondamental pour les sols : le CAH ou Complexe Argilo-Humique. Mutuellement, en retenant l'eau, l'humus protège l'argile et évite sa dispersion alors que 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.

II-11-Conclusion :

L'introduction de matière organique est donc favorable à la vie et à un bon équilibre du sol. Plus celle-ci se dégrade vite plus l'activité est intense et plus le sol sera en bonne santé. Les particules minérales pourront alors à nouveau être agrégées entre-elles (**web master 3**).

Le stock de carbone organique est en perpétuel renouvellement dans le sol et détermine de nombreuses propriétés édaphiques : la fertilité du sol, sa structure et la biodiversité qui l'habite. Le stock de carbone organique peut aussi constituer un puits de gaz à effet de serre selon les conditions de climat, d'occupation et de gestion des terres. La compréhension des mécanismes de stockage et de déstockage des matières organiques des sols est donc une question cruciale, tant pour des objectifs de durabilité des systèmes de culture que pour des objectifs environnementaux. (**Chevallier, 2015**).

Selon **L'ADEME (2014)**, Les sols stockent, sous forme de matières organiques, deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère. Leur utilisation engendre des flux de CO₂ et a des répercussions sur l'évolution du climat. Aujourd'hui, l'enjeu est de limiter les pertes lorsqu'elles sont liées au retournement des terres et d'accroître les stocks par la promotion de pratiques agricoles et sylvicoles adaptées.

La mise en place des cultures dédiées à la valorisation énergétique devra s'entourer des mêmes précautions et respecter le principe imposé au plan international, qui veut qu'une biomasse issue d'une zone cultivée ne soit considérée comme une ressource renouvelable que si sa mobilisation n'entraîne pas d'appauvrissement des stocks de matière organique des sols **(UNFCCC, 2006)**.

Le bilan du carbone est élaboré pour engager des réflexions sur la démarche de gestion environnementale vis-à-vis de la problématique liée à la maîtrise de l'énergie et des stratégies à mettre en œuvre pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre **(IPCC, 2003)**.

Partie expérimentale

Chapitre III : MATERIAL ET METHODES

Matériels et Méthodes :

III.1. Introduction

Les MOS évoluent sous l'incidence de divers processus physiques, chimiques ou biologiques (**Chamayou et Legros, 1989**)

La nature et les propriétés générales d'un sol sont définies par plusieurs caractères fondamentaux ; d'ordre physique, chimique et biologique. L'observation initiale d'un sol sur terrain et plus précisément du profil pédologique, soit, sa couleur, sa texture, sa structure, son éventuel teneur en calcaire et carbone organique, donne une idée générale sur sa fertilité (**Benzina A 2018**). C'est pour cela que toute étude pédologique approfondie nécessite un ensemble d'analyses détaillées au laboratoire pour confirmer les détails précédents.

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 Liabes (Sidi Bel Abbés).

Une sortie sur terrain a été réalisé le 18/03/2020 au niveau du mont de la commune de Tessala. Dans la zone d'étude, nous avons choisie 19 stations avec des formations végétales différentes, toutes situées au niveau du versant Nord :

Tableau n°07 : caractérisation d'exposition et de la formation végétale de chaque station échantillonnée.

Stations	Formation végétale	Exposition
1	VH1	NORD
2	VH2	NORD
3	VH3	NORD
4	VH4	NORD
5	VH5	NORD
6	VH6	NORD
7	OL1	NORD-EST
8	OL2	NORD-EST
9	OL3	NORD-EST
10	OL4	NORD-EST
11	GD1	NORD
12	GD2	NORD
13	GD3	NORD
14	GD4	NORD
15	M1	NORD
16	M2	NORD
17	M3	NORD
18	M4	NORD
19	M5	NORD

I.1.1 Objectif du travail

Cette étude a été réalisée au niveau du mont de Tessala, 19 échantillon sont été prélevé sous quatre formations végétales déferentes, un Matoral de chêne vert, une garrigue dense de calycotum et doum, une oliveraie, et une formation herbacée

Cette étude eu pour principaux objectifs :

- Contribuer à l'évaluation du stock de carbone des premiers 30cm des sols sous différentes formations végétales au niveau du versant nord mont de Tessala.
- Analyser les principaux déterminants édaphiques qui pourraient influencer le stock de carbone des sols étudiés sous les formations végétales distinctes.
- Fournir des données quantifiées indispensables à l'évaluation économique du Carbone séquestré dans la couverture pédologique.

I.1.2. Matériel utilisé :

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

- GPS ;
- Appareil photo ;
- Bêche et pèle pour le prélèvement des échantillons ;
- Sacs en plastique ;
- Étiquette et marqueur ;
- Carnet et stylo.

I.1.3. Méthodologie :

Pour la réalisation de notre partie expérimentale nous avons adoptés la méthodologie suivante :

- 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 de sol dans chaque station.
- Les échantillons de sols une fois ramenés au laboratoire, sont séchés à l'air libre pendant 10 à 15 jours. 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 nous sommes intéressé aux paramètres suivants ;
 - Le calcaire total ; le dosage du 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 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.
 - La carbone organique ; la méthode Anne a été adopté pour le dosage du carbone organique.
 - 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 **Blanchard (2005)**.

I.1.4. Géo localisation des stations :

Tableau n°08 : Coordonnés géographie des stations d'échantillonnages en degrés décimaux

Formations végétales	Altitude(m)	Latitude	Longitude	Exposition
VH1	834	35°17'20 "N	0°48'17"W	NORD

VH2	834	35°17'20''N	0°48'14''W	NORD
VH3	838	35°17'19''N	0°48'14''W	NORD
VH4	831	35°17'20''N	0°48'14''W	NORD
VH5	838	35°17'17''N	0°48'02''W	NORD
VH6	862	35°17'11''N	0°47'57''W	NORD
OL1	847	35°16'58''N	0°46'40''W	NORD-EST
OL2	860	35°16'58''N	0°46'41''W	NORD-EST
OL3	864	35°16'57''N	0°46'42''W	NORD-EST
OL4	868	35°16'57''N	0°46'42''W	NORD-EST
GD1	871	35°17'10''N	0°47'57''W	NORD
GD2	878	35°17'09''N	0°47'57''W	NORD
GD3	886	35°17'01''N	0°46'59''W	NORD
GD4	867	35°17'02''N	0°46'59''W	NORD
M1	878	35°17'09''W	0°47'57''W	NORD
M2	892	35°17'09''W	0°47'57''W	NORD
M3	917	35°17'00''W	0°47'02''W	NORD
M4	900	35°17'01''W	0°47'02''W	NORD
M5	902	35°17'01''W	0°47'02''W	NORD

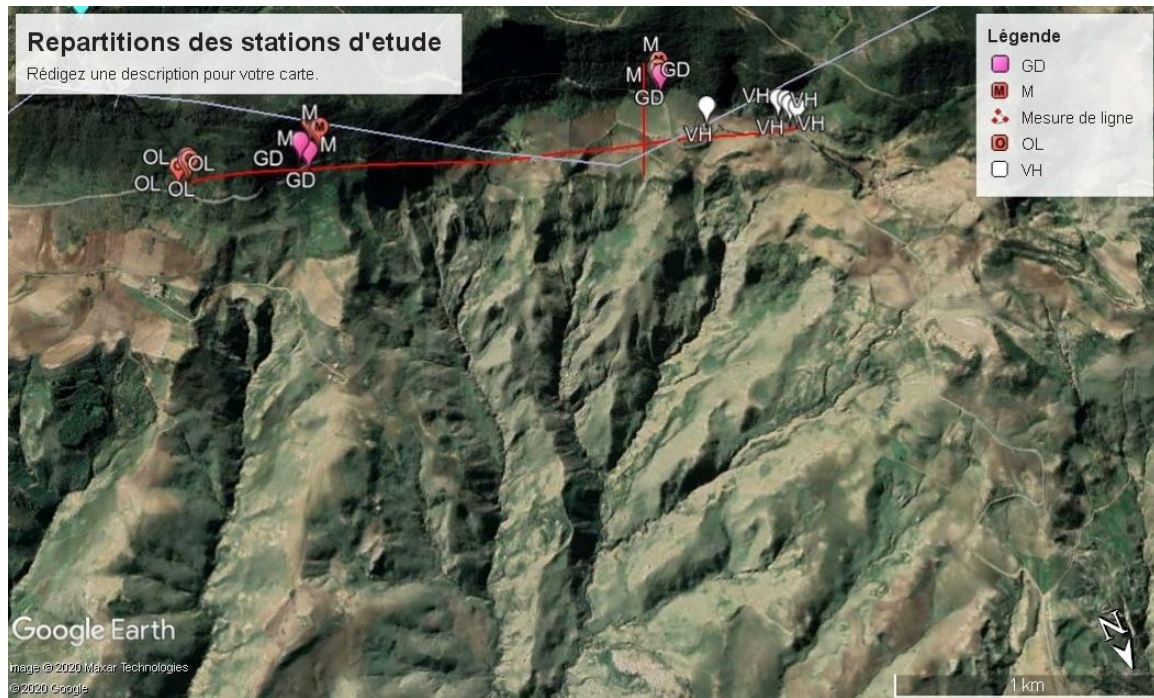


Figure N°18 : Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020

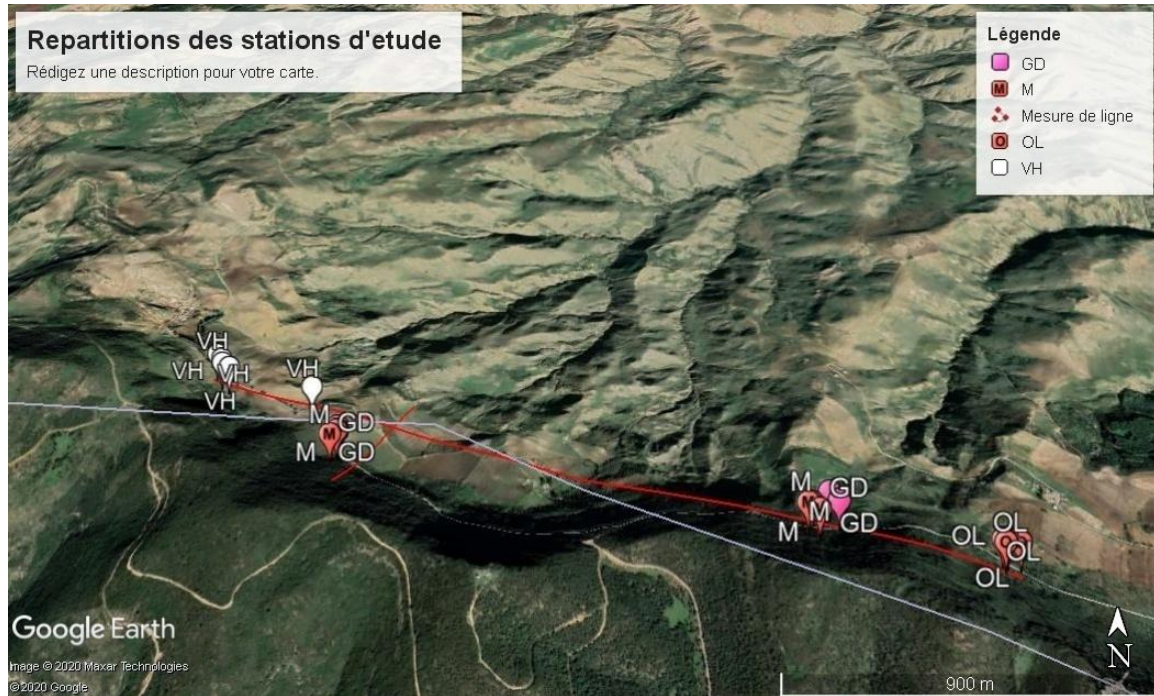


Figure N°19 : Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020



Figure N°20 : Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020

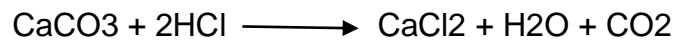


Figure N°21 : Localisation des stations échantillonnées sur une image satellite Google Earth 2020 du 01/04/2020

III.2. Etude pédologique

III.2.1. Dosage du calcaire total :

Le dosage du calcaire total est réalisé par la méthode du calcimètre Bernard. Ce dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique :



Il s'agit de comparer le volume de CO_2 dégagé par le contact d' HCl avec un certain poids connu de terre à analyser, avec celui qui est dégagé par le contacte d' HCl avec CaCO_3 pur.

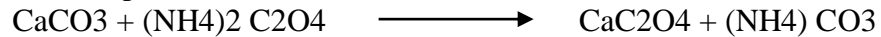
Tableau n°09 : Echelle d'interprétation des carbonates de calcium dans le sol

Carbonates%	Charge en calcaire totale
<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

II.2.2. Dosage du calcaire actif :

Le dosage du calcaire actif est réservé uniquement aux échantillons contenant plus de 5% de calcaire total. IL s'agit de ne doser que la fraction chimiquement active du calcaire du sol.

Le but du dosage de calcaire actif est de déterminer l'activité du calcaire et les conséquences que peut avoir l'excès de calcaire sur la structure de sur la structure du sol et la croissance des plantes.



A la fin de la réaction l'excès d'oxalate d'ammonium est titré par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

II.2.3. Dosage du carbone organique :

Le dosage consiste à déterminer le pourcentage du carbone organique et le pourcentage de la matière organique qui conditionne les propriétés physico-chimiques du sol et la naissance des plantes, la prise d'essai ne devant pas contenir plus de 30 mg de carbone.

Le principe de cette méthode repose sur l'oxydation de la matière organique par le bichromate de potassium en milieu acide sulfurique.

On compte la quantité de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ nécessaire pour cette oxydation ; le calcul du pourcentage de charbon organique se fait par le tirage direct de bichromate de potassium avec la solution de Mohr $[\text{Fe} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$. la fin du tirage est indiquée par la voie colorimétrique diphenylamine (la couleur primitive est verte vive au violet) le pourcentage de CO_2 .

Tableau n°10 : Echelle d'interprétation de la matière organique (BAIZE D., 2000).

MO%	Classe de sol
<1%	Très pauvre en MO
1 a2%	Pauvre en MO
2a4%	Moyenne en MO
>4%	Riche en MO

II.2.4. Mesure du pH :

Le pH qui entoure les particules de terre à l'état naturel est sujet à des variations en fonction des changements dans les rapports terre solution motivés par le climat, la culture et d'autres facteurs. On différencie, les sols acides ($\text{pH}<5-6$), les sols peu acides ($6<\text{pH}<7$), les sols neutres ($7<\text{pH}<8$), les sols calcaires ($8<\text{pH}<9$), les sols sodiques ($\text{pH}>9$). Le pH est couramment mesuré dans une suspension sol : eau de rapport 1/2.5 et dans une solution de KCl 1N avec le même rapport. La différence obtenue ($\text{pH K Cl} - \text{pH eau}$) correspond à l'acidité d'échange, c'est à dire aux ions H^+ adsorbés sur le complexe d'échange.

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

Valeur du pH	Classes d'interprétation
<4.5	Extrêmement acide
4.5- 5	Très fortement acide

5.1- 5.5	Fortement acide
5.6- 6	Moyennement acide
6.1 -6.5	Légèrement acide
6.6 -6.7	Très légèrement acide
6.8 -7.5	Neutre
7.6- 8	Légèrement alcalin
8.1- 8.5	Moyennement alcalin
8.5	Très fortement alcalin

II.2.5. Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale des sels dissous. Elle est mesurée dans l'extrait de sol à température donnée dont le rapport sol/eau (1/5). La valeur de la salinité du milieu est lue directement sur le conductimètre et s'exprime en milliMhos/cm.

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

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

II.2.6. Granulométrie :

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier en pourcentage les particules du sol (sables, limons et argiles), et de définir la texture du sol.

La méthode utilisée est celle de **Casagrande (1934)** basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de stocks.

L'analyse granulométrique c'est pour calculer le pourcentage des différents agrégats du sol .il y a deux méthodes l'un est classique ce qu'on appelle le tamisage à l'aide d'un tamiseur ; avant le sol doit être tamisé par tamis de 2 mm pour éviter les roches et les Caillaux, et l'autre méthode est plus précise ; son principe de séparer l'argile et la matière organique avec l'eau oxygénée (H2O2).

Ces résultats sont reportés en fonction des pourcentages des argiles, des limons et des sables dans le triangle des classes de texture afin de déterminer la texture de nos sols.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV. Résultats et discussion

IV.1. Nous avons obtenu ces résultats :

Tableau N°13 : résultats de calcaire, matière organique, ph et CE

Échantillons	%CT	%Ca	%C	%MO	pH	CE
E1M	0,66	0	4,92	9,84	8,1	0,11
E2M	1	0	6,15	12,3	7,6	0,26
E3M	0,33	0	3,813	7,626	8	0,08
E4M	1,66	0	7,38	14,76	8,1	0,12
E5M	0,33	0	7,134	14,268	8	0,07
E1GD	3,33	0	1,23	2,46	5,3	0,7
E2GD	0,66	0	4,182	8,364	7,1	0,1
E3GD	2	0	3,567	7,134	7,5	0,11
E4GD	6,66	1	3,567	7,134	7,7	0,23
E1VH	26,66	1,875	3,813	7,626	8,1	0,15
E2VH	26,66	1,625	5,904	11,88	7,7	0,44
E3VH	13,33	1	5,166	10,332	8,2	0,15
E4VH	26,66	3,75	3,198	6,396	7,8	1,19
E5VH	26,66	1,875	2,829	5,658	8,2	0,17
E6VH	3,17	0	2,46	4,92	7,9	0,1
E1OL	13,33	1,125	3,813	7,626	8,5	0,09
E2OL	6,66	0	4,182	8,364	8,2	0,16
E3OL	3,33	0	4,182	8,364	8,1	0,13
E4OL	3,33	0	4,92	9,48	8	0,14

IV.1.1. Le calcaire total :

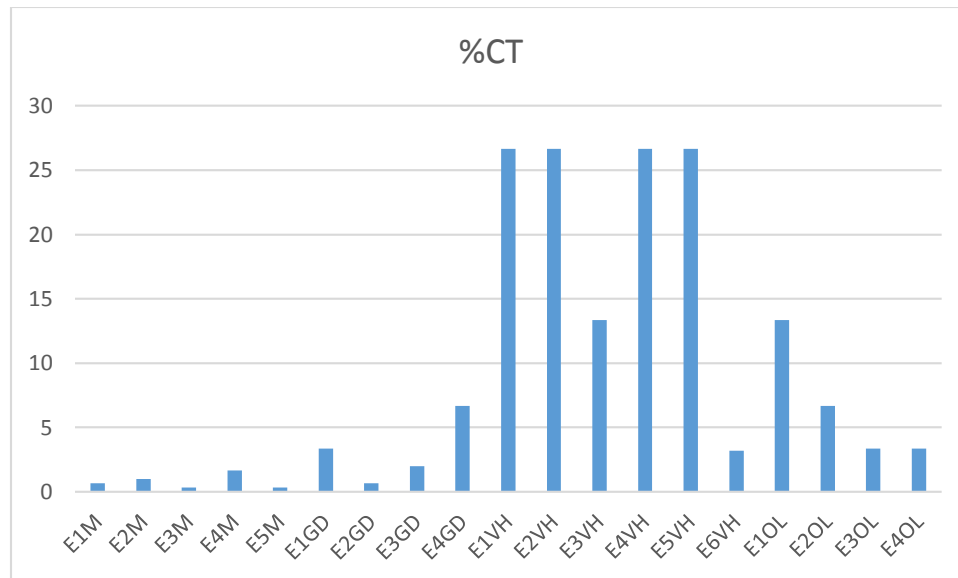


Figure N°22 : Histogramme représentant la variation du calcaire total

Commentaire :

Nous pouvons conclure à partir de ces résultats analytiques que les échantillons peuvent être divisés en quatre catégories :

E1M, E2M, E3M, E2GD sont caractérisés par un taux de calcaire inférieur à 01%, ils sont non calcaires, tandis que les échantillons E4M, E1GD, E3OL, E4OL, E6VH sont dotés de valeurs comprises entre 1% et 5%, ils sont quant à eux considérés comme sont peu calcaires, Les échantillons E4GD, E3VH, E1OL, E2OL qui enregistrent des valeurs varies 5% et 25% ces derniers sont modérément calcaires et enfin, le reste des échantillons, soit, E1VH, E2VH, E4VH, E5VH affichent des taux de calcaire total supérieurs à 25%, ils sont classés comme fortement calcaires.

IV.1.2. Le calcaire actif :

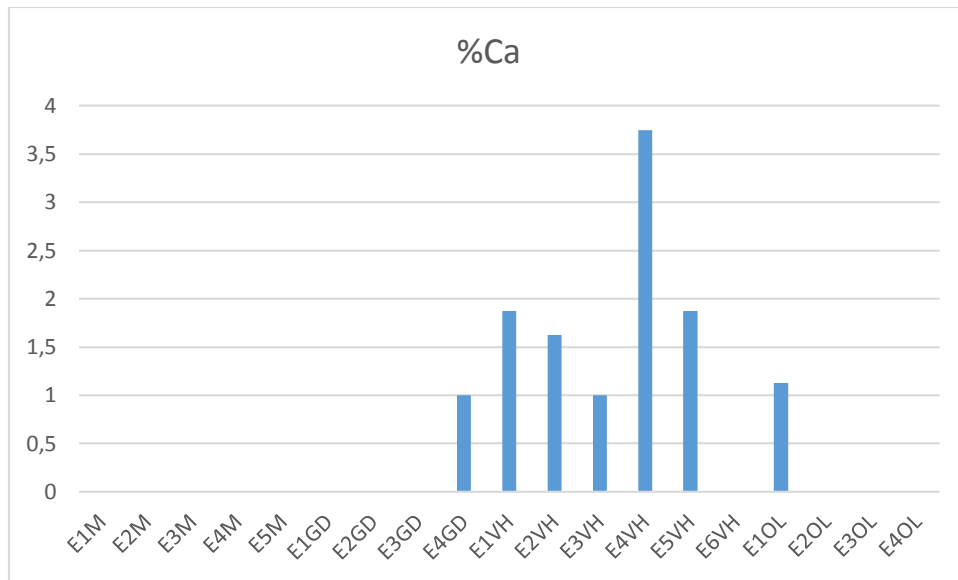


Figure N°23: Histogramme représentant la variation du calcaire actif.

Commentaire

Après analyse des résultats, nous avons conclu que 08 échantillons contiennent des taux de calcaire actif avec des pourcentages supérieurs à 05%, tandis que le reste des échantillons sont dépourvus de cette fraction fine de carbonate de calcium

IV.1.3. Le pH :

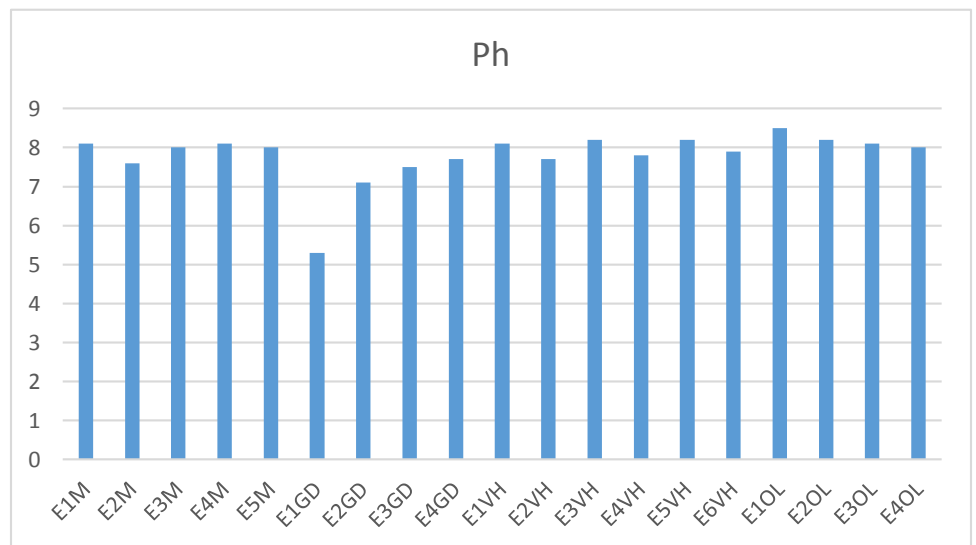


Figure N°24 : Histogramme représentant la variation du pH

Commentaire

Les analyses de pH divisent nos échantillons en cinq catégories :

E1GD fortement acide, E2GD et E3GD sont neutres, E2M, E3M, E5M, E4GD, E2VH, E4VH, E6VH et E4OL sont légèrement alcalins, E1M, E4M, E2VH, E3VH, E5VH, E2OL et E3OL qui sont moyennement alcalins, et en dernier E1OL qui est fortement alcalin.

IV.1.4. La conductivité électrique (CE) (ms/cm) (mm hos/cm) :

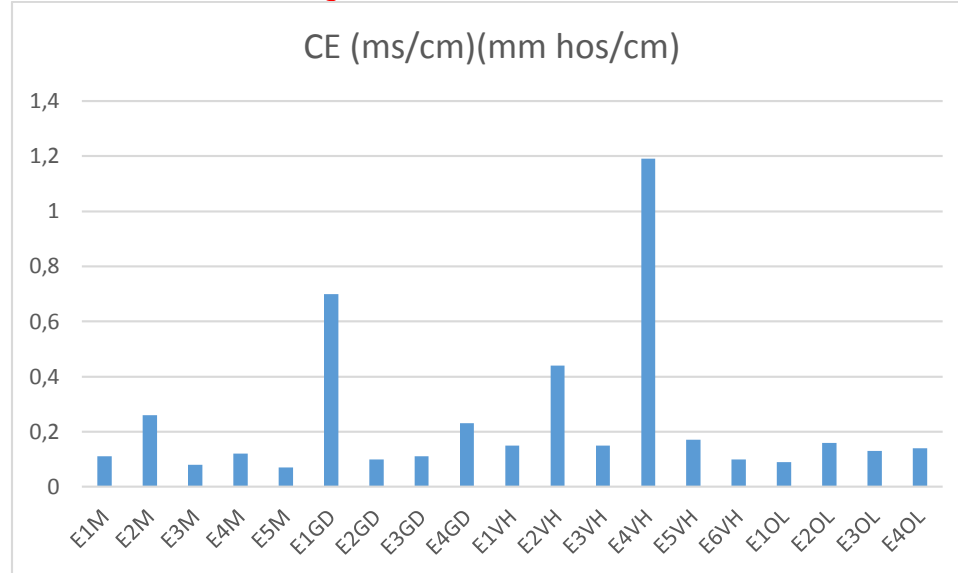


Figure N°25 : Histogramme représentant la variation de la conductivité électrique.

Commentaire

Selon les analyses les échantillons, nous pouvons noter que seuls les échantillons E1GD E4VH sont classés commedes sols non salés, tous les autres représentent des sols peu salés.

IV.1.5. La matière organique :

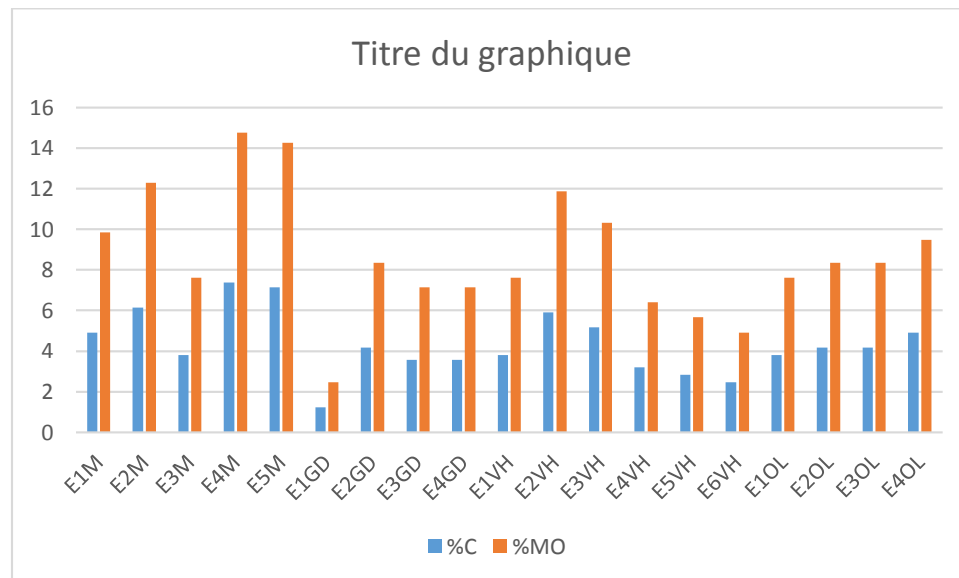


Figure N°26: Histogramme représentant la variation de la matière organique.

Commentaire

Les résultats du dosage du carbone organique au niveau de chaque type de végétation montrent que :

L'échantillon E1GD est moyennement pourvu en matière organique avec une valeur située entre 2% et 4% alors quels autres sols prélevés sont riches en matière organique avec des valeurs supérieures à 4%.

IV.1.6. La texture ;

Tableau n°14 : résultats de texture de sol

Échantillons	%A	%LG	%LF	%S	TEXTURE
E1M	7,5	7,5	30	55	LS
E2M	15	7,5	22,5	55	LS
E3M	15	7,5	15	62,5	LS
E4M	7,5	7,5	30	55	LS
E5M	15	7,5	22,5	55	LS
E1GD	15	7,5	0	77,5	LS
E2GD	15	22,5	0	62,5	LS
E3GD	15	15	7,5	62,5	LS
E4GD	15	22,5	0	62,5	LS
E1VH	22,5	22,5	30	25	LF
E2VH	7,5	30	37,5	25	LF
E3VH	15	22,5	30	32,5	LF
E4VH	15	22,5	30	32,5	LF
E5VH	15	7,5	22,5	55	LS
E6VH	17,25	1,05	5,025	76,675	LS
E1OL	15	15	7,5	62,5	LS
E2OL	15	22,5	0	62,5	LS
E3OL	15	22,5	0	62,5	LS
E4OL	7,5	22,5	7,5	62,5	LS

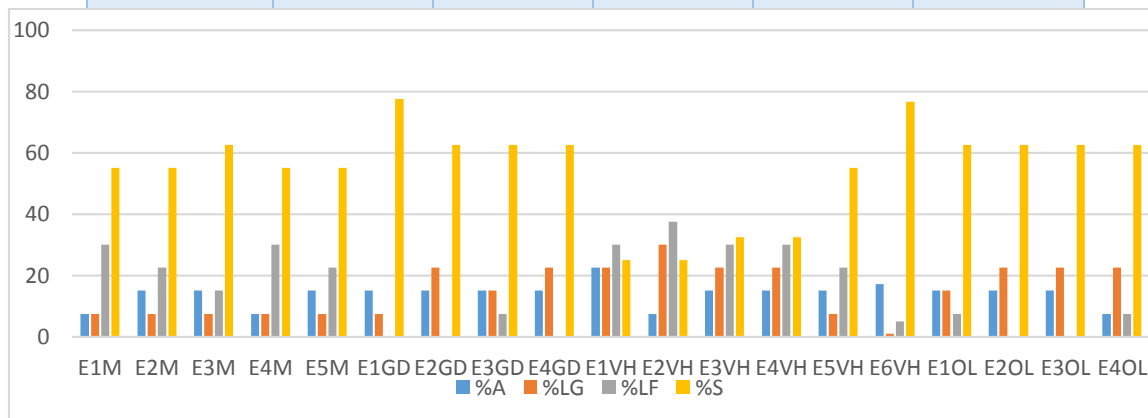


Figure N°27 : Histogramme représentant la texture des échantillons.

Commentaire :

Après la projection des résultats de l'analyse granulométrique sur le triangle des textures de l'USDA (1954), nous avons remarqué que la texture des échantillons E1VH, E2VH, E3VH, E4VH et E5VH est limoneuse fine, avec des pourcentages de limon supérieurs à 50 %. La texture des autres échantillons est limon-sableuse avec des pourcentages de sable de $\geq 50\%$.

IV.1.7. L'empreinte de carbone :**Tableau n°15 : résultats de l'empreinte de carbone**

Échantillons	Saturation en Carbone	Déficit en Carbone	Seuil critique en Carbone	%C actuel
E1M	17,96	13,04	1,287	4,92
E2M	17,96	11,81	1,287	6,15
E3M	15,19	11,37	1,047	3,813
E4M	17,96	10,58	1,287	7,38
E5M	17,96	10,82	1,287	7,134
E1GD	9,64	8,41	0,567	1,23
E2GD	9,64	5,45	0,567	4,182
E3GD	12,41	8,84	0,807	3,567
E4GD	9,64	6,07	0,567	3,567
E1VH	23,54	19,72	1,767	3,813
E2VH	20,74	14,83	1,527	5,904
E3VH	20,74	15,08	1,527	5,166
E4VH	20,74	17,54	1,527	3,198
E5VH	17,96	15,13	1,287	2,829
E6VH	12,33	9,87	0,7128	2,46
E1OL	12,41	8,59	0,807	3,813
E2OL	9,64	5,45	0,567	4,182
E3OL	9,64	5,45	0,567	4,182
E4OL	9,64	4,72	,567	4,92

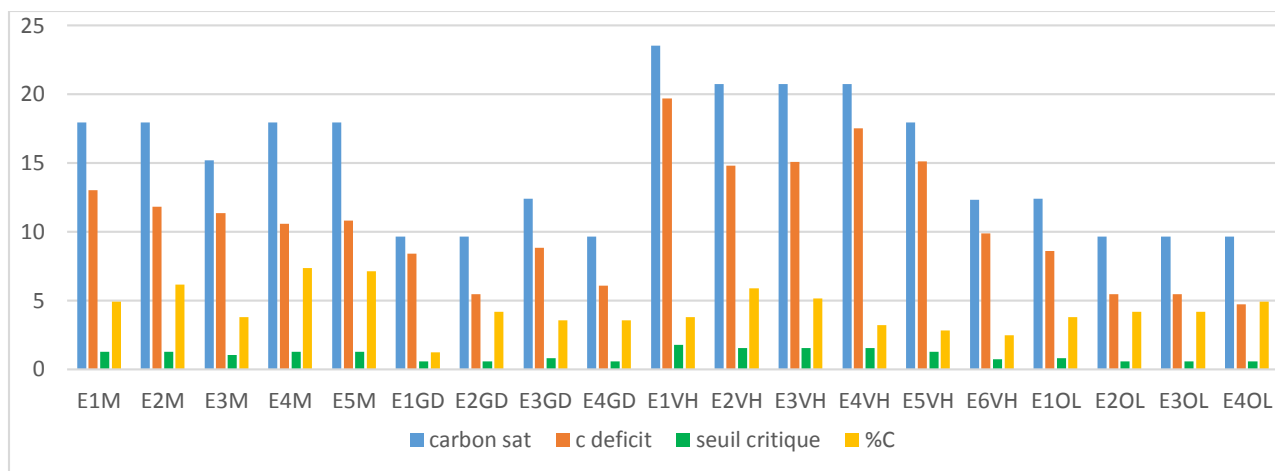


Figure N°28 : Représentation de l’empreinte carbone

IV.1.8. Le stock de carbone :

Tableau n°16 : résultats de stockage de carbone

Échantillons	SCO (t/ha)	Altitude (m)
E1M	136,23	878
E2M	232,47	892
E3M	169,86	917
E4M	256,15	900
E5M	279,29	902
E1GD	52,54	871
E2GD	176,89	878
E3GD	142,85	886
E4GD	138,04	867
E1VH	130,4	834
E2VH	170,03	834
E3VH	152,5	838
E4VH	95,55	831
E5VH	103,11	838
E6VH	115,71	862
E1OL	157,85	847
E2OL	175,01	860
E3OL	175,01	864
E4OL	179,77	868

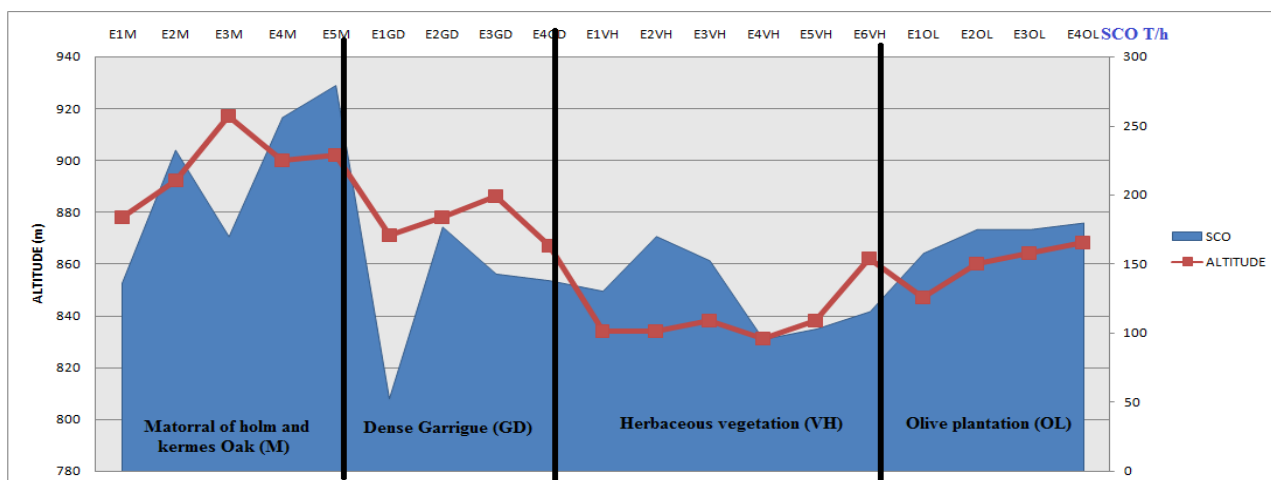


Figure N°29: Répartition du SCO en fonction de l'altitude.

Commentaire :

Suite à l'analyse des résultats, nous constatons qu'il existe une corrélation positive entre le SCO et l'altitude, le SCO augmente dans les hautes altitudes et diminue dans les basses altitudes. Le matorral est le type de végétation qui présente les taux de stockage les plus élevés.

IV.1.9. Les éléments grossiers :

Tableau n°17 : résultats des éléments grossiers

Échantillons	EG
E1M	0,29
E2M	0,16
E3M	0,01
E4M	0,11
E5M	0,13
E1GD	0,11
E2GD	0,06
E3GD	0,11
E4GD	0,14
E1VH	0,05
E2VH	0,2
E3VH	0,18
E4VH	0,17
E5VH	0,19
E6VH	0,02
E1OL	0,08
E2OL	0,07
E3OL	0,07
E4OL	0,13

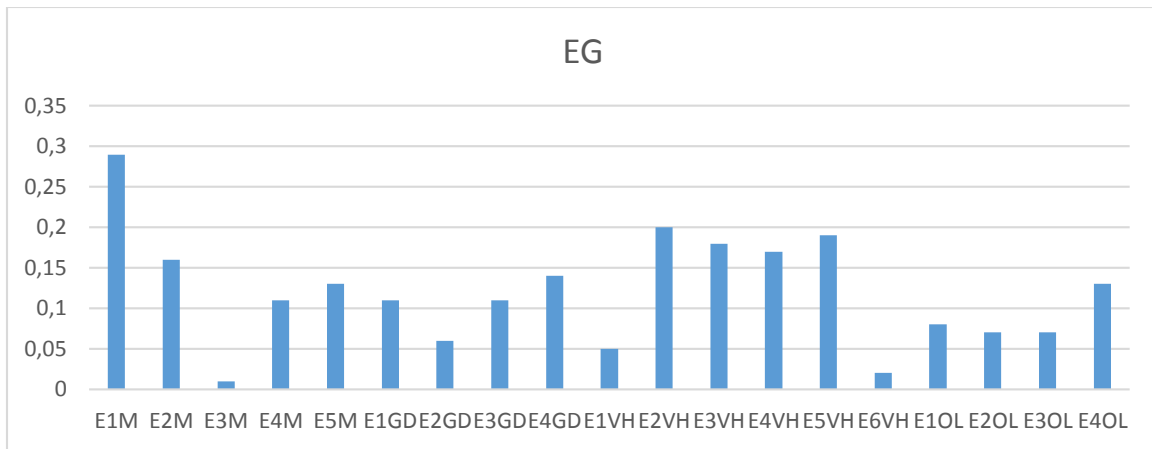


Figure N°30 : Représentation de la variation des éléments grossiers.

IV.1.10. La densité apparente :

Tableau n°18 : résultats de la densité apparent

Échantillons	Da (g/cm ³)
E1M	1,3
E2M	1,5
E3M	1,5
E4M	1,3
E5M	1,5
E1GD	1,6
E2GD	1,5
E3GD	1,5
E4GD	1,5
E1VH	1,2
E2VH	1,2
E3VH	1,2
E4VH	1,2
E5VH	1,5
E6VH	1,6
E1OL	1,5
E2OL	1,5
E3OL	1,5
E4OL	1,4

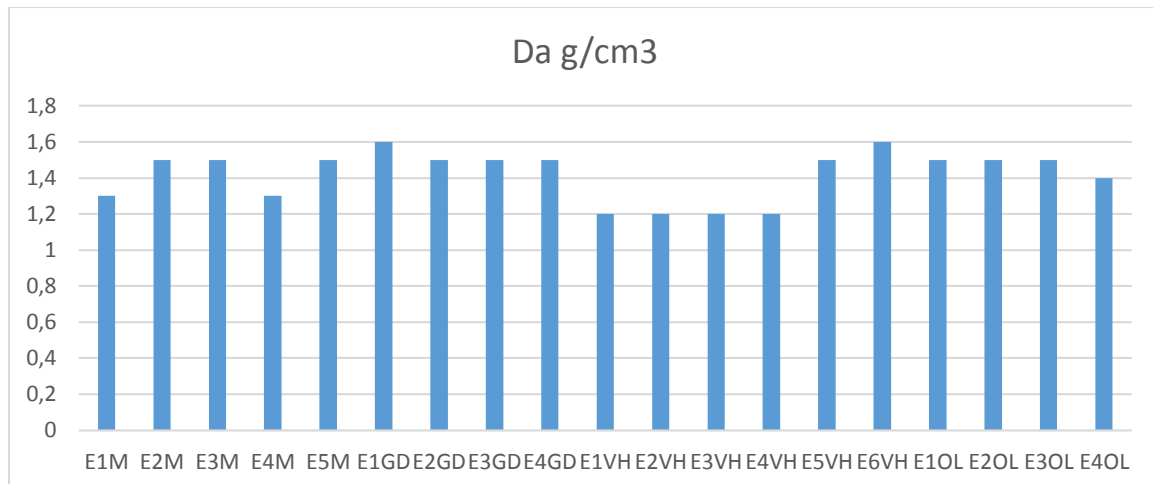


Figure N°31 : Représentation de la variation de la densité apparente.

Commentaire :

La densité apparente varie entre 1.2 et 1.6 g/Cm³, ses valeurs dépendent fortement de la composition granulométrique et de la texture des sols qui est plus ou moins homogène pour l'ensemble des échantillons, ce qui explique la faible variation de ce paramètre.

IV.2. Discussion :

Tsui C. et al. (2013) ont démontré que l'élévation ou l'altitude est un prédicateur simple et efficace déterminant une régression linéaire statistiquement significative entre la moyenne du stock de COS et la moyenne des élévations dans les sols d'origine volcanique de Taiwan.

L'impact de la position topographique sur les propriétés du sol a été évalué dans une oliveraie avec labour traditionnel par **Lozano-García et Parras-Alcántara (2013)**, dans trois positions topographiques choisies différemment : sommet, mipente et bas de pente. Les échantillons de sol prélevés ont révélé que la quantité de carbone et d'azote augmente tout le long de la toposéquence (5.5, 6. 5 et 7.1 g C kg⁻¹ et 0.3, 0.8 et 0.9 g N kg⁻¹) dans la couche de surface (0-25 cm) respectivement dans les trois positions. Cependant, le stock total de SOC (vu à un 01 m de profondeur) ne varie pas par rapport à la position topographique, mais le stock total N (voir 1 m de profondeur) a varié de façon significative. Ces augmentations sont le fait des processus d'érosion qui se produisent tout le long de la toposéquence et conduisant à des transferts de matière organique du sommet au bas de la pente.

Les résultats obtenus dans la zone de Tessala versant nord, montrent en général, que la quantité de carbone stocké (SCO) est très élevée au niveau des échantillons de hauts altitudes.

Au niveau des stations étudiées, on remarque que l'échantillon E5M se caractérise par la valeur maximale du SCO, estimée à 279,29 t/ha, cette station est à 902m d'altitude, son sol est dépourvu de calcaire total, avec uniquement un taux de 0,66%. La station E5M est située sur le versant Nord, il s'agit d'un sol limoneux sableux avec un taux de sables de 55%, occupée par un Matoral de chaîne vert.

L'échantillon E1GD se caractérise par la valeur en SCO la plus basse, estimée à 52,54 t/ha. Cet échantillon est à 871m d'altitude. Le pourcentage de CT de E1GD est de

3.33 %, le sol y est limoneux sableux, avec 77.5% de sable, cette station est occupée par une garrigue de calycotum.

L'échantillon E3M est situé à 917m d'altitude, il est caractérisé par un taux de SCO de 169,86 t/ha, il s'agit d'un sol limoneux sableux avec 62.5% de sables, occupée par un Matorral de chaîne vert.

Les échantillons E1VH et E2VH sont situés dans la basse altitude à 834m, caractérisés respectivement par un taux de SCO de 130,4 t/ha et 170,03 t/ha, ils s'agissent de sols limoneux fins, avec 67.5 % de limon, occupé par une végétation herbacée.

L'échantillon E4M présente le pourcentage de MO le plus élevé, qui est de 14,76%, caractérisé par un taux de SCO de 256,15 t/ha, occupé par un Matorral de chaîne vert.

L'échantillon E1GD présente le pourcentage le plus faible de MO qui est de 2,46%, caractérisé par un taux de SCO de 52,54 t/ha, occupé par une garrigue de calycotum.

La dynamique de stockage de carbone organique dans le sol de notre zone d'étude est contrôlée par des conditions géographiques physiques, telle que l'altitude et par des paramètres physicochimiques de sol comme la teneur en matière organique, le calcaire totale et actif et la texture.

Un taux élevé de matière organique et une altitude élevée sont favorables au stockage de carbone organique dans le sol par contre un faible taux de matière organique, associé à une altitude basse et un taux élevé de calcaire totale et actif sont non favorables au Stockage de carbone organique dans le sol.

Le type de végétation peut aussi affecter la distribution de carbone organique dans le sol.

Conclusion général :

Notre travail est spécialement fait pour l'objectif de détermination et évaluation de taux de SCO de sols forestiers dans le monte Tessala versant nord sous des diverses formations végétales.

Suite aux résultats obtenus, nous pouvons conclure, du moins pour les sols étudiés que les taux de carbone stocké sont essentiellement tributaires du type de végétation et de sa densité, la densité apparente du sol, la teneur en éléments fins, la teneur en calcaire actif et total et particulièrement l'altitude et la teneur en matière organique, nous avons pu remarquer que le stock de carbone dans les hauts altitudes (plus que 900m) varie entre 169,86 t/ha et 279,29 t/ha tandis que dans les altitudes (moins que 871m) bas varie entre 52,54 t/ha et 170,03 t/ha .

Les stations qui présentent les teneurs les plus importants de MO supérieur à 14% ont marqué les taux maximaux de SCO de toutes les station étudiés $\geq 256,15$ t/ha, par contre les stations qui les moins importants de matière organique 2.46% ont marqué le taux minimal de stockage de carbone organique dans le sol.

REFERENES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES SITES WEB :

- 1-https://www.supagro.fr/ress-pepites/matiereorganique/co/1_DefinitionMO.html
- 2- <https://www.aquaportail.com/definition-5420-matiere-organique.html>
- 3- <https://www.google.com/amp/s/www.aujardin.info/fiches/role-matiere-organique-dans-sol.php%3famp>

REFERENES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albrecht, A., Kandji, S.T., 2003:** Carbon sequestration in tropical agroforestry Systems. *Agric. Ecos. Env.*, 99, 15-27.
- **ANAT 1990** – Plan d’aménagement de la wilaya de Sidi Bel Abbes- Rapport final-300p
- A.N.A.T., 1997** - Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du groupement des communes de Sidi Bel Abbes.
- Andreux F. & T. Choné, 1993.** Dynamics of soil organic matter in the Amazon ecosystem and after deforestation: basis for efficient agricultural management. Centre de recherche scientifique, Nancy, 51 p.
- **Arrouays D, Balesdent J, Germon JC, Jayet PA, Soussana JF, Stengel P(2002).** Contribution à la lutte contre l’effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Expertise scientifique collective. Ra
- Arrouays, D., Saby, N., Walter, C., Lemercier, B., Schvartz, C., (2006).** Relationships between particle-size distribution and organic carbon in French arable topsoils. *Soil Use Manag.* 22, 48–51. pport INRA. Paris : Institut national de la recherche agronomique(Inra),332 p.
- **Avilés-Hernández, V.; Velázquez-Martínez, A.; Angeles-Pérez, G.; Etchevers-Barra, J.; Santos-Posadas, H. de los; Llanderal, T.(2009).** Variation in soil carbon stocks in a toposequence. *Agrociencia (Montecillo)* Vol. 43 No. 5 pp. 457-464.
- **BAGNOULS. F et GAUSSEN. H, 1953** -Saison sèche et indice xéothermique. *Doct. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen II, 1, art. VIII, Toulouse, 47 p. 1 carte.*
- **Balesdent J. 1996.** Un point sur l’évolution des réserves organiques des sols en France. *Etude et Gestion des Sols.* 3(4). 245-260.
- Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M. (2000):** Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage Res.* 53, 215-230.
- **Batjes N.H., 1996.-** Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European J. Soil Sci.*, 47, 151-163.
- **Batjes N.H., 2004a.-** Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grasslands of Africa. *Env. Dev. Sustainability*, 6, 133-143.

- **Batjes N.H., 2004b.**- Soil carbon stocks and projected changes according to land use and management: a case study for Kénya. *Soil Use Manag.*, 20, 350-356.
- **Batjes N.H., 2005a.**- Soil carbon stocks and projected changes within croplands in Jordan. *Geoderma*, 25, 415-423.
- **Batjes N.H., 2005b.**- Organic carbon stocks in the soils of Brazil. *Soil Use Manag.*, 21, 22-24.
- Benabid A. & M. Fennane, 1999.**- Principales formations forestières. *Grand Livre For. Maroc*, 12, 71-93.
- **Bennabi. F, Hamel.L, Bachir Bouiajra S. E, Ghomari.S .2012.** Ressources hydriques sous tension et enjeux de développement durable dans la wilaya de sidi bel abbés (algerie occidentale).mediterranée. *Revue géographique des pays méditerranéens*.

- BENSEJAD Abbas, 2011,** Aptitude des eaux de la plaine de Sidi Bel Abbas des fins d'irrigation, Université de Abou Beker Bel Kaid-Telemcen, 43p.
- **Benyahia M., Benabdeli K. et Moueddene K. 2001** - Géologie, pédologie et systèmes de production dans les monts de tessala (Sidi Bel Abbés). *Rev. Science de la nature et de l'environnement : Ecosystems*. 1 (1) : 70-75.

- **B.N.E.D.E.R., 1990-** Etude d'aménagement et de développement des zones de montagne de la wilaya de Sidi Bel Abbés : perspectives de développement des exploitations agricoles zone nord. *Rapport* 63 p.
- Bernoux M., C.C. Cerri, B. Volkoff, M.C.S. Carvalho, C. Feller, C.E.P. Cerri, V. Eschenbrenner, M.C. Piccolo & F. Brigitte, 2005.**- Gaz à effet de serre et stockage du carbone par les sols : inventaire au niveau du Brésil, *Cahiers Agriculture*, 14, 96-100.
- Bernoux M, Chenu C, Blanchart E, Eglin T, Bispo A, Bardy M, King D (2011).** Le programme GESSOL 2: Impact des pratiques agricoles sur les matières organiques et les fonctions des sols. *Étude Gest des Sols* 18:137–145.

- **Boudot, J.P., Bel Hadj, B.A., Choné, T. (1986):** Carbon mineralization in Andosols and aluminium-rich highlands soils. *Soil Biology & Biochemistry* 18, 457-461.
- **Bouma J., N.H. Batjes & J.J.R. Groot, 1998.**- Exploring land quality effects on world food supply. *Geoderma*, 86, 43-59 - **GIEC, 2001.**- Changements climatiques 2001. *Rapport de synthèse : résumé à l'intention des décideurs*. 37 p.
- **Bouzidi M.A, Latreche A , Attaoui I , Mehdadi Z ,Benyahia M.,2009-** caractérisation des matorrals et des garrigues à urgence panarabique. Dans djebel tessala (algerie occidentale).
- **Calvet R, (2003).** Le sol propriétés et fonctions. Tome 2, phénomène physique et chimique, application agronomique et environnemental. Ed. France. P 511.

- Cardinal, (2015)**. Stockage de carbone et dynamique des matières organiques des sols en agroforesterie sous climat méditerranéen et tempéré. These doctorat de l'université Paris – Sclay, préparée à AgroPaisThech.
- **Cerri C.E.P., M. Easter, K. Paustian, K. Killian, K. Coleman, M. Bernoux, P. Falloon, D.S Powlson, N. Batjes, E. Milne & C.C Cerri, 2007b**.- Predicted soil organic stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 15, 112-127.
- **Chamayou A, Legros J, (1989)**. Les bases physiques et chimiques de la science du sol. Ed. Agence de coopération culturelle et technique. P 214-218.
- **Charif K., 2001** - Contribution à une approche de développement agroforestier de la commune de Tessala (Sidi Bel Abbès). Thèse Mag. Univ Djillali Liabes. 120P.
- Cherifi K., 2009** - Effet de l'anthropisation sur la biodiversité végétale du Djebel Tessala (Algérie occidentale). Mémoire de magister en biologie. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, Algérie, 90 p.
- **Cherifi K., Mehdadi Z., Latreche A. et Bachir Bouiadjara SE., 2011**- Impact de l'action anthropozoogène sur l'écosystème forestier du mont de Tessala (Algérie occidentale).*Sécheresse*, 22 (3): 197-206.
- **Cherifi K. 2013**. Impact de l'action anthropozoogène sur la biodiversité végétale de l'écosystème forestier du Djabbel Tessala (Algérie occidentale). Thèse de doctorat, Université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés, Algérie. 108 p.
- Chevallier, T., Blanchart, E., Albrecht, A., Feller, C. (2004)**: The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol under pasture and market gardening (Martinique, West Indies). *Agr Ecosyst Environ* 103, 375-387.
- Chevallier T, (2015)**. Mécanismes de stockage et de déstockage de C organique des sols perturbations climatiques et stock organique du sol. HDR IRD Montpellier.
- **Davidson, E.A., Janssens, I.A., (2006)**.Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440, 165–173. doi:10.1038/nature04514.
- Dellaoui., 1952** - Géologie des monts de Tessala.
- Droogers P. & J. Bouma, 1997**.- Soil survey input in exploratory modeling of sustainable management practice. *Am. J. Soil Sci. Soc.*, 61, 1704-1710.
- **Dupouey J.L., G. Pignard, V. Badeau, A. Thimonier, J.F Dhôt, G. Nepveu, L. Bergès, L. Augusto, S. Belkacem & C. Nys, 1999**.- Stocks et flux de carbone dans lesforêts françaises. *CRAAF*, 85 (6), 278-292.
- **Emberger L., 1954** - Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot.Géol. Zool. Univ. Montpellier, série Bot.*, 7, 3-43.
- **FAO & ITPS. 2015**. Status of the World's Soil Resources, Rome: s.n.
- **Feller, C., Beare, M.H., (1997)**.Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma* 79, 69–116. doi:10.1016/S0016-7061(97)00039-6

- Ferka-zazou N. (2006)** - Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier : Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie. Mémoire de Magister, Univ. Tlemcen, 154p.
- **Fischer G., H.T. Van Verthuisen, M. Shah & F.O. Nachtergaele, 2002.**- Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results. RR-02-02, IIASA and FAO, Luxembourg, 119 p.
- Fontaine S, Bardoux G, Abbadie L, Mariotti A (2004).** Carbon input to soil may decrease soil carbon content. *Ecol Lett* 7:314–320. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00579.x
- Fontaine S, Barot S, Barré P, Bdioui N, Mary B, Rumpel C (2007).**Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature* 450:277–281.
- **Fujisaki K, Perrin A-S, Desjardins T, Bernoux M, Balbino LC, Brossard M (2015).** From forest to cropland and pasture systems: a critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazonia. *Glob Chang Biol* 21:2773–2786. doi: 10.1111/gcb.12906
- **GIEC, 2007.**- Changements climatiques 2007. Bilan des changements climatiques : rapport de synthèse publié à l'intention des décideurs. 114 p.
- **Giardina, C.P., Ryan, M.G., Hubbard, R.M., Binkley, D., (2001).**Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates.*Soil Sci. Soc. Am. J.* 65, 1272–1279.
- **Girard MC et al., (2005)** : sols et environnement 2ème édition. Ed : Dunod
- Girared, (2010).**Stockage et recyclage du carbone: p106-114
- Gleixner, G., Poirier, N., Bol, R., Balesdent, J. (2002):** Molecular dynamics of organic matter in a cultivated soil. *Org Geochem* 33, 357-366.
- Gbedji, E.K.Y., 2003:** Caractérisation morphologique et structurale des parcs à néré (*Parkia biglobosa* (Jack.) R. Br. Ex. G. Dom.) Au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin, 124 p.
- Gnanglè, P.C., 2005** : Parcs à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn. C.F.) (*Sapotaceae*) au Bénin : Importance socio-culturelle, caractérisations morphologique, structurale et régénération naturelle. Mémoire de DEA Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, 111 p.
- **Gnanglè, P.C., J. Egah, M.N. Baco, D.S.J.C. Gbemavo, R. Glèlè-Kakai, N. Sokpon, 2012** : Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*,
- **Gobat J, Aragno M, Matthey W, (2003).**Le sol vivant base de pédologie, biologie des sols. P 154-160.6(1), 136-149.
- Hamdi, S., Moyano, F., Sall, S.N., Bernoux, M., Chevallier, T. (2013):** Synthesis analysis of the temperature sensitivity of soil respiration from laboratory studies in relation to incubation methods and soil conditions. *Soil Biol Biochem* 58, 115-126.

- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2003:** Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry (LULUCF). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- Kane, D. 2015.** Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices, s.l.: s.n.
- **Keiluweit, M., Bougoure, J. J., Nico, P. S., Pett-Ridge, J., Weber, P. K. & Kleber, M. 2015.** Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates. *Nature Climate Change*, 5: 588–595.
- Lal R. & R.F. Follett, 1998.-** Pedospheric processes and The carbon cycle. In: Methods for assessment of soil degradation. R. Lal, W.H. Blum, C. Valentine & B.A. Stewart (eds), CRC Press, Boca Raton, 199-212.
- **Liski J. & C.J. Westman, 1997a.-** Carbon storage in forest soil of finland. 1 - Effect of thermoclimate, *Biogeochemistry*, 36, 239-260
- **Liski J. & C.J. Westman, 1997b.-** Carbon storage in forest soil of Finland. 2 - Size and regional patterns. *Biogeochemistry*, 36, 261-274.
- **Liski J., 1999.-** CO₂ emissions from soil in response to climatic warming are overestimated: the decomposition of old soil organic matter is tolerant temperature. *Ambio*, 28, 171-174.
- **LOZET.J et CLÉMENT.M., 2011.** Dictionnaire de science du sol. Édition lavoisier, paris. pp107-106.
- **Lützw, M.V., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Flessa, H., Guggenberger, G., Matzner, E., Marschner, B. (2007):** SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biol Biochem* 39, 2183-2207
- **Makipaa R., T. Karjalainen, A. Pussinen & S. Kellomaki, 1999.-** Effects of climate change and nitrogen deposition on the carbon sequestration of a forest ecosystem in the boreal zone. *Can. J. For. Res.*, 29, 1490-1501.
- **Marschner, B., Brodowski, S., Dreves, A., Gleixner, G., Gude, A., Grootes, P. M., Hamer, U., Heim, A., Jandl, G., Ji, R., Kaiser, K., Kalbitz, K., Kramer, C., Leinweber, P., Rethemeyer, J., Schäffer, A., Schmidt, M. W. I., Schwark, L. & Wiesenberger, G. L. B. 2008.** How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171: 91-110.
- MOKADDEM.Y, 2009,** Contribution à l'analyse de l'évolution des incendies des forets. Cas de la wilaya de Sidi Bel Abbas. Mémoire de fin d'étude pour obtenir diplôme de l'ingénieur option Pathologie des écosystèmes.Universtié de SBA.
- Moyano, F., Manzoni, S., Chenu, C. (2013):** Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models. *Soil Biology & Biochemistry* 59, 72-85.
- Paul, E.A., Collins, H.P., Leavitt, S.W. (2001):** Dynamics of resistant soil carbon of midwestern agricultural soils measured by naturally occurring C-14 abundance. *Geoderma* 104, 239-256.

- Paul, E. 2014.** Soil microbiology, ecology and biochemistry. Academic Press. pp. 598.
- **Percival, H.J., Parfitt, R.L., Scott, N.A. (2000):** Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: Is clay content important? *Soil Sci Soc Am J* 64, 1623-1630.
- **Pouquet J., 1952.** Les monts du Tessala (chaînes sudtelliennesd'Oranie). *Revue de géographie alpine* 40: 691-694.
- **P.D.A.U. 2005.** Rapport final de synthèse du plan de développement et d'aménagement urbain de la commune de Tessala. Document de 75p. ANAT., annexe de Sidi Bel Abbas. Ed. Fouquet. Oran.
- **PDAU, 2005-** Plan de développement et d'aménagement urbain de la commune de Tessala,43p.
- Robert M., 2002.-** Rapport sur les ressources en sols du monde. Rome, 55 p.
- Rodrigo, A., Recous, S., Neel, C., Mary, B. (1997).** Modelling temperature and moisture effects on C-N transformations in soils: comparison of nine models. *Ecol Model* 102, 325-339.
- **Rumpel C, Baumann K, Remusat L, Dignac M-F, Barré P, Deldicque D, Glasser G, Lieberwirth I, Chabbi A (2015).** Nanoscale evidence of contrasted processes for root-derived organic matter stabilization by mineral interactions depending on soil depth. *Soil Biol Biochem* 1–8. doi: 10.1016/j.soilbio
- Salomé C, Nunan N, Pouteau V, Lerch TZ, Chenu C (2010).** Carbon dynamics in topsoil and in subsoil may be controlled by different regulatory mechanisms. *Glob Chang Biol* 16:416–426.
- **Scheel, T., Dörfler, C., Kalbitz, K. (2007):** Precipitation of dissolved organic matter by aluminum stabilizes carbon in acidic forest soils. *Soil Sci Soc Am J* 71, 64-74.
- Schlesinger W.H., 1977.-** Carbon balance in terrestrial detritus. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 8, 51-81.
- Schlesinger W.H., 1986.-** Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: *The changing carbon cycle, a global analysis.* J.R. Trabalka & D.E. Reichle (eds), Springer- Verlag, New York, 11, 194-220.
- **SELTZER, 1946** -Le climat d'Algérie. Alger, 219p
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K. (2004):** A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79, 7-31.
- **Sombroek W.G., F.O. Nachtergaele & A. Hebel, 1993.-** Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio*, 22, 417-426
- **Stockmann, U., Padarian, J., McBratney, A., Minasny, B., de Brogniez, D., Montanarella, L., Hong, S.Y., Rawlins, B.G., Field, D.J., 2015.** Global soil organic carbon assessment. *Glob. Food Sec.* 6, 9–16.

- Thévenot, M., Dignac, M.-F. & Rumpel, C. 2010.** Fate of lignins in soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 1200-1211.
- **Tisdall, J.M., Oades, J.M. (1982):** Organic matter and water-stable aggregates in soils. . *J. Soil Sci.* 33, 141–163.
- **Van Engelen V.W.P., N.H. Batjes, K. Dijkhorn & J. Hutin, 2005.- Harmonized global soil resources database (final rapport). Report 2005/06.** FAO and ISRIC–World Soil Information, Wageningen, 17 p.
- **Von Lützow, M., Kögel-Knabner,L., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. & Flessa, H. 2006.** Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. *European Journal of Soil Science*, 57: 426-445.
- Watson R.T., H. Rhodhe, F. Oeschger & U. Siegenthaler, 1990.-** Greenhouse gases and aerosols. In: *Climate change, the IPCC scientific assessment*. J.T. Houghton, G.J. Jenkins & J.J. Ephraums (eds), Cambridge University Press, 40 p.
- **Woinier, T., Braudeau, E., Doumenc, H., Rangon, L. (2005):** Supercritical drying applied to natural "gels": Allophanic soils. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 36, 61-68.
- Yang, Z., Singh, B.R., Sitaula, B.K. (2004):** Fractions of organic carbon in soils under different crop rotations, cover crops and fertilization practices. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 70, 161-166.

L'ANNEXE

L'annexe

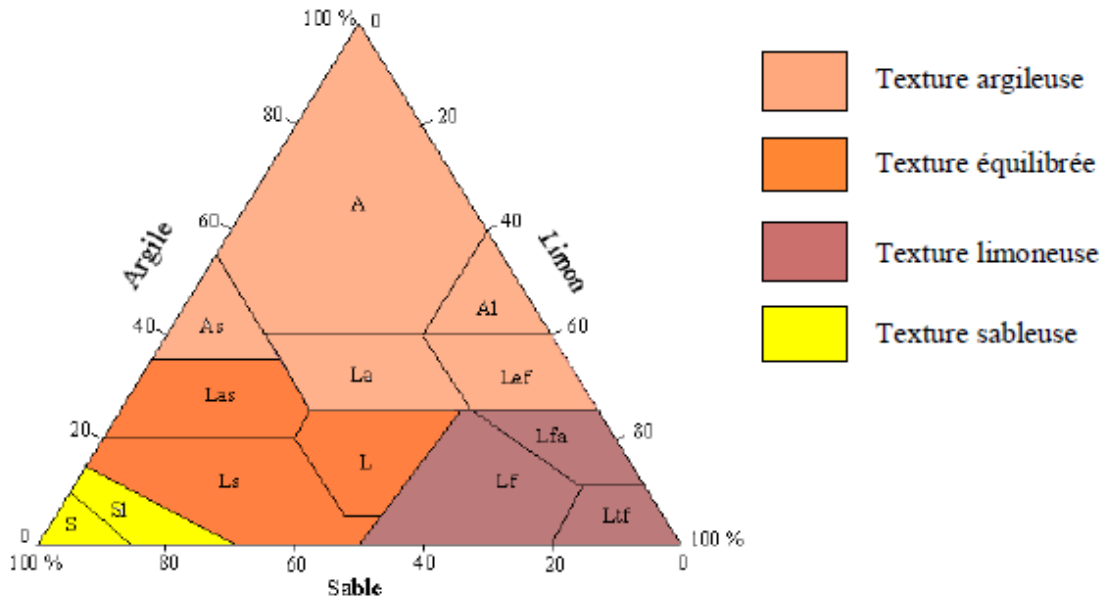


Figure N°22 : Triangle des textures des sols (d'après U.S.D.A.1954).



Figure N°23 : photo de la station 01 E1VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)



FigureN°24 : photo de la station 02 E2VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E, 2020)



FigureN°25 : photo de la station 03 E3VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°26 : photo de la station 04 E4VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°27: photo de la station 05 E5VH (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°28: photo de la station 06 E1GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°29 : photo de la station 07 E2GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°30: photo de la station 08 E3GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°31 : photo de la station 09 E4GD (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°32 : photo de la station 10 E1M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°33 : photo de la station 11 E2M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°34 : photo des stations 12, 13 et 14. E3M, E4M et E5M (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°35 : photo de la station 15 E1OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°36 : photo de la station 16 E2OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°37 : photo de la station 17 E3OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°38 : photo de la station 18 E4OL (cliché Boudjelal M et Mirabtenne D, E ,2020)



Figure N°39 : le dosage du calcaire totale (cliché Boudjelal. M. 2020)



Figure N°40 : mesure du calvaire actif (cliché Boudjelal. M. 2020)



Figure N°41 : mesure de conductivité électrique (cliché Boudjelal. M 2020)



Figure N°42 : mesure du ph (cliché Boudjelal. M 2020)



Figure N°43 : mesure des échantillons (cliché Boudjelal. M 2020)



Figure N°44 : prélèvement des échantillons (cliché Boudjelal. M 2020)