REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
Université du 20 août 1955 - SKIKDA



Faculté des Sciences
Département des sciences agronomique

Mémoire de Master

Spécialité : Science du sol

THEME :

Variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de Skikda (Massif de Collo)

Présenté par :

- Nadjeh Rania
- Ramoul Aya Nour El Houda
- Drouiche Hadil
- Bouanik Hadil

MCA :Larit Sabah

MCA :Souilah Nabila

Promotrice : Bounouara Zahra

Année Universitaire : 2025/2026



Remerciement

Nous tenons tout d'abord à rendre grâce à Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrante, Madame Bounouara Zohra, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, ainsi que pour ses orientations et conseils judicieux tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail et pour l'intérêt qu'ils lui portent.

Nos remerciements vont aussi à toute l'équipe du laboratoire pour leur aide, leur soutien et les moyens mis à notre disposition, ainsi qu'à l'ensemble du département d'agronomie pour la qualité de la formation reçue.

Nous exprimons également notre reconnaissance à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, pour leurs efforts, leur dévouement et les connaissances qu'ils nous ont transmises tout au long de notre parcours.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.



Dédicace

À mon **cher père Abdou**,

Même si tu n'es plus parmi nous, ton amour et tes valeurs vivent en moi chaque jour. Tu resteras à jamais dans mon cœur, ma source de force et d'inspiration. J'aurais tant voulu que tu sois là pour voir ce moment… Que Dieu t'accueille dans Son vaste paradis.
Ce travail t'est dédié avec tout mon amour et ma profonde reconnaissance.

À mon **cher oncle Moussa**,
Qui a été pour moi bien plus qu'un oncle, un véritable père. Ton amour, ton soutien et ta présence ont marqué ma vie à jamais. Même en ton absence, tu restes gravé dans mon cœur et dans chacun de mes pas. Que Dieu t'accorde Sa miséricorde et t'accueille dans Son paradis.
Je ne t'oublierai jamais

À ma **chère maman**,
Toi qui as été mon pilier, ma force et mon refuge.
Merci pour ton amour infini, ta patience et tous les sacrifices que tu as faits pour moi.
Tu es la raison de ma persévérance et de ma réussite. Que Dieu te protège et te garde pour moi le plus longtemps possible. Je t'aime plus que les mots ne peuvent l'exprimer.

À mon **cher oncle Messaoud**,
Toi qui as toujours cru en moi, même dans mes moments de doute,
Tu as été ma source de motivation, celui qui m'a encouragée à avancer et à ne jamais abandonner. Tes paroles, ton soutien et ta confiance m'ont donné la force d'arriver jusqu'ici.
Si je suis arrivée aujourd'hui, c'est en grande partie grâce à toi

À ma **sœur unique Lydia**,
Ma confidente, mon soutien et ma douceur au quotidien.
Merci d'être toujours là pour moi, avec ton amour sincère et ta présence précieuse.

À mes **chers frères Khaled et mon bout de sucre Mohamed**,
Pour votre amour, votre soutien et tous les moments de bonheur partagés. Vous êtes une partie essentielle de ma vie.

À toute ma grande-mére ,ma famille et mes proches,
Pour votre affection, vos encouragements et vos prières qui m'ont accompagnée tout au long de ce parcours.

À mes **meilleurs amies Djihane, Assala et Ikram**,
Pour votre amitié sincère, votre soutien et tous les moments inoubliables que nous avons partagés ensemble.

Rania



Dédicace

À moi-même…

Avant de dédier ce mémoire à quiconque, je le dédie à moi-même…

À cette âme qui a traversé des jours de doute, des nuits de fatigue et des instants où tout semblait impossible, mais qui a choisi de ne jamais abandonner. Cette réussite est la preuve que les rêves deviennent réalité lorsque la volonté est plus forte que les difficultés.

À ma très chère maman…

À toi, mon premier amour, mon premier refuge et ma plus belle bénédiction.

Aucune langue ne saura traduire ce que mon cœur ressent envers toi. Derrière chacune de mes réussites se cachent tes sacrifices, tes privations, tes conseils, ton amour infini et surtout tes prières

Qu'Allah te protège, t'accorde une longue vie, une santé parfaite et te récompense par le plus haut degré du Paradis.

À mon très cher père Fathi,

À cet homme dont les sacrifices resteront gravés dans ma mémoire pour toujours.

Tu m'as appris que la dignité se construit par le travail, que les plus grandes réussites naissent de la patience et du courage.

Merci pour chaque effort accompli.

J'espère être toujours une source de fierté pour toi.

Qu'Allah te préserve et te récompense abondamment.

À mes cher frères Yasser et Ayoub

Merci d'avoir toujours été présent dans les moments importants de ma vie.

vos soutien, vos encouragements et votre confiance en moi ont été une force précieuse.

À ma sœur unique Ritedj et ma belle sœur Ibtissem,

À celles qui apporte de la joie et de la douceur dans notre famille.

Merci pour votre amour, votre tendresse et vos encouragements.

À mon très cher frère Ihab,

Il existe des absences que le temps n'efface jamais…

Ton départ a laissé un vide immense, mais ton souvenir continue de vivre dans chacun de nos cœurs.

J'aurais tant souhaité que tu sois présent aujourd'hui pour partager ce moment avec moi.

Chaque réussite que j'accomplis porte une part de toi.

Tu resteras à jamais vivant dans mon cœur.

À ma très chère grand-mère,

Le temps passe, mais ton amour demeure éternel dans mon cœur.

Tes prières, ta tendresse et ton sourire restent gravés dans ma mémoire.

À toute ma famille, du côté de ma mère comme de celui de mon père,

Merci pour votre affection, votre confiance et vos encouragements.

Votre présence a toujours été une source de réconfort.

Que Dieu vous protège

À mes proches et les meilleurs amis,

À ceux qui ont partagé avec moi les plus beaux comme les plus difficiles moments de cette aventure.

Merci pour votre sincérité, votre fidélité, vos encouragements et votre présence.

Les vrais amis sont une richesse inestimable, et vous faites partie des plus belles bénédictions de ma vie.

Hadil



Dédicace

À ma très chère maman, source infinie de tendresse, de patience et de sacrifice. Merci pour ton amour inconditionnel, pour chaque mot rassurant, chaque prière silencieuse et chaque effort consenti pour me voir réussir. Tu es ma force et mon refuge.

À mon cher père Houcin, pilier de ma vie, pour ton soutien indéfectible, ta sagesse et les valeurs que tu m'as inculquées. Merci de m'avoir appris à ne jamais abandonner et à toujours croire en moi.

À mes frères Raid et Wael et mes sœurs Rayene et Douaa , pour leur amour, leur complicité et leur présence constante. Vous êtes une partie essentielle de mon équilibre et de mon bonheur.

À ma tante décédée Yakouta, que Dieu ait son âme, dont l'absence laisse un vide immense, mais dont le souvenir reste gravé à jamais dans mon cœur. Que ce travail soit un humble hommage à son âme précieuse.

À ma meilleure amie Amel et mes chères amies ,pour leur sincérité, leur soutien sans faille et tous les moments de joie et de réconfort partagés. Vous avez été une lumière dans les moments difficiles.

À toute ma famille et à mes proches, pour leur amour, leurs encouragements et leur présence qui ont accompagné chacun de mes pas tout au long de ce parcours.

Je vous dédie ce travail avec toute ma reconnaissance, mon respect et mon amour

AYA

Résumé :

de la **variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de skikda (Massif de Collo)**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la **variation spatiale du stock de carbone organique des sols** dans la région de Skikda (Collo), une zone caractérisée par une grande diversité écologique et une hétérogénéité des conditions naturelles. Le carbone organique du sol constitue un élément fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, en raison de son rôle dans la fertilité des sols, la stabilité structurale et la régulation du cycle global du carbone.

L'objectif principal de ce travail est de quantifier le stock de carbone organique et d'analyser sa distribution spatiale en tenant compte des facteurs édaphiques et environnementaux. Pour cela, une approche basée sur l'étude de plusieurs profils pédologiques a été adoptée, avec des prélèvements réalisés à différentes profondeurs afin de prendre en considération la variabilité verticale du carbone. Les analyses physico-chimiques effectuées ont porté sur des paramètres indicateurs de l'état du sol, notamment le pH, la conductivité électrique, la matière organique et le carbone organique, permettant ainsi d'évaluer les conditions influençant la dynamique du carbone.

L'estimation du stock de carbone a été réalisée à partir de l'intégration de la teneur en carbone organique, de la densité apparente du sol et de l'épaisseur des horizons étudiés, offrant une approche quantitative de la capacité de stockage des sols. Les résultats obtenus mettent en évidence une **variabilité spatiale importante du stock de carbone**, reflétant l'influence combinée de plusieurs facteurs. Cette variabilité se manifeste aussi bien à l'échelle verticale, avec une distribution décroissante du carbone en profondeur, qu'à l'échelle horizontale, à travers les différences observées entre les profils étudiés.

Cette hétérogénéité spatiale est principalement liée aux caractéristiques intrinsèques des sols, telles que la texture, la structure et la composition, ainsi qu'aux conditions environnementales locales. En effet, la couverture végétale, l'intensité de l'activité biologique et les apports en matière organique jouent un rôle essentiel dans l'enrichissement des horizons superficiels en carbone. Par ailleurs, les facteurs topographiques influencent les processus de redistribution du carbone, notamment à travers les phénomènes d'érosion et d'accumulation, tandis que les conditions climatiques modulent les processus de décomposition et de minéralisation de la matière organique.

L'analyse globale des données montre que la dynamique du carbone organique dans les sols de la région de Collo résulte d'une interaction complexe entre les facteurs naturels et les caractéristiques du milieu. Cette interaction conditionne la capacité des sols à stocker et à stabiliser le carbone, ce qui explique les variations observées à différentes échelles spatiales.

Mots clés : carbone organique, Stock de carbone, Variation spatiale, Sols, Skikda (Collo), Matière organique, Propriétés physico-chimiques, Profils pédologiques, Facteurs édaphiques, Occupation des sol

ملخص

التغيرات المكانية في مخزون الكربون في التربة في نطقة سكيكدة (المصيف القلي)

تندرج هذه الدراسة ضمن إطار تقييم التباين المكاني لمخزون الكربون العضوي في تربة منطقة سكيكدة (القل)، وهي منطقة تتميز بتنوع بيئي كبير وعدم تجانس واضح في الظروف الطبيعية. ويُعد الكربون العضوي في التربة عنصراً أساسياً في **سير النظم البيئية الأرضية**، نظراً لدوره الهام في خصوبة التربة، واستقرار بنيتها، وتنظيم الدورة العالمية للكربون.

يهدف هذا العمل أساساً إلى تقدير مخزون الكربون العضوي وتحليل توزيعه المكاني مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل الترابية والبيئية. ولتحقيق ذلك، تم اعتماد منهجية قائمة على دراسة عدة مقاطع تربوية، مع إجراء عمليات أخذ عينات على أعماق مختلفة من أجل مراعاة التباين العمودي للكربون. وقد شملت التحاليل الفيزيائية والكيميائية مجموعة من المؤشرات التي تعكس حالة التربة، مثل الأس الهيدروجيني(pH) ، والتوصيل الكهربائي، والمادة العضوية، والكربون العضوي، مما يسمح بتقييم العوامل المؤثرة في ديناميكية الكربون.

تم تقدير مخزون الكربون من خلال دمج نسبة الكربون العضوي مع الكثافة الظاهرية للتربة وسمك الآفاق المدروسة، مما يتيح تقييماً كمياً لقدرة التربة على تخزين الكربون. وقد أظهرت النتائج وجود تباين مكاني ملحوظ في مخزون الكربون، يعكس التأثير المشترك لعدة عوامل. ويتجلى هذا التباين على المستويين العمودي، من خلال تناقص الكربون مع العمق، والأفقي، من خلال الاختلافات بين المقاطع المدروسة.

يرتبط هذا التباين أساساً بخصائص التربة الداخلية مثل القوام والبنية والتركيب، إضافة إلى الظروف البيئية المحلية. إذ تلعب التغطية النباتية، والنشاط البيولوجي، وإمدادات المادة العضوية دوراً أساسياً في إثراء الطبقات السطحية بالكربون. كما تؤثر العوامل الطبوغرافية على إعادة توزيع الكربون عبر عمليات التعرية والترسيب، في حين تتحكم الظروف المناخية في عمليات تحلل وتمعدن المادة العضوية.

وعليه، فإن ديناميكية الكربون العضوي في تربة منطقة القل هي نتيجة تفاعل معقد بين العوامل الطبيعية وخصائص الوسط، مما يحدد قدرة التربة على تخزين وتثبيت الكربون، ويفسر التباينات الملحوظة على مختلف المقاييس المكانية.

الكلمات المفتاحية:

الكربون العضوي، مخزون الكربون، التباين المكاني، التربة، سكيكدة (القل)، المادة العضوية، الخصائص الفيزيائية-الكيميائية، المقاطع التربوية، العوامل الترابية، استعمالات الأراضي.

Abstract

the spatial variation of soil organic carbon stock in the Skikda region (Collo Massif)

This study aims to assess the spatial variation of soil organic carbon stock in the Skikda (Collo) region, an area characterized by ecological diversity and heterogeneous natural conditions. Soil organic carbon plays a fundamental role in soil fertility, structural stability, and the regulation of the global carbon cycle.

The methodology adopted is based on the study of several soil profiles, with samples collected at different depths in order to analyze the vertical distribution of carbon. A set of physico-chemical analyses was carried out, including pH, electrical conductivity, organic matter, and organic carbon, to evaluate the factors influencing carbon dynamics.

The carbon stock was estimated by integrating organic carbon content, soil bulk density, and horizon thickness, allowing the assessment of the soil's carbon storage capacity. The results revealed a significant spatial variability of carbon stock, both vertically, with decreasing values with depth, and horizontally, due to differences in soil properties and environmental conditions.

This variability is influenced by several factors, including soil characteristics, vegetation cover, and biological activity, as well as topographic and climatic conditions that affect decomposition and carbon redistribution processes. The study highlights that soil organic carbon dynamics result from complex interactions between these factors, which determine the soil's capacity to store carbon.

Keywords :

Soil organic carbon, Carbon stock, Spatial variation, Soils, Skikda (Collo), Organic matter, Physico-chemical properties, Soil profiles, Edaphic factors, Land use.

Sommaire

Remerciement
Dédicaces
Résumé

Sommaire

Listes des Tableaux

Liste des Figures

Liste d'abréviation

Introduction Générale.....01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.Introduction : 05

2. Le Carbone Organique du Sol: 05

2.1/ Définitions et concepts du carbone : 05

2.2/ déterminants du stockage du carbone dans les sols: 07

2.3/Processus de stabilisation du carbone organique dans le sol: 08

3/ rôles des sols dans le cycle de carbone: 09

4/Atténuation du changement climatique par stockage de COS : 10

4.1/Adaptation au changement climatique par stockage de COS: 11

5/les matières organiques des sols (mos): 12

6/Facteurs influençant le carbone organique des sols : 13

6.1/Influence du climat 13

6.2/Pratiques agronomiques 13

6.3/Le travail du sol :.....13

6.4/La fertilisation : 14

6.5/La qualité des restitutions organiques : 14

7/ Les matières organique des sols : 14

7.1/Impacts agronomiques et environnementaux de la matière organique du sol (MOS): 15
.....

Chapitre II : Etude du milieu naturel

1/ Présentation de la wilaya : 17

1.1/ La situation géographique : 17
1.2/ La population 17
1.3- La superficie 17
1.4- Le relief : 17
1.5- Le climat : 19
2- Présentation de la carte d'occupation du sol : 20
2.1- Choix de l'échelle : 21
2.2/ La légende de la carte : 21
2.3- Description des classes d'occupation du sol : 23
3- Résultats statistiques issus de la carte de l'occupation du sol: 25
3.1- Répartition de l'occupation du sol : 26
4./cadre de la zone d'etude (Collo) 29
4.1/ la situation géographique de la zone d'étude: 29
4.2/La topographie 30
4.3/ La situation administrative de la zone d'étude : 31
4.4/ La géologie : 32
4.5/ Fonctionnement hydrologique et dynamique de dégradation des eaux souterraine ..34
4.6/ Climat de la région 36

Chapitre III : Méthodologie de travail

1/Choix et description des profils pédologiques 40
1.1/ Préparation des échantillons : 41
2/ Analyses physiques et chimiques des sols au laboratoire : 41
2.1 /Densité apparente : 42
2.2 / pH du sol : 42
2.3/Conductivité électrique (CE) 43
2.4/ Matière organique et carbone organique par incinération au four à moufle: 44
2.5/Analyse granulométrique (texture du sol) 45
2.6/Capacité d'échange cationique (CEC) 48

Chapitre IV : Résultats et Discussion

I. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols étudiés 51
1./Profil témoin représentatif (T0) 51
1.1/ Description morphologique et analytique 51
1.2 /Résultats analytiques du profil Témoin T0 52
2 / Profil 1 (P1) 53
2.1/: Description morphologique et analytique des sols de la région de Collo: 53
2.2/ Résultats analytiques du profil P1 54
3/ profil 2 55
3.1/ Description morphologique et analytique des sols de la région de Collo p2 55
3.2/ Résultats analytiques du profil 2 : 56
4/ Profil 3(P3) 57
4.1/ Description morphologique du profil 3 57
4.2/ Résultats analytiques du profil 3: 58
5/ Profil 4 (P4) 59
5.1/ Description morphologique et analytique 59
5.2/ Résultats analytiques du profil 4 : 60
6/ Profil 5 (P5) 60
6.1/ Description morphologique et analytique 60
6.2/ Résultats analytiques du profil 5 : 62
7/ profile 6 (p6) 63
7.1/ Description morphologique et analytique P6 63
7.2/ Résultats analytiques du profil 64
II. Étude comparative des caractéristiques physiques et chimiques entre les profils étudiés par analyse graphique des résultats: 66
1. Le pH 66
2. La conductivité électrique 67
3. La densité apparente 68
4. La texture du sol 69
5. Le carbone organique 71
6. La capacité d’échange cationique : 72

7.Cations échangeables (Ca+Mg) 73

III. Etude de stock du carbone organique des sols : 74

1. Evolution verticale de la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés (Profil organique) : 74

2. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'espèce végétale 76

Conclusion 79

Références Bibliographiques 80

Listes des Tableaux

Chapitre II : Etude du milieu naturel

Tableau 01 : Les superficies de l'occupation du sol de la wilaya.....25

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau 02: Analyse physique du profil T0 52

Tableau 03 : Analyse physique du profil 1 54

Tableau 04: Analyse physique du profil P2 56

Tableau 05: Analyse physique du profil P3 58

Tableau 06: Analyse physique du profil P4 60

Tableau 07: Analyse physique du profil P5.....62

Tableau 08: Analyse physique du profil p6 64

Liste des Figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Figure 1 : Teneur en cos (gc pour 100g sol, exprimee en %) en fonction de la profondeur du sol,) 07

Figure 2 : Chaines de biotransformations des matieres organiques dans le sol 09

Figure 3 : Effet de la gestion des terres agricoles sur les quantités de carbone du sol..... 10

Figure 4 : Les différents processus contrôlant le stockage de carbone dans les sols 11

Figure 5 : Les fonctions des matieres organiques du sol 12

Figure 6 : Schéma d'évolution de la matière organique dans le sol Source 15

Chapitre II : Etude du milieu naturel

Figure 7 : Carte des zones homogènes de la wilaya de Skikda..... 19

Figure 8 : Diagramme climatique de la station de Collo. 20

Figure 9 : Carte d'occupation du sol de la wilaya de Skikda..... 23

Figure 10 : Proportion des différentes classes d'occupation du sol dans la zone d'étude. . 26

Figure 11 : Situation géographique de la zone d'étude. 30

Figure 12: carte géologique de la commune de COLLO 32

Figure 13: Coupe géologique à travers la plaine de..... 33

Figure 14: Cadre géologique de la plaine de Collo..... 34

Figure 15 : Carte de réseau hydrographique 35

Figure 16 : Carte ,Le massif de Collo ; un gisement des ressources..... 37

Chapitre III : Méthodologie de travail

Figure 17: Carte la situation géographique des profils pédologiques. 40

Figure 18 : Préparation des échantillons de sol avant séchage et Tamisage des échantillons de sol à 2mm 41

Figure 19: Prélèvement de l'échantillon sur terrain pour mesure de la densité apparente . 42

Figure 20 : agitation des suspensions sol-eau pour la détermination du pH. 43

Figure 21 : Conductimètre 44

Figure 22 : Quelques échantillons pesées 45

Figure23 : Dispositif d'attaque à froid des échantillons de sol..... 46

Figure 24 : Étape d'attaque à chaud des échantillons de sol sur bain de sable lors de l'analyse granulométrique. 46

Figure 25 : Suspension des échantillons de sol pour l'analyse granulométrique. 47

Figure 26 : Séparation du sable fin et grossier par tamisage lors de l'analyse granulométrique 48

Figure 27 : appareille de CEC 49

Figure 28 : Dispositif de distillation utilisé pour la détermination de la CEC 50

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Figure 29 : culture de fraise sous serre 53

Figure30 : Parcelle de culture de courgette 57

Figure 31: variation du pH dans les profil étudies 66

Figure 32: variation de la conductivité électrique dans les profils étudiés 67

Figure 33: variabilité de la densité apparente dans les profils étudiés 68

Figure 34 : Variation de la teneur en argile (%) au niveau des différents horizons des profils étudiés. 69

Figure 35 : Variation de la teneur en sable (%) selon les horizons des différents profils étudiés. 70

Figure 36 : Variation du stock de carbone organique selon les profils étudiés 71

Figure 37 : Variation de la CEC dans les horizons des profils étudiés 72

Figure 38: répartition des cations échangeables (Ca+Mg) dans les différents profils étudiés 73

Figure 39 : la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés 74

Figure 40 : Évolution du stock de carbone organique du sol (0-30 cm) selon les différents profils étudiés. 75

Profil 41: Évolution du stock de carbone organique du sol (0-60 cm) selon les différents profils étudiés. 75

Figure42 : Le stock du carbone sur 30cm de profondeur selon l'espèce végétale 76

Figure 43: le stock du carbone sur 60cm de profondeur selon l'espèce végétale 77

Liste d’abréviation :

CO : Carbone organique

MOS : Matière organique des sols

COS : Carbone organique des sols

DUC : Direction de l’urbanisme et de la construction de la wilaya de Skikda

DSA : Direction de service agricole

H : Horizon

P : Profil

(T.A) : Terre agricole

G :100G Pourcentage

INRA : Institut national de la recherche agronomique

Cm : Centimètre

G : Gramme

C : Carbone

MO : Matière organique

GES : Gaz à effet de serre

T : Tonne

Ha : hectare

M : mètre

E.G : Elément grossier

CEC : capacité d'échange cationique

Corg : carbone organique

Cinorg : carbone innorganique

Ctot : carbone totale

Introduction générale

1/Introduction générale

Les sols jouent un rôle primordial dans notre environnement grâce à leur capacité d'échange d'éléments nutritifs et de régulation des écosystèmes. Dans le contexte actuel, marqué par l'intensification du changement climatique, leur importance devient encore plus centrale, notamment en tant que régulateurs du cycle du carbone. Le dioxyde de carbone (CO_2) est, de loin, le principal gaz à effet de serre d'origine anthropique responsable du réchauffement climatique. Par ailleurs, environ les deux tiers du carbone organique terrestre sont stockés dans les sols **(Le Quéré et *al*., 2016).**

Le sol constitue ainsi un réservoir de carbone majeur pour le climat. Il stocke, sous forme de matière organique, deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère. Son utilisation et sa gestion influencent directement les flux de CO_2, avec des répercussions importantes sur l'évolution du climat. Dans ce contexte, l'un des principaux enjeux actuels est de limiter les pertes de carbone liées notamment au retournement des terres et de favoriser des pratiques agricoles et sylvicoles durables permettant d'accroître les stocks de carbone. À l'échelle mondiale, les activités humaines ont fortement accru les émissions de CO_2. En 2013, près de 35 milliards de tonnes de CO_2 ont été émises, principalement en raison de la combustion des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) et de la production de ciment. Les écosystèmes terrestres atténuent partiellement ces émissions en absorbant plus des deux tiers du CO_2 émis grâce à la photosynthèse **(Eglin, 2014)**. Les sols représentent le plus grand réservoir terrestre de carbone. On estime qu'environ 1 417 gigatonnes (Gt) de carbone sont stockées dans le premier mètre de sol, soit près du double de la quantité présente dans l'atmosphère et plus de douze fois les émissions anthropiques annuelles. À des profondeurs plus importantes, les sols continuent de stocker d'importantes quantités de carbone, dépassant largement les stocks atmosphériques **(Lorenz et Lal, 2005).**

Les stocks de carbone du sol résultent d'un équilibre dynamique entre les apports, principalement issus des résidus végétaux, et les pertes liées à la décomposition microbienne, à la minéralisation et aux processus d'érosion. Ces processus sont influencés par des facteurs naturels et anthropiques **(Schlesinger et a*l*, 2000 ; Amundson, 2001)**.

Toute modification de l'usage des terres entraîne des changements importants des stocks de carbone. Les pertes de carbone dans les sols sont généralement beaucoup plus rapides que leur accumulation. Ainsi, une diminution même légère de la teneur en carbone ou en matière organique dans la couche arable peut avoir des conséquences négatives significatives sur les

propriétés du sol, notamment sa capacité de rétention en eau et sa teneur en éléments nutritifs **(Sombroek et *al*., 1993**). Les stocks de carbone sont généralement exprimés en tonnes de carbone organique par hectare (tC/ha), contrairement aux flux de gaz à effet de serre exprimés en équivalent CO_2 (tCO_2eq). Un sol est dit à l'équilibre lorsque le flux entrant de carbone (apports) est égal au flux sortant (minéralisation, érosion, pertes dissoutes). Il est en régime stationnaire lorsque cet équilibre est stable dans le temps.

Le stock de carbone organique du sol dépend de plusieurs facteurs, notamment le climat, la nature du sol et l'occupation des terres. Il est également fortement influencé par les pratiques de gestion des sols. Des pratiques inadéquates entraînent la perte de matière organique et contribuent aux émissions de gaz à effet de serre. À l'échelle mondiale, la dégradation des sols a déjà provoqué l'émission de plus de 78 Gt de carbone dans l'atmosphère, tandis que la déforestation représente environ 25 % des pertes de carbone organique des sols. En revanche, les horizons profonds du sol constituent un potentiel important de stockage pouvant atteindre 760 à 1520 Gt de carbone supplémentaires **(Lorenz et L*al*, 2005)**. Dans ce cadre, les recherches actuelles s'orientent vers des techniques de gestion permettant d'augmenter la séquestration du carbone en profondeur, notamment l'utilisation de cultures ou de fourrages à racines profondes. Le labour profond, qui consiste à enfouir la matière organique en profondeur, peut également augmenter les stocks de carbone organique du sol de plus de 40 % après 50 ans **(Alcántara et al., 2016)**.

Par ailleurs, les forêts constituent un important réservoir de carbone, stocké dans la biomasse aérienne et souterraine, la litière, le bois mort et le sol forestier. Elles couvrent environ 3 900 millions d'hectares à l'échelle mondiale et se répartissent en trois grands domaines biogéographiques : tropical (environ 50 %), boréal (environ 30 %) et tempéré (environ 20 %) **(Pan et al., 2011 ; Friedlingstein et al., 2020).**

Les forêts méditerranéennes représentent également un réservoir important de carbone, dont les stocks se répartissent entre la biomasse, la litière, le bois mort et le sol **(Martel et al., 2020).**

Ainsi, ce travail vise à étudier la répartition du stock de carbone organique dans la région de Skikda (Collo et Sidi-Mezghich) et à identifier les principaux facteurs qui influencent sa variabilité.

Problématique et questions secondaires :

Dans le cadre de ce travail, l'analyse de la dynamique du carbone organique dans les sols de la région de Collo soulève plusieurs interrogations essentielles, permettant d'orienter l'étude vers les principaux facteurs de variation :

- Dans quelle mesure la couverture végétale conditionne-t-elle la variabilité du stock de carbone organique dans les sols étudiés ?
- Comment la topographie influence-t-elle la redistribution et l'accumulation du carbone organique à l'échelle du paysage ?
- Quelles approches de gestion et de conservation pourraient être adoptées afin de renforcer la séquestration du carbone et de contribuer à la préservation des écosystèmes face aux changements climatiques ?

Objectifs de l'étude :

Cette étude a pour objectif principal de quantifier les teneurs et les stocks de carbone organique des sols dans la région de Collo, en distinguant les horizons superficiels (0–30 cm) et profonds (> 30 cm).

De manière spécifique, elle vise à :

- Identifier et analyser les principaux facteurs contrôlant la distribution du carbone organique, notamment la nature du sol, le type de végétation ainsi que les modes d'occupation et d'utilisation des terres ;
- Mettre en évidence les relations existantes entre les caractéristiques du milieu et la dynamique du carbone organique dans les sols étudiés.

Démarche méthodologique:

Afin d'atteindre les objectifs fixés, une démarche méthodologique combinant travail de terrain et exploitation de données existantes a été adoptée. Dans ce cadre, plusieurs investigations pédologiques ont été réalisées à travers différents travaux de recherche.

Ainsi, les données issues des travaux de **Nadjeh Rania, Ramoul Aya Nour El Houda, Bouanik Hadil et Drouiche Hadil**, ainsi que six profils pédologiques complémentaires**,** ont été intégrées afin d'enrichir la base de données de l'étude.

Cette approche a permis de constituer un ensemble de données représentatif de la variabilité spatiale des sols de la région de Collo (Talaza, laazilet, bin el widen)

Structure du mémoire:

Le présent mémoire s'articule autour de quatre chapitres complémentaires :

- **Chapitre I :** Synthèse bibliographique relative au carbone organique des sols
- **Chapitre II :** Présentation et caractérisation de la zone d'étude
- **Chapitre III :** Matériels et méthodes adoptés
- **Chapitre IV :** Résultats obtenus et discussion

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1.Introduction :

Le sol constitue le principal réservoir de carbone des écosystèmes continentaux **(Quideau, 2013).** La dynamique du Carbone Organique du Sol (COS) est aujourd'hui au cœur des stratégies de lutte contre le changement climatique, notamment à travers la séquestration du carbone **(Pellerin et a*l*., 2019)**. En plus de ce rôle de régulateur climatique, la matière organique est le pilier de la fertilité des sols, car elle améliore leur structure physique, leur capacité de rétention en eau et leur activité biologique **(GIS Sol, 2020)**

2. Le Carbone Organique du Sol:

2.1/ Définitions et concepts du carbone :

2.1.1/ Définition du stock de carbone :

Pour Feler et al. (2004), la notion de stockage de carbone est utilisée lorsqu'on parle de stocks de C dans le sol sans faire référence exclusivement à la part qui concerne les seuls flux de C-CO2 (via La plante). Cela signifie que des C provenant de la matière organique (MO) d'origines externes Comme des composts urbains peuvent être considérés dans la notion de stockage de carbone. De Même, toutes les variations de C au niveau parcellaire liées aux cycles érosion-sédimentation Comme le dépôt de C érodé puis déposé peuvent entrer dans cette notion de stockage. Le stockage Du C organique dans le sol est une variable pertinente de la séquestration mais n'est pas la Séquestration au sens où elle a été définie. En d'autres termes, le stockage est une condition Nécessaire à la séquestration de C mais n'est pas suffisante. Il ne concerne pas seulement le C venant de l'atmosphère.

2.1.2/ Les formes et nature du stock de carbone :

Il est important de faire la distinction entre plusieurs termes liés au carbone des sols. La matière organique du sol est majoritairement composée de matières organiques mortes issues de la végétation, mais aussi d'organismes vivants : la faune du sol. Le carbone du sol comporte deux catégories :

• **Le carbone inorganique (Cinorg):** est principalement du carbonate de calcium ($CaCO_3$) mais peux aussi être du carbonate de magnésium ($MgCO_3$), ou de fer ($FeCO_3$). Il est issu de la fragmentation de la roche-mère ou de matériaux secondaire.

• **Le carbone organique (Corg):** est issu de la décomposition d'organismes végétaux

(racines, litières, etc.) et animaux (faune du sol) présents dans la matière organique (MO) **(Pellerin et *al*., 2019); (Chevallier et *al*., 2020).**

On peut définir le stock de carbone organique totale :

$$SOC = C_{org} \times M_{sol}$$

où :

- **SOC** : stock de carbone organique du sol (tC/ha ou kg C/m²)
- **Corg** : teneur en carbone organique du sol
- **Msol** : masse de sol considérée (liée à la densité apparente et à la profondeur)

• La teneur en carbone fait référence à la proportion massique de carbone organique.

• Le stock de carbone organiques de sols (SCOS) est la mesure du carbone organique des sols (COS) à un instant T pour une superficie donnée en unité de masse. Il se calcule grâce à la teneur en carbone (CCOS) et la densité apparente pondéré (DApond) du sol **(Baize, 2018).**

$$SOC = C_{org} \times \rho_b \times e \times (1 - f_{cailloux}) \times 10$$

où :

- **SOC** : stock de carbone organique du sol (tC/ha)
- **Corg** : teneur en carbone organique du sol (g C / g sol ou %)
- **ρb** : densité apparente du sol (g/cm³)
- **e** : épaisseur de la couche de sol (cm)
- **fcailloux** : fraction volumique des éléments grossiers (cailloux)
- **10** : facteur de conversion pour obtenir tC/ha

• Le stockage est un bilan entre les apports organiques et les sorties par minéralisation pour une étude diachronique et/ou synchronique.

• La séquestration traite du résultat des bilans de stockages pour chaque gaz à effet de serre (GES). Ces mesures et bilans sont souvent réalisés sur la plage de profondeur 0-30 cm par des organisme tels que le GIEC ou la FAO. **(Pellerin et *al*., 2019); (Chevallier et *al*,2020**

2.2/ DÉTERMINANTS DU STOCKAGE DU CARBONE DANS LES SOLS:

La dynamique du carbone dans les sols suscite un intérêt croissant, aussi bien dans les études relatives à la fertilité des sols que dans celles portant sur le cycle global du carbone. En effet, la matière organique du sol, constituée majoritairement de carbone, joue un rôle essentiel dans la régulation de nombreuses propriétés édaphiques, notamment la structure, la capacité de rétention en eau et la disponibilité des éléments nutritifs **(Lal, 2004 ; Brady et al, 2016).** Elle représente également un compartiment clé dans l'évaluation des flux globaux de gaz à effet de serre tels que le CO_2, le N_2O et le CH_4, en particulier à travers le carbone stocké dans les sols **(IPCC, 2019).**

Dans les zones tropicales et intertropicales, la mise en culture des terres entraîne généralement une diminution significative des stocks de carbone du sol. Cette baisse est principalement liée à l'intensification de la minéralisation de la matière organique du sol (MOS) ainsi qu'aux ბროცესus d'érosion **(Guo et al, 2002 ; Don et al, 2011)**. Par ailleurs, la minéralisation de la MOS contribue directement à l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO_2, renforçant ainsi l'effet de serre **(Lal, 2004).**

Dans ce contexte, la restauration des stocks de carbone des sols apparaît aujourd'hui comme un enjeu majeur, à la fois pour assurer la durabilité des systèmes de production agricole et pour atténuer les impacts environnementaux liés aux changements climatiques. Ainsi, les facteurs déterminant le stockage du carbone dans les sols peuvent être regroupés en trois grandes catégories : les facteurs édaphiques, les facteurs climatiques et les pratiques culturales **(Six et *al*., 2002 ; Stockmann et *al*., 2013).(fig1)**

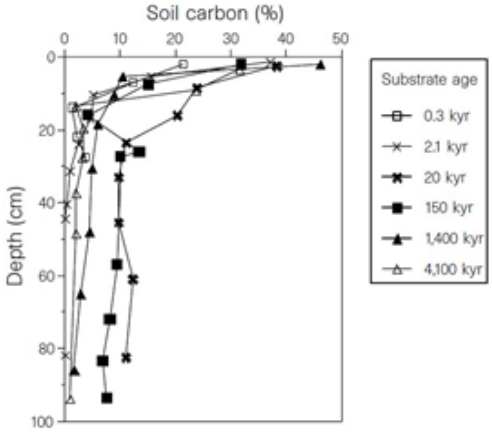


FIGURE 1 : Teneur en cos (gc pour 100g sol, exprimee en %) en fonction de la profondeur du sol, extrait de torn et al. (1997)

2.3/Processus de stabilisation du carbone organique dans le sol:

Le concept traditionnel considérait le carbone stable comme composé de matières organiques récalcitrantes à la décomposition et de substances humiques issues de transformations chimiques supposées. Cependant, ce modèle a été remis en question, car ces composés ne sont pas réellement persistants dans les sols ou n'existent pas tels quels in situ. Aujourd'hui, la stabilisation de la matière organique est plutôt expliquée par des interactions complexes entre facteurs biologiques et environnementaux **(Lehmann et al, 2015 ; Schmidt, 2012 ; Pellerin et al, 2019).**

Selon l'approche actuelle, la matière organique du sol subit des biotransformations successives, catalysées par des enzymes produites principalement par les microorganismes. Le macrofaune, comme les vers de terre, agit surtout de manière mécanique en fragmentant et en incorporant la matière organique, tandis que la méso- et microfaune jouent un rôle indirect en régulant les populations microbiennes par prédation. Ainsi, la décomposition de la matière organique suit un continuum allant des résidus végétaux aux composés moléculaires les plus simples.(fig2)

Les composés les plus susceptibles d'être stabilisés sont ceux à faible énergie et de structure simple, capables de s'associer entre eux ou avec les minéraux du sol pour former des structures protégées. Au final, les produits issus de l'activité microbienne constituent la principale source de matière organique stable à long terme, davantage que les résidus d'origine végétale directe **(Pellerin et al., 2019).**

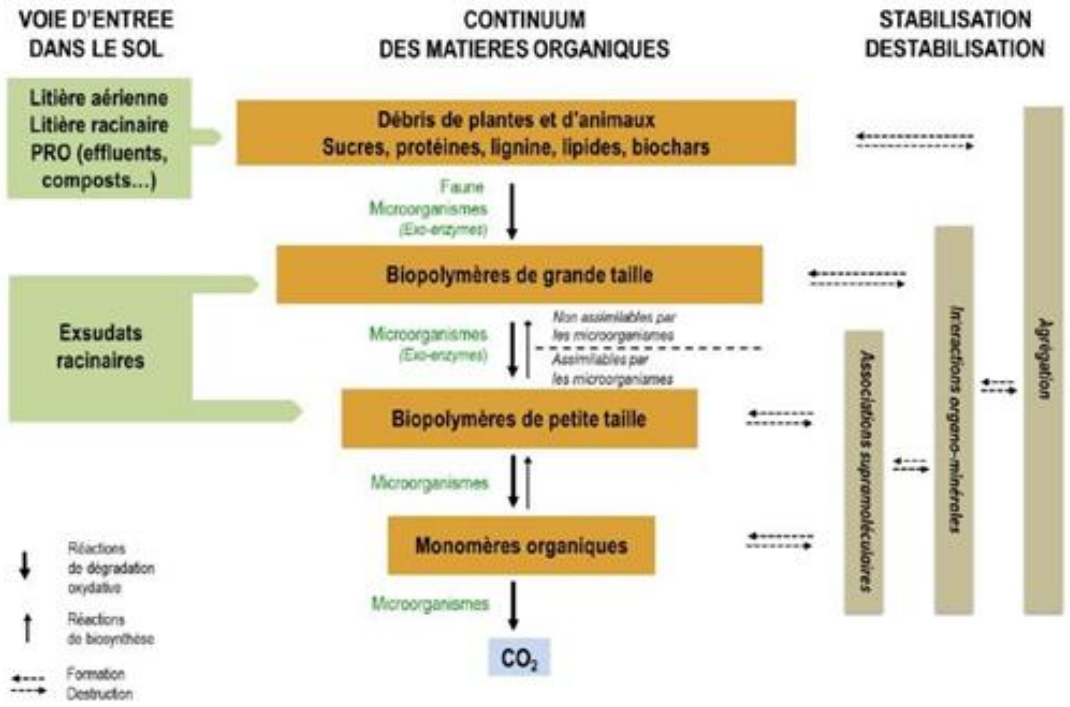


FIGURE 2 : Chaines de biotransformations des matieres organiques dans le sol (d'apres lehmann and kleber, 2015), extrait de pellerin et al. (2019)

.3/ RÔLES DES SOLS DANS LE CYCLE DE CARBONE:

De manière générale, le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique est capté par les plantes grâce à la photosynthèse, au cours de laquelle il est transformé en composés organiques tels que les glucides et la cellulose. Une partie de ce carbone est utilisée par la plante pour ses besoins métaboliques et est ensuite réémise dans l'atmosphère sous forme de CO_2 par la respiration végétale. Le reste est stocké dans la biomasse ou transféré au sol via les résidus végétaux et les racines, où il est partiellement décomposé par les microorganismes, entraînant à nouveau des émissions de CO_2 (**Photosynthesis ; Brady et *al,* 2016).**

Ce cycle du carbone est présent dans tous les systèmes de culture, mais les flux de CO_2 varient selon les conditions climatiques, les propriétés du sol et le type de végétation. Les températures, l'humidité et la qualité de la matière organique influencent fortement l'intensité des échanges entre le sol, les plantes et l'atmosphère **(Lal, 2004). (fig3)**

Dans les systèmes intégrant l'élevage, le cycle du carbone devient plus complexe. Une partie importante de la biomasse végétale est utilisée comme fourrage ou litière pour les animaux. Le carbone est alors redistribué sous plusieurs formes : une fraction est libérée sous forme de CO_2 par la respiration animale, une autre est exportée via les produits animaux (viande, lait), tandis

qu'une part significative retourne au sol sous forme de fumier, contribuant ainsi au recyclage de la matière organique et à l'enrichissement du sol en carbone **(FAO, 2017 ; IPCC, 2019).**

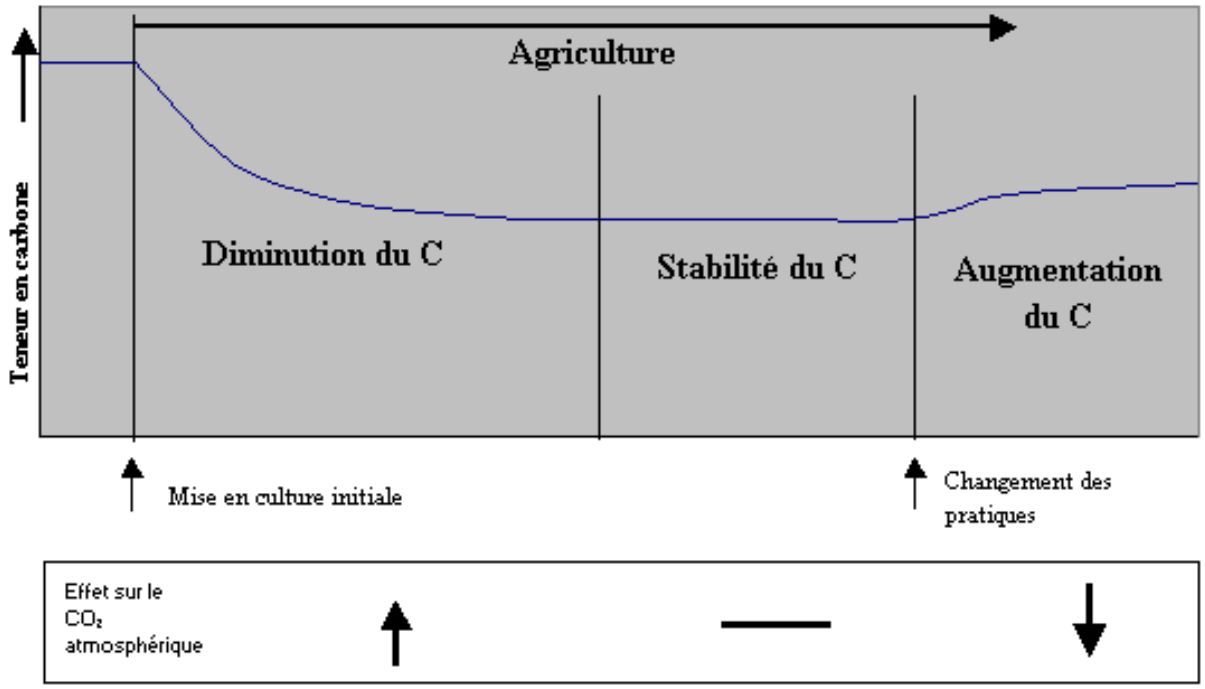


Figure 3 : Effet de la gestion des terres agricoles sur les quantités de carbone du sol (adapté de Desjardins R.L., Agriculture et Agroalimentaire Canada (1998)

4/Atténuation du changement climatique par stockage de COS :

L'augmentation du stock de carbone organique du sol (COS) consiste à accroître la quantité de matière organique présente dans le sol, principalement par l'augmentation des apports de carbone. Ces apports proviennent soit de la fixation du CO_2 atmosphérique par la végétation via la photosynthèse, soit d'apports externes de résidus organiques tels que les amendements organiques ou les fumiers **(Brady et *al* 2016 ; FAO, 2017).**

Dans les agroécosystèmes, la gestion du carbone repose sur un équilibre entre les entrées et les sorties de matière organique. De manière générale, une augmentation durable des stocks de COS est obtenue lorsque les apports de biomasse végétale et de matières organiques externes sont élevés et que les pertes liées à la décomposition et à la minéralisation restent limitées. Ainsi, la dynamique du carbone dépend directement de l'intensité des flux entrants de carbone dans le sol et de la réduction des flux sortants sous forme de CO_2 **(Lal, 2004 ; Smith et *al.*, 2010).**

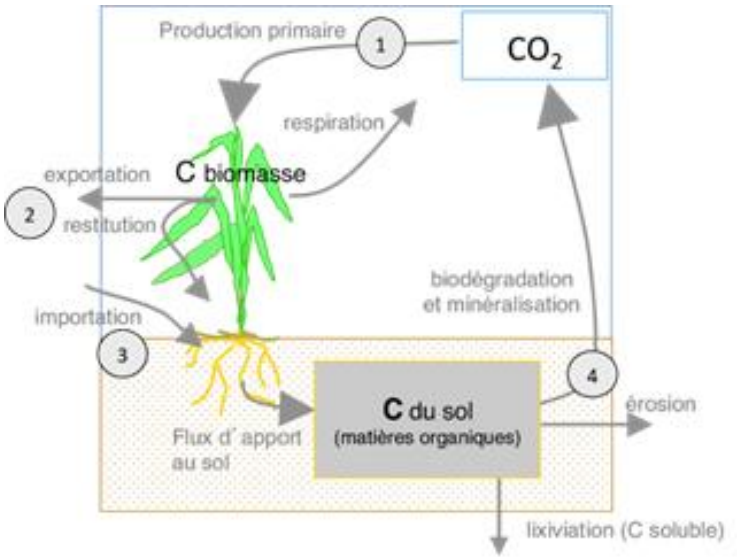


FIGURE 4 : Les différents processus contrôlant le stockage de carbone dans les sols, extrait de chenu et al. (2014)

L'augmentation des flux entrants de carbone dans le sol correspond à l'accroissement des apports de matière organique, qu'ils soient d'origine interne ou externe. Les apports endogènes incluent les résidus de culture laissés au sol, les racines, les exsudats racinaires ainsi que l'activité des mycorhizes. Les apports exogènes proviennent quant à eux des amendements organiques tels que les effluents d'élevage et les composts. Le maintien d'un couvert végétal permanent contribue également à renforcer ces apports tout en limitant les pertes de carbone.

Ces pertes résultent principalement de l'érosion et du lessivage des formes particulaires, de la lixiviation du carbone dissous, ainsi que de la minéralisation de la matière organique, qui constitue la principale voie de sortie du carbone sous forme de CO_2. Par ailleurs, à quantité égale de carbone apporté, le carbone d'origine racinaire présente une contribution plus importante au stockage à long terme que celui issu des parties aériennes, en raison de sa plus forte stabilisation dans le sol **(Derrien et *al*., 2016 ; Pellerin et *al*., 2019).**

4.1/Adaptation au changement climatique par stockage de COS:

En plus de leur rôle dans l'atténuation du changement climatique, les matières organiques ont un bénéfice local pour les agrosystèmes par leurs effets sur les propriétés du sol. Les MO ont donc des fonctions diverses dans les sols dont elles affectent les propriétés (Figure). La contribution des MO aux propriétés et fonctions des sols dépend de leur qualité, quantité, localisation et de leur dynamique mais de manière générale, la MO contribue à de nombreux services écosystémiques (amélioration de la fertilité chimique et biologique, amélioration de la qualité physique des sols, de l'eau, de l'air). Le carbone organique du sol est donc également

une voie d'adaptation au changement climatique en augmentant la résilience des agrosystèmes **(Pellerin et a*l.*, 2019).**

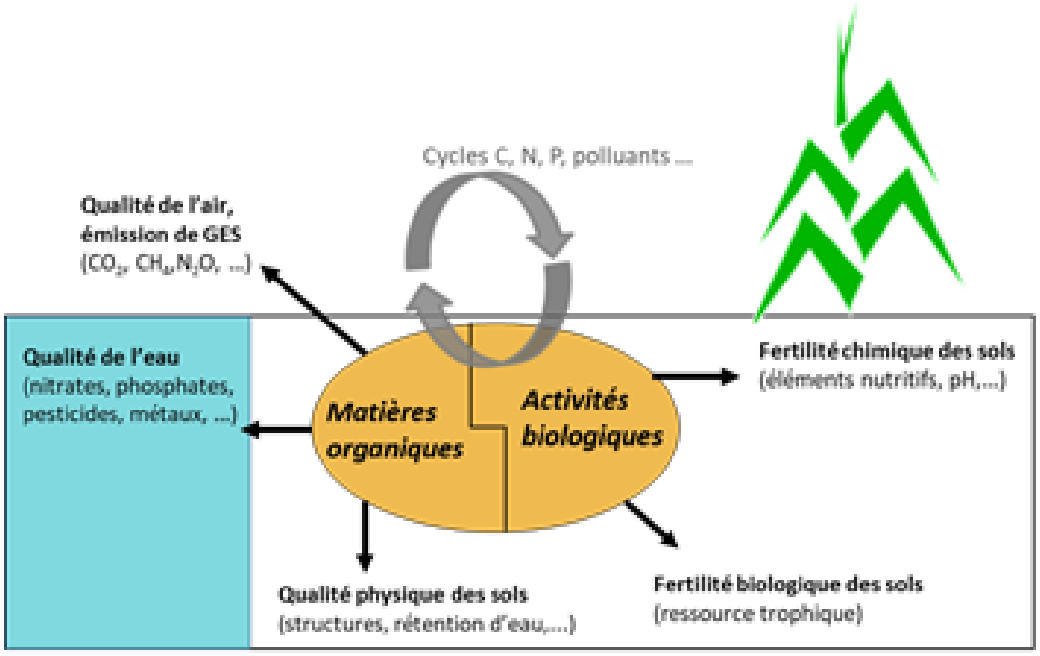


FIGURE 5 : Les fonctions des matieres organiques du sol, d'apres chenu (2016)

5/LES MATIÈRES ORGANIQUES DES SOLS (MOS):

Le sol est constitué de quatre grandes composantes : les particules minérales, la matière organique, l'eau et l'air **(Alain B et al, 2013)**. La matière organique du sol regroupe l'ensemble des constituants organiques à différents stades de décomposition, comprenant les résidus végétaux et animaux de petite taille (inférieure à 2 mm) ainsi que les organismes vivants du sol.

Elle est principalement composée d'éléments essentiels à la nutrition des plantes, notamment le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O) et l'azote (N), auxquels s'ajoutent des éléments minéraux tels que le soufre (S), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg), ainsi que des oligoéléments nécessaires en faibles quantités **(Brady et *al,* 2016).**

Au cours de son évolution, la matière organique subit différentes transformations dans le sol, allant de la décomposition des résidus frais jusqu'à la formation de composés plus stables. En général, la teneur en matière organique des sols varie entre 0,5 % et 10 % de la masse totale du sol, selon le type de sol et la profondeur **(François Musadji, 2013).**

6/Facteurs influençant le carbone organique des sols :

6.1/Influence du climat

Le climat constitue un facteur majeur dans la dynamique de la matière organique du sol (MOS), en particulier à travers la température et l'humidité, qui conditionnent l'activité biologique **(Banville, 2009)**. En zone tropicale, les conditions chaudes et humides, notamment durant la saison pluvieuse, stimulent fortement l'activité des microorganismes, entraînant une décomposition rapide de la matière organique et, par conséquent, de faibles stocks humiques.

À l'inverse, durant la saison sèche, la diminution de l'humidité limite fortement l'activité microbienne, ce qui ralentit les processus de transformation de la MOS. Selon **Herfurth (2015)**, des conditions caractérisées par des températures élevées combinées à une faible humidité réduisent le potentiel de stockage du carbone dans les sols.

Les interactions entre température et humidité jouent ainsi un rôle déterminant une pluviométrie suffisante associée à des températures modérées favorise la séquestration du carbone, tandis que des conditions sèches et excessivement chaudes entraînent une diminution de cette capacité. Toutefois, à long terme, ces effets restent fortement dépendants des pratiques de gestion des sols.

6.2/Pratiques agronomiques

Les pratiques agricoles influencent directement les stocks de carbone du sol. Certaines pratiques, notamment la mise en culture intensive, peuvent entraîner des pertes de matière organique, tandis que d'autres favorisent son accumulation et la séquestration du carbone atmosphérique.

De manière générale, l'augmentation des stocks de carbone repose soit sur l'accroissement des apports organiques, soit sur la réduction de leur décomposition. L'adoption de pratiques agricoles durables permet ainsi de limiter les pertes de carbone liées à l'érosion et à la dégradation des sols, tout en améliorant leur capacité de stockage.

6.3/Le travail du sol :

Le travail du sol, en particulier le labour, modifie la structure du sol et tend à réduire les stocks de carbone. Il entraîne une dilution de la matière organique dans le profil du sol, diminue sa concentration en surface et fragilise la structure, rendant le sol plus sensible à l'érosion. De plus, l'exposition accrue de la matière organique favorise sa biodégradation. Le renouvellement

annuel des horizons travaillés contribue ainsi à un appauvrissement progressif en carbone **(Balesdent et al., 2000)**.

6.4/La fertilisation :

La fertilisation influence indirectement le stockage du carbone en augmentant la production végétale jusqu'à un seuil optimal. Au-delà de ce seuil, les rendements stagnent ou diminuent. Par ailleurs, l'azote peut jouer un rôle limitant pour l'activité microbienne. Lorsqu'il est apporté en quantité adéquate, il peut accélérer la décomposition de la matière organique, notamment lorsque les résidus végétaux présentent un rapport C/N élevé **(Balesdent, 2000).**

6.5/La qualité des restitutions organiques :

La quantité et la qualité des matières organiques restituées au sol sont déterminantes pour le stockage du carbone. La composition biochimique des résidus végétaux varie selon les cultures et influence leur vitesse de décomposition. De plus, ces résidus modifient l'activité biologique du sol, ce qui affecte la dynamique de la matière organique et son potentiel de stabilisation **(Bouajila et al., 2014).**

7/ Les matières organique des sols :

Le sol est constitué de quatre composantes majeures : la fraction minérale, la matière organique, l'eau et l'air **(Bernoux et *al*, 2013)**. La matière organique du sol regroupe l'ensemble des composés d'origine biologique à différents stades de décomposition, incluant les résidus végétaux et animaux de petite taille (inférieure à 2 mm) ainsi que les organismes vivants du sol. Elle est principalement constituée d'éléments essentiels à la nutrition des plantes, notamment le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O) et l'azote (N). À ces éléments s'ajoutent des éléments minéraux secondaires tels que le soufre (S), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg), ainsi que divers oligoéléments indispensables en faibles quantités. Au cours de son évolution, la matière organique subit une série de transformations biologiques et chimiques dans le sol, allant de la décomposition des résidus frais jusqu'à la formation de composés plus stables. En général, la teneur en matière organique des sols varie entre 0,5 % et 10 % de la masse totale du sol, en fonction du type de sol et de la profondeur **(Musadji, 2013).** Par ailleurs, la matière organique peut également provenir d'apports exogènes, c'est-à-dire extérieurs à la parcelle, tels que les fumiers ou les composts. Ces apports s'accumulent principalement dans les horizons de surface, où ils peuvent se distinguer du reste du sol par leur richesse en carbone.

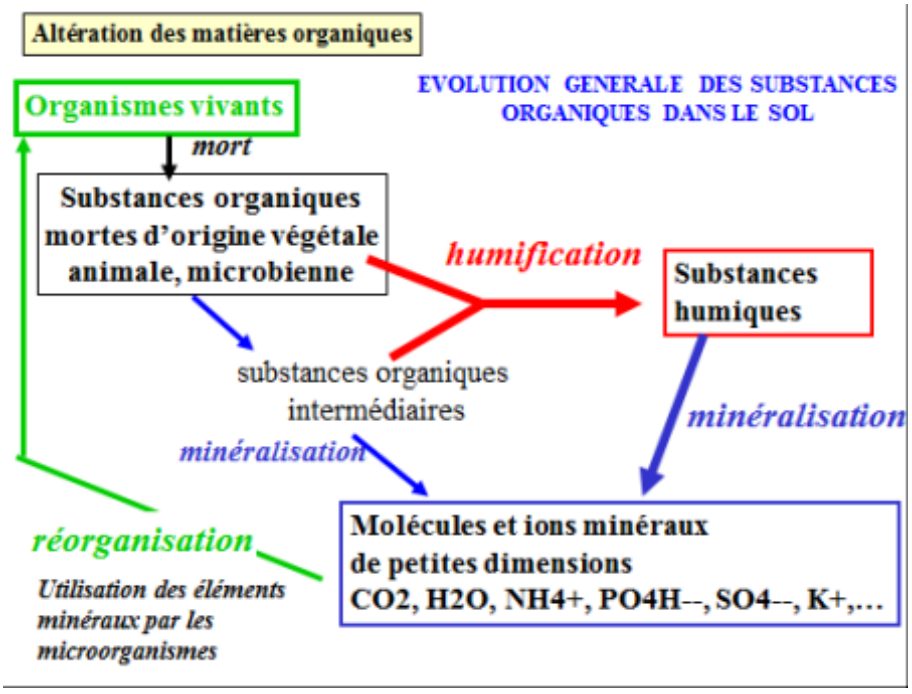


Figure 6 : Schéma d'évolution de la matière organique dans le sol Source : Musadji, 2013

7.1/Impacts agronomiques et environnementaux de la matière organique du sol (MOS):

Les matières organiques du sol (MOS) constituent un élément clé du fonctionnement des agroécosystèmes, en influençant à la fois la fertilité des sols et leur durabilité. L'augmentation des stocks de carbone organique peut entraîner des effets agronomiques et environnementaux significatifs, liés à l'enrichissement en MOS ainsi qu'aux pratiques culturales mises en œuvre. Dans l'ensemble, l'apport de matières organiques est reconnu pour ses effets globalement positifs sur les propriétés du sol **(INRAE, 2002 ; FAO, 2017).**

7.1.1/ Effets sur les propriétés chimiques des sols

Les matières organiques améliorent la fertilité chimique des sols en augmentant leur capacité à retenir et échanger les éléments nutritifs. Elles contribuent notamment à la capacité d'échange cationique (CEC), qui peut atteindre environ 150 à 300 cmol(+)/kg de carbone organique **(INRAE, 2002)**. Une augmentation de 1 à 2 % de carbone organique peut ainsi entraîner une hausse significative de la CEC, en particulier dans les sols limoneux et sableux.

En outre, les amendements organiques améliorent la disponibilité de certains éléments comme le fer, en facilitant sa solubilisation et sa chélation, ce qui favorise son absorption par les plantes **(Ganry et *al*, 2010).**

7.1.2/ Effets sur les propriétés physiques des sols :

Les MOS exercent une influence majeure sur les propriétés physiques du sol. L'augmentation de la teneur en carbone organique améliore la structure du sol, augmente la porosité et réduit la densité apparente **(INRAE, 2002)**. Par exemple, une augmentation de 1 à 2 % de carbone peut entraîner une diminution d'environ 0,08 Mg/m^3 de la densité apparente dans les sols limoneux.

Par ailleurs, les MOS améliorent la capacité de rétention en eau. Selon **Kay et al, (1997)**, une augmentation du carbone organique peut accroître la réserve utile en eau de 18 % dans les sols limoneux et jusqu'à 30 % dans les sols sableux. Elles renforcent également la stabilité structurale, augmentant la résistance du sol à la compaction et à l'érosion.

7.1.3/Fourniture d'éléments minéraux par minéralisation :

La matière organique constitue une réserve essentielle d'éléments nutritifs. Sous l'action des microorganismes, elle subit un processus de minéralisation qui libère progressivement des éléments minéraux tels que l'azote (N), le phosphore (P), le soufre (S) et le potassium (K). L'intensité de ce processus dépend des conditions climatiques, de la qualité de la matière organique et de son rapport C/N **(Brady et a*l* , 2016).**

Les amendements organiques exogènes, comme les composts, représentent ainsi une source importante de nutriments, mais peuvent également conduire à des pertes sous forme de nitrates ou de phosphates en cas de mauvaise gestion **(FAO, 2017)**.

7.1.4/ Effets sur la biodiversité et l'activité biologique :

Les sols abritent une biodiversité très riche, composée de microorganismes et de macrofaune (vers de terre, arthropodes), qui assurent des fonctions essentielles telles que la décomposition de la matière organique, la structuration du sol et la fixation de l'azote. La majorité de ces organismes étant hétérotrophes, leur activité dépend directement de la disponibilité en matière organique. Ainsi, une augmentation du stock de carbone organique favorise le développement de la biomasse microbienne et de la biodiversité du sol, améliorant le fonctionnement global des agroécosystèmes **(FAO, 2017 ; Pellerin et *al*., 2019).**

Chapitre II

Etude du milieu naturel

1/ Présentation de la wilaya :

1.1/ La situation géographique :

- La Mer Méditerranée au Nord ;
- Les wilayas de Constantine et Guelma au Sud ;
- La wilaya de Jijel à l'Ouest ;
- La wilaya d'Annaba à l'Est.

Du point de vue administratif, la wilaya de Skikda se subdivise en 13 daïras, totalisant 38 communes.

1.2/ La population : selon le RGPH 2008, est de 898.679 habitants, soit une densité de 2.2 habitant/ha.

· La population urbaine : 722.244 habitants.

· La population rurale : 176.435 habitants

1.3- La superficie : selon (l'IFN 2008)

La superficie totale est de 413641 ha, répartie en :

· Terres forestières (forêts, et maquis) qui couvrent 222 837 ha soit 54 % de la superficie totale de la wilaya.

· Terres à cultures (Cultures et cultures associées aux parcours) occupent 169 117 Ha soit environ 41 %.

· Les terres improductives avec 16226 Ha soit 4%. Sont composées des terres incultes et les zones urbanisées.

· Les parcours (hors terres à cultures) qui occupent une superficie de 5461 Ha soit 1% de la superficie totale de la wilaya.

1.4- Le relief :

Le territoire de la wilaya de Skikda se répartie en deux ensembles orographiques orientés Est-Ouest se succédant du Nord au Sud de la façon suivante :

- Les kabylies de Collo et de l'Edough formant une bande littorale de massifs anciens discontinus, décroissants d'Ouest en Est.

Les chaînes de Constantine, moins accidentées et plus régulières.

La wilaya de SKIKDA est composée de onze zones homogènes :

- La presqu'île de Collo.
- Vallée de l'oued Guebli
- Vallée de l'oued el Rhezal
- Monts de Stora Tamalous et Ain Kechera
- Vallée de l'oued Safsaf
- Piedmonts Djebel Sidi Driss.
- Monts de Constantine
- Dépression de Azzaba
- Collines cotieres de Skikda
- Plaine de Guerbas
- Plaine de Annaba-Skikda

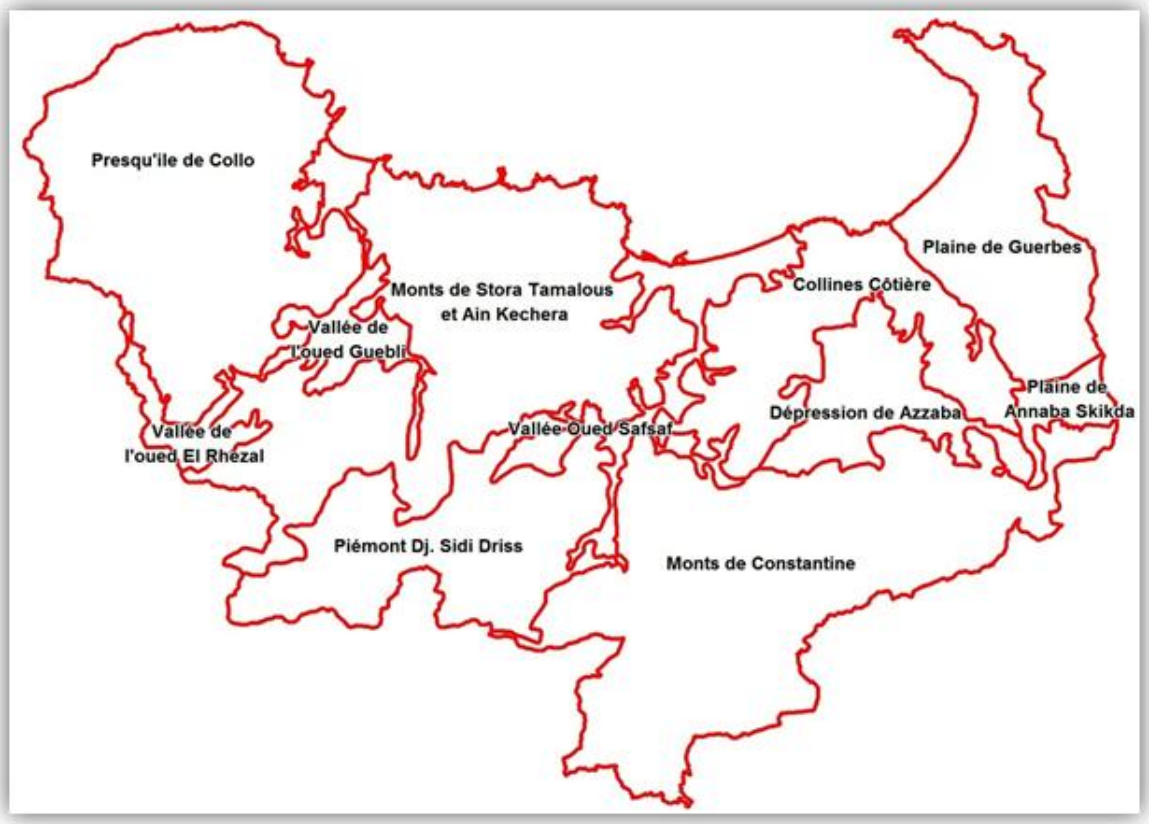


Figure 07 : Carte des zones homogènes de la wilaya de Skikda. (DSA,2018)

1.5- Le climat :

Selon le Climagramme d'Emberger, le climat de la wilaya se situe dans l'étage sub humide à hiver chaud.

· Il n'y a pas de gelées.

· La pluviométrie moyenne est de 746.9mm/an,

· Les températures des moyennes des maxima et minima sont respectivement de 26.4°C et 8.8°C avec une moyenne annuelle de 17.6°C.

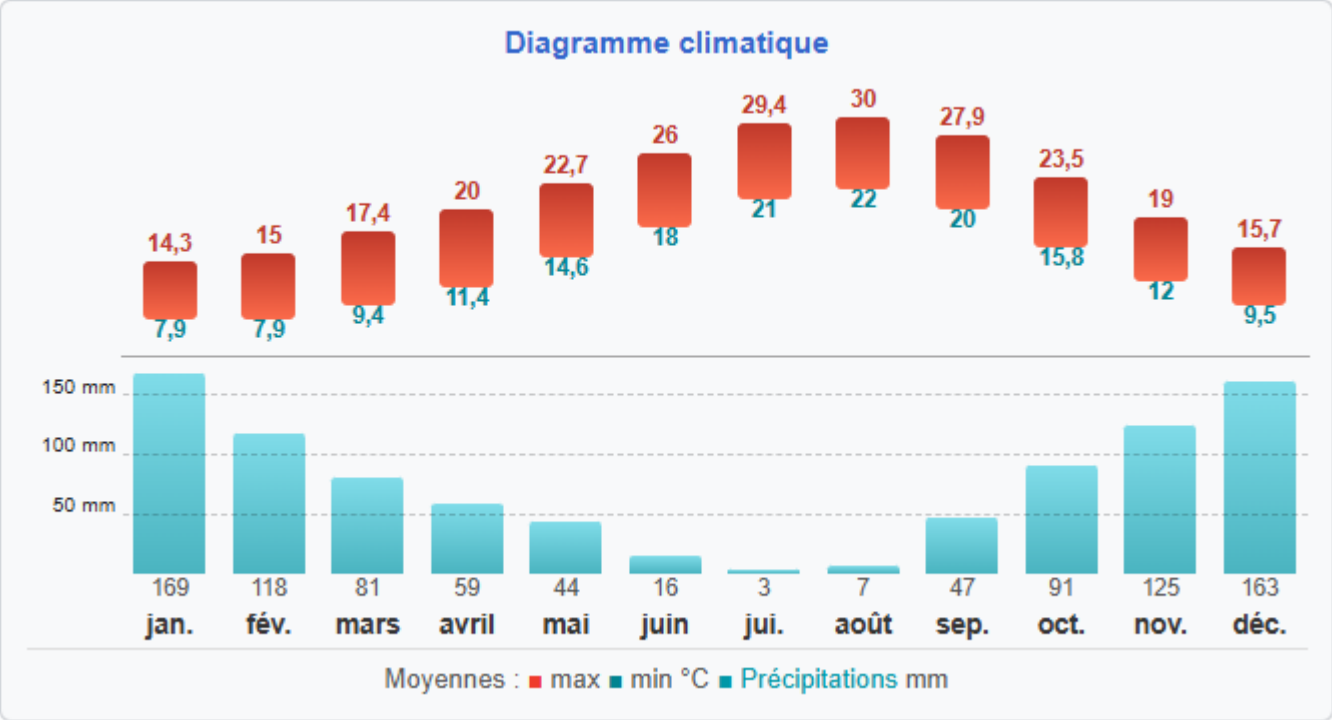


Figure 08 : Diagramme climatique de la station de Collo (Climate-Data.org).

2- Présentation de la carte d'occupation du sol :

Le projet « carte d'occupation du sol » fournit une information géographique relative à l'occupation du sol à l'instant T, utilisable par l'INSID, la direction des services agricoles de chaque wilaya et du ministère de l'agriculture et du développement rural. Pour cela, cette information est homogène, comparable sur le territoire de la zone d'étude et susceptible d'être mise à jour.

L'élaboration de la carte d'occupation du sol repose sur un travail de bureau qui consiste-en un traitement des images satellitaires, d'une part, et des vérifications de terrain, d'autre part.

La carte de l'occupation du sol est basée sur les éléments, ci-après :

· L'échelle cartographique et le niveau de perception de l'information

· La définition de l'unité spatiale et de l'unité (entité) cartographique

· La légende de l'occupation du sol

· Le Choix des images satellitaires.

2.1- Choix de l'échelle :

La carte de l'occupation du sol, telle que définie au niveau du cahier des prescriptions techniques, est à l'échelle de 1/50 000° avec un niveau de représentativité cartographique de 6,25 ha.

En raison de la nature et du contraste des zones agricoles ainsi que l'occupation homogène de l'espace environnant, ces zones ont été cartographiées à une échelle de 1/25 000°avec une précision inférieure à 6,25 ha.

Cette contrainte doit être considérée comme une limite pour l'appréciation et l'utilisation de la carte de l'occupation des sols, afin de tracer les conditions d'utilisation de ce support à tous les niveaux d'intervention. _

2.2/ La légende de la carte :

La légende proposée dans le cadre de ce projet, est issue de l'atelier technique organise par l'INSID le 25-03-2009 ayant regroupé l'ensemble des instituts techniques, des directions du ministère de l'agriculture et des experts nationaux. Cette légende regroupe 10 classes à savoir :

- Infrastructures (ouvrages hydrauliques, servitudes, espaces bâtis et autres…)
- Forêts et maquis et reboisement
- Parcours
- Grande culture en sec
- Grande culture en irrigué
- Maraîchage
- Arboriculture
- Viticulture
- Oléiculture
- Palmeraies

Pour adapter cette légende, issue de l'atelier technique, au contexte du projet, nous avons défini la structure de chaque classe de cette légende et précisé son contenu. Après examen des images satellitaires, des sorties sur terrain et discussions avec les responsables agricoles au

niveau des DSA et en accord avec l'INSID, il a été décidé de rajouter 3 classes a cette légende, à savoir :

· Polyculture

· Sable

· Sols nus.

La nouvelle légende obtenue est jugée acceptable car elle permet :

· De cartographier l'ensemble du territoire de la zone d'étude

· De différencier les classes entre elles (enlever les ambigüités et les termes vagues).

Cette légende est hiérarchisée à trois niveaux, qui sont :

- Le premier niveau correspond aux catégories liées à l'occupation agricole
- Le deuxième niveau correspond aux forêts, parcours et les sols nus
- Le troisième niveau correspond à toutes les infrastructures.

2.3- Description des classes d'occupation du sol :

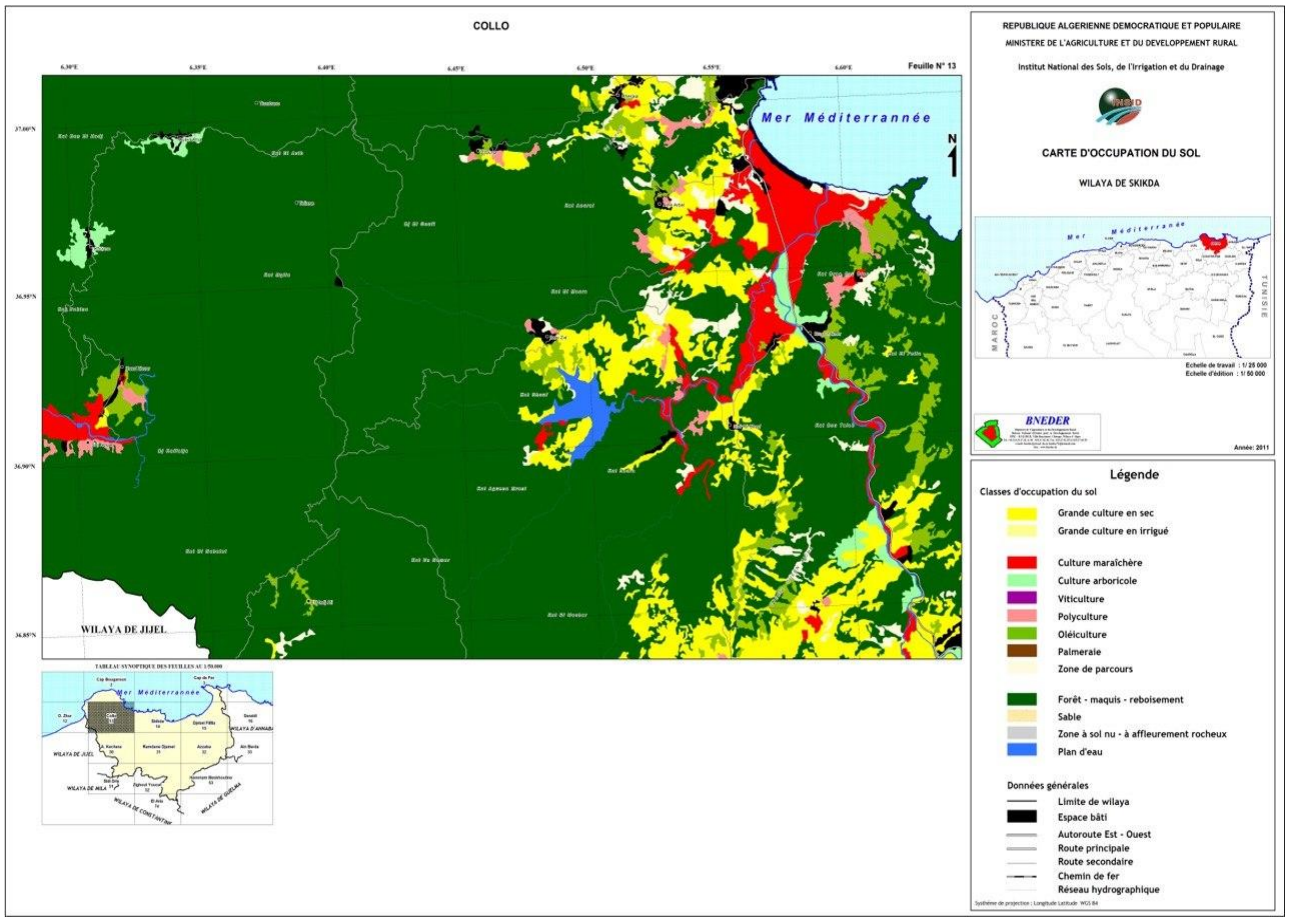


Figure 09 :Carte d'occupation du sol de la wilaya de Skikda (DSA)

Les classes d'occupation du sol sont décrites ci-dessous, avec le code couleur utilisé pour représenter chaque classe est indiquée à côté du nom de celle-ci.

Cette légende regroupe 13 classes décrites ci-dessous :

Grande culture en sec:

Cette classe concerne les céréales (blé dur, blé tendre, orge, cultures fourragères sous toutes ses formes) les cultures industrielles, les légumes secs etc…

Grande culture en irrigué

Cette classe concerne les céréales (blé dur, blé tendre, cultures fourragères sous toutes ses formes) les cultures industrielles, les légumes secs etc… Ces cultures sont irriguées en permanence ou périodiquement.

Culture maraîchère

Sous cette appellation sont regroupées les cultures légumières de pleins champs ou sous serre.

Culture arboricole

Cette classe concerne les parcelles occupées par des arbres ou d'arbustes fruitiers.

Viticulture

Ce sont des surfaces occupées par de la vigne.

Polyculture

C'est la représentation graphique d'un espace occupé par différentes cultures sur un ensemble de parcelles de petites tailles.

Oléiculture

Il s'agit de parcelles d'oliviers avec une densité de plantation supérieure à 35 arbres à l'hectare.

Palmeraie Il s'agit de plantations de palmiers (en oasis traditionnelles et/ou en exploitations modernes) sans distinguer les cultures en soubassement.

Zone de parcours

Cette classe comprend tous les parcours steppiques et Sahariens. Les défrichements sont associés à cette classe.

Forêt – maquis - reboisement

Dans cette classe il est regroupé :

· Les forêts : formations végétales principalement constituées d'arbres, de buissons et d'arbustes.

· Les maquis : formations forestières basses et fermées ; composées principalement de buissons, d'arbustes et de plantes herbacées.

· Les reboisements ainsi que les zones touchées par des incendies récents.

Sable

Dans cette classe on retrouve le voile sableux, placage éolien sur versant exposé, dunes isolées ou regroupées tels que les cordons dunaires.

Zone à sol nu – à affleurements rocheux

Cette classe concerne les sols nus ou recouverts par une végétation herbacée ou autre avec un taux de recouvrement inférieur à 15%. Elle concerne aussi les regs, les éboulis, les falaises, les affleurements rocheux et les zones affectées par l'érosion intense.

Plan d'eau

Etendues d'eau, naturelles ou artificielles. Dans cette rubrique sont représentées également les surfaces d'eau des barrages, les retenues collinaires, les, Sebkhas, les Chotts et les Daïas.

3- Résultats statistiques issus de la carte de l'occupation du sol:

Les superficies de l'occupation du sol de la wilaya sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 01 : Les superficies de l'occupation du sol de la wilaya

Occupation	Superficie (ha)	Taux (%)
Agriculture	Agriculture	Agriculture
· Oléiculture	7348,53	1,77
· Culture arboricole	3974,33	0,96
· Polyculture	2309,9	0,56
· Culture maraichère	37954,77	9,16
· Grande culture en sec	89958,02	21,70
· Viticulture	262,31	0,06
Total occupation agricole	**141807,86**	**34,21**
Zone à sol nu - à affleurement rocheux	273,84	0,07
Zone de parcours	34889,51	8,42

Forêt - maquis - reboisement	225589,13	54,42
Sable	382,75	0,09
Plan d'eau	3148,27	0,76
Espace bâti	8434,72	2,03
Total occupation hors agricole	**272718,22**	**65,79**
Superficie totale	**414526,08**	**100**

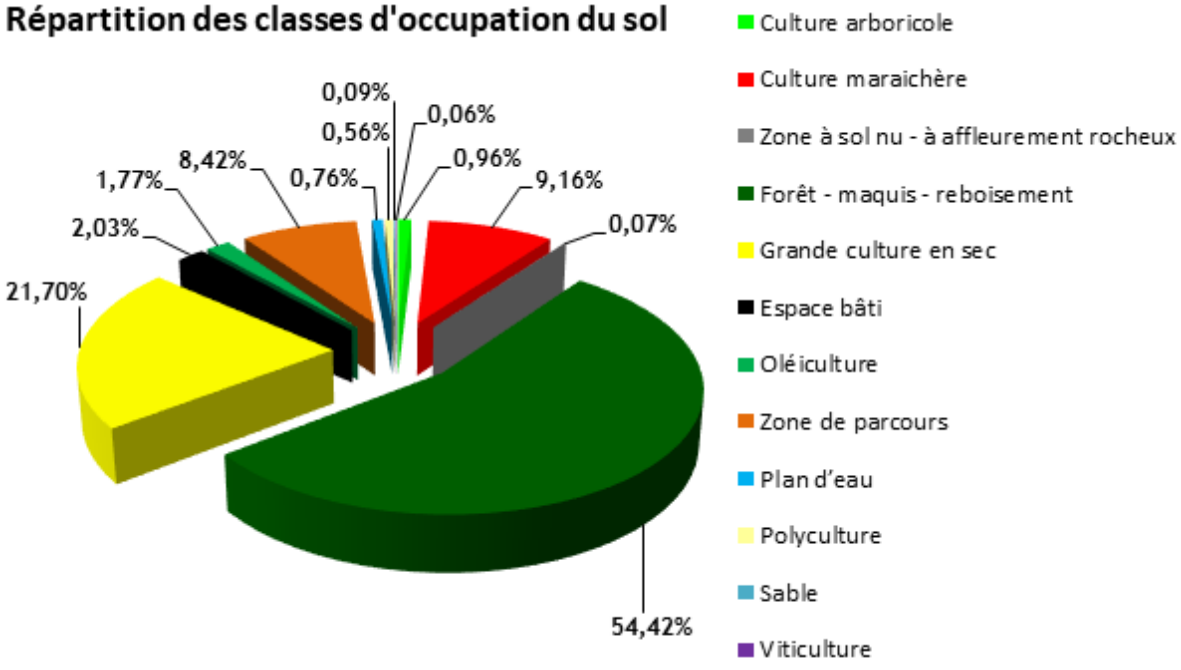


Figure 10 : Proportion des différentes classes d'occupation du sol dans la zone d'étude.

(Données ANAT / Traitement SIG)

Il est à signaler que les superficies tirées de l'occupation du sol sont issues de la cartographie des images satellitaires prises à un instant T.

3.1- Répartition de l'occupation du sol :

Les classes d'occupation du sol sont décrites selon la localisation (lieu-dit, communes, zones homogènes) et leurs superficies exprimées en hectares et en pourcentage.

La part de l'occupation agricole, (grandes cultures, maraîchage, arboriculture, oléiculture, viticulture, et polyculture…etc.), est de 141807,86 ha, elle n'occupe que le quart de l'espace total de la wilaya soit 34,21%.

3.1.1- Grande culture en sec :

Avec une surface totale de 89958,02 ha soit 21,7% les grandes cultures se répartis sur 03 grandes parties au niveau du territoire de la wilaya.

La partie essentielle des grandes cultures est située dans le centre de la wilaya. Elle est comprise entre les zones homogènes monts de Stora-Tamalous, et Ain Kechera entrecoupée de part et d'autre, et séparée par la vallée de l'oued Safsaf au centre et les piémonts de Djebel Sidi Driss au Sud-Est de la wilaya.

A l'Ouest de la wilaya précisément, dans la zone homogène de la vallée de l'oued Rhezel se situe la deuxième partie importante des terres céréalières et c'est au niveau des communes de Cheraia, Beni Zid, Tamalous, Bir el ouiden…etc.

La troisième partie des cultures céréalières avec des parcelles éparpillées et irrégulières, partant de la plaine de Guerbes situé à l'extrême Nord-Est jusqu'au Sud-Est de la wilaya sur la zone homogène des monts de Constantine. Elles sont entrecoupées par d'autres cultures, tel que le maraîchage, les zones de parcours, les maquis et forêts.

3.1.2- Culture maraîchère :

Les cultures maraîchères dans la wilaya de Skikda sont localisées essentiellement dans la partie orientale du territoire, au niveau de la plaine de Guerbes, et la dépression de Azzaba.

Les autres zones maraîchères sont situées dans les vallées des Oueds Rhezel et Guebli. On retrouve également une partie non négligeable au niveau Sud de la zone homogène des monts de Stora-Tamalous et Ain Kechera.

Leurs superficie est de 37954,77 ha soit 9,16% du total.

3.1.3- Culture arboricole:

Les plantations arboricoles dans la wilaya de Skikda sont plus concentrées d'abord dans la vallée de l'oued Safsaf au centre longeant le cours d'eau, ainsi que dans la dépression de Azzaba à l'Est.

Leurs surfaces totales est de 3974,29 ha soit 0,96%.

3.1.4- Viticulture :

Quelques carrés de vignes avec des tailles variables constituent l'essentiel du vignoble dans la wilaya de Skikda, leurs surface totale est de 262,31 ha soit 0,06%, ils sont situés dans les communes de Ain Zouit, Djnedel Saadi Mohamed, Ain Cherchar, Emdjez Edchich…etc.

3.1.5- Polyculture :

D'une surface de 2309,9 ha soit 0,56%, les polycultures essentiellement situés dans les communes de Ain Zouit, Skikda et Cheraia dans la zone homogène presqu'île de Collo. Quelques parcelles isolées et de tailles insignifiantes sont effectivement présentes dans l'ensemble de la wilaya.

3.1.6- Oléiculture :

L'oléiculture avec 7348,53 ha soit 1,77% est plus marquée dans le Centre-Ouest de la wilaya que dans la partie orientale. Toutefois quelques plantations irrégulières sont présentes au niveau des communes de Es sebt, Bekkouche lakhdar et ain cherchar qui sont situées à l'extrême Est de la wilaya.

3.1.7- Zone de parcours :

Les terres de parcours avec une superficie de 34889,51 ha soit 8,42% sont localisées dans la partie Sud de la wilaya particulièrement dans les zones homogènes « piémonts du Djebel Sidi Driss et monts de Constantine ».

D'autres surfaces de parcours éparpillées d'Est en Ouest et plus marquées dans la presqu'île de Collo à l'Euest et la plaine de Guerbes à l'Est.

3.1.8- Forêt - maquis - reboisement :

Les formations forestières dans la wilaya de Skikda occupent une place prédominante, sur l'ensemble des autres occupations. Leurs surface totale est de 225589,13 ha soit 54,42% de la surface totale de la wilaya.

Elles sont essentiellement concentrées dans les zones homogènes suivantes : presqu'île de Collo (Bougarouni, ouled Attya, Collo, Chrea, Benizid, Kanoua…etc. La zone homogène des monts de Stora-Tamalous et Ain Kechera (Ouldja, Boulebalout, Kerkera, Ain zouit, Bouchtata…etc. La zone homogène des hautes collines côtières de Skikda, la zone homogène « plaine de

Guerbes » (zone humide d'importance internationale). Et sur l'ensemble des monts de Constantine dans la partie Sud-Est de la wilaya.

3.1.9- Zone à sol nu – à affleurement rocheux :

Avec une superficie très négligeable (273,84 ha soit 0,07%), les quelques terres érodées sont situées à l'extrême Sud de la wilaya dans la zone homogène Djebel Sidi Driss dans les communes de Ain Bouziane, El Harrouche et Beni Oulbane

3.1.10- Plan d'eau :

Leur surface totale est de 3148,27 ha soit 0,76%.

Le réseau hydrographique de la wilaya de Skikda est composé de trois principaux cours d'eaux, à savoir l'oued Safsaf, l'Oued Rhezel et l'Oued Guebli.

Les ouvrages hydrauliques sont les barrages de Beni Zid, Oum Toub, Zerdasas et Zit el Mba (Bekkouche Lakhdar). Il existe quelques plans d'eaux destinés à l'irrigation (retenue collinaire, lac, étangs…etc.).

3.1.11- Espace bâti :

La présence du bâti touche l'ensemble du territoire de la wilaya et particulièrement les grands centres urbains tel que le chef-lieu de la wilaya et sa périphérie, les communes d'El Harrouche, Azzaba, Collo, Tamalous, Ramdane Djamel…etc. sont aussi des agglomérations assez importantes.

La surface occupée est de 8434,73 ha soit 2,03% du totale de la wilaya.

Vu les surfaces importantes occupées par le couvert forestier et maquis (54,42%), suivi par l'occupation agricole (34,21%), la wilaya de Skikda présente une typologie à caractère **sylvo-agricole**

4./CADRE DE LA ZONE D'ETUDE (Collo)

4.1/ la situation géographique de la zone d'étude:

La ville de Collo, située au nord-est de l'Algérie, s'étend entre les longitudes 6° et 7° Est et les latitudes 36° et 37° Nord. Elle appartient au massif de Collo, qui constitue une composante de l'Atlas Tellien oriental, et se trouve dans la partie occidentale de la wilaya de Skikda.

Le territoire communal de Collo est délimité au nord par la mer Méditerranée, avec une façade maritime d'environ 8,7 km, à l'est par la commune de Kerkera (daïra de Tamalous), au sud par la commune de Beni Zid, et à l'ouest par celle de Cheraia. Avec une population estimée à 30 546 habitants en 2017 et une superficie de 8,5 km², Collo est considérée comme une ville à taille humaine (Direction de la programmation et des statistiques, 2015).

Sur le plan morphologique, la ville s'établit sur un replat de vallon en forme de cuvette inclinée vers la mer Méditerranée. Ce replat est traversé du sud-ouest vers le nord-est par l'oued Syel, qui se jette dans la baie des Jeunes Filles, caractérisée par une plage de sable fin.

Par ailleurs, Collo s'adosse aux reliefs du Jebel Sidi Achour et du mont Dambo à l'ouest, ainsi qu'aux hauteurs de Koudiat El Metair et Dharksair au sud. Elle se prolonge également vers l'est par la presqu'île d'El Djarda, d'environ 3 km de circonférence, où se situe un petit port à l'entrée de la ville, s'étendant de la mosquée jusqu'au phare **(Parres, 1933)**. (Fig11)

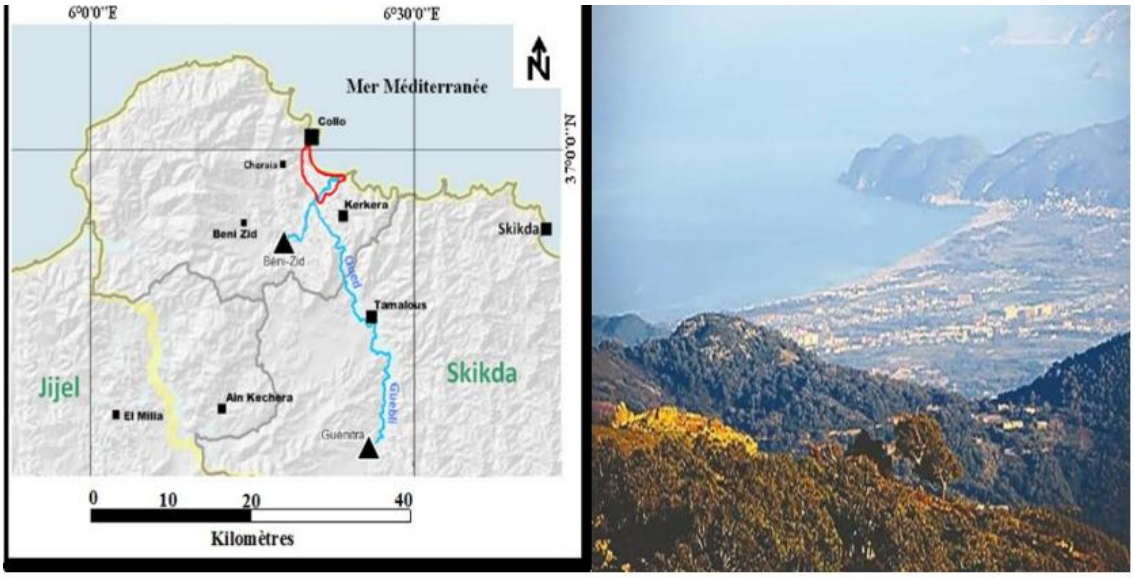


Figure 11 : Situation géographique de la zone d'étude.

4.2/La topographie de Collo se caractérise par une différenciation nette des pentes selon les unités morphologiques. Les zones basses, correspondant au replat urbanisé, présentent des pentes faibles comprises entre 0 % et 5 %, tandis que les versants et les collines de la partie haute affichent des pentes plus marquées, variant entre 5 % et 18 %. L'altitude moyenne des lignes de crête avoisine 150 m, avec un point culminant atteignant 314 m au niveau du Djebel Sidi Achour **(ANAT, 2011 ; URBACO, 2014).**

Grâce à sa situation littorale, la ville bénéficie fortement des influences maritimes, qui se traduisent par des conditions bioclimatiques favorables, notamment un ensoleillement

important, des hivers doux et des températures modérées sous l'effet de la mer, combinées à la fraîcheur des reliefs environnants. Cette configuration naturelle, associée à son rôle historique de port de pêche et de centre d'échanges, a permis le développement d'une économie diversifiée reposant sur le tourisme, la pêche, l'artisanat et les **services (DPAT, 2015 ; Parres, 1933)**.

Par ailleurs, la taille relativement réduite de la ville favorise une forte proximité spatiale, institutionnelle et organisationnelle. Cette proximité encourage des interactions sociales intenses et contribue à la création d'un environnement relationnel propice à l'émergence de dynamiques locales et de formes de solidarité, qu'elles soient directes ou indirectes **(Pecqueur, 2000).**

Située à l'interface de plusieurs milieux, Collo constitue un espace de transition entre le rural et l'urbain, mais aussi entre la mer, la montagne et les espaces naturels. Cette multiplicité d'interfaces (ville/mer, ville/nature, ville/montagne) offre un potentiel important pour le développement de nouvelles formes d'organisation spatiale et d'échanges socio-économiques.

4.3/ La situation administrative de la zone d'étude :

La zone d'étude s'inscrit dans le territoire administratif de la wilaya de Skikda, localisée dans le nord-est algérien. Elle se situe à environ 75 km à l'ouest du chef-lieu de wilaya, Skikda, et à près de 400 km à l'est de Alger**.(DPAT, 2015)**

Cette zone couvre un ensemble territorial stratégique occupant l'extrême nord-ouest de la wilaya, et s'étend sur huit communes : Collo, Beni Zid, Cheraia, Zitouna, Kanoua, Ouled Attia, Khenak Mayoune et Oued Zhor. Cet espace présente une cohérence territoriale marquée, notamment par sa continuité géographique et ses caractéristiques naturelles homogènes**.(ANAT, 2011)**

Sur le plan organisationnel, ces huit communes sont réparties entre trois daïras, conformément au découpage administratif en vigueur en Algérie :

- **Daïra de Collo** : regroupant les communes de Collo, Beni Zid et Cheraïa **(DPAT, 2015)**
- **Daïra de Zitouna** : comprenant Zitouna et Kanoua (**ONS, 2017**)
- **Daïra d'Ouled Attia** : englobant Ouled Attia, Khenak Mayoune et Oued Zhor**.(Ministère de l'Intérieur, 2019)**

Cette structuration administrative traduit une organisation territoriale hiérarchisée visant à assurer une gestion efficace des espaces locaux, tout en favorisant la coordination entre les

différentes collectivités. Elle reflète également l'importance fonctionnelle de cette partie de la wilaya, caractérisée par une articulation entre espaces ruraux, zones montagneuses et façade littorale. (**DPAT, 2015)**

Dans la région de Collo, les roches ultramafiques sont représentées essentiellement par des péridotites (lherzolites et harzburgites), considérées comme des reliques du manteau supérieur. Leur présence témoigne d'un contexte géodynamique complexe lié aux processus de subduction et à l'évolution des Maghrébides **(Oberhänsliet *al*, 2013 ; Bosch et *al*., 2014).**

4.4/ La géologie :

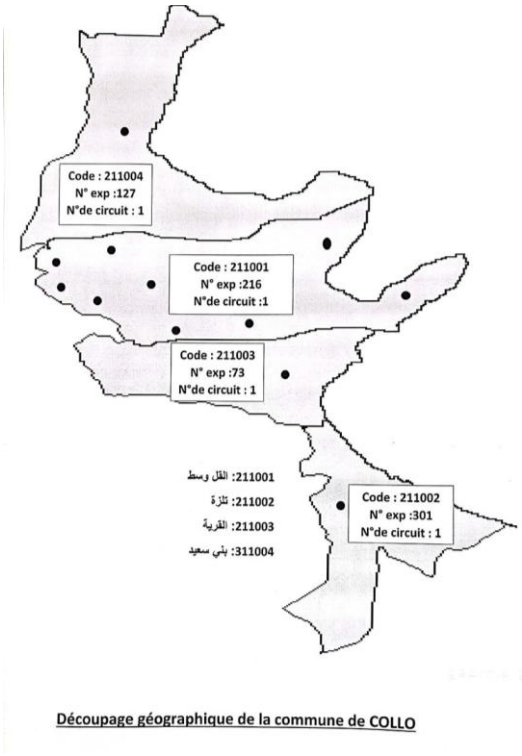


Figure 12: carte géologique de la commune de COLLO

Le massif de Collo se caractérise par une structure géologique complexe dominée par des formations cristallines d'origine magmatique et métamorphique. Ces formations sont localement recouvertes par des dépôts sédimentaires, notamment des marnes et des grès numidiens, ainsi que par des formations superficielles récentes constituées de colluvions et d'alluvions observables dans les vallées **(Durand et *al*, 1969).**

Sur le plan lithologique, l'organisation géologique du massif peut être décrite comme suit :

- **Au nord**, affleure un massif granitique important, accompagné localement d'îlots de gneiss et de roches ultramafiques telles que les serpentinites, notamment vers le nord-est. Cette répartition géologique coïncide en partie avec la distribution de certaines formations végétales, comme le pin maritime, traduisant l'influence du substrat sur la couverture biologique **(Bouillin, 1977 ; Vila, 1980).**
- **Au centre**, une large bande est occupée par les formations de la série numidienne, constituées essentiellement de grès quartzitiques et d'argiles schisteuses. Cette série, d'âge tertiaire, est caractéristique des zones internes des Maghrébides et témoigne d'un environnement de sédimentation profond associé à la dynamique tectonique alpine **(Durand et *al*, 1969 ; Caby et *al*, 1992).**
- **Au sud**, dominent des schistes cristallins qui enveloppent le massif granitique des Beni Toufout. Ces formations métamorphiques traduisent une évolution tectono-métamorphique complexe liée aux phases orogéniques alpines **(Vila, 1980).**

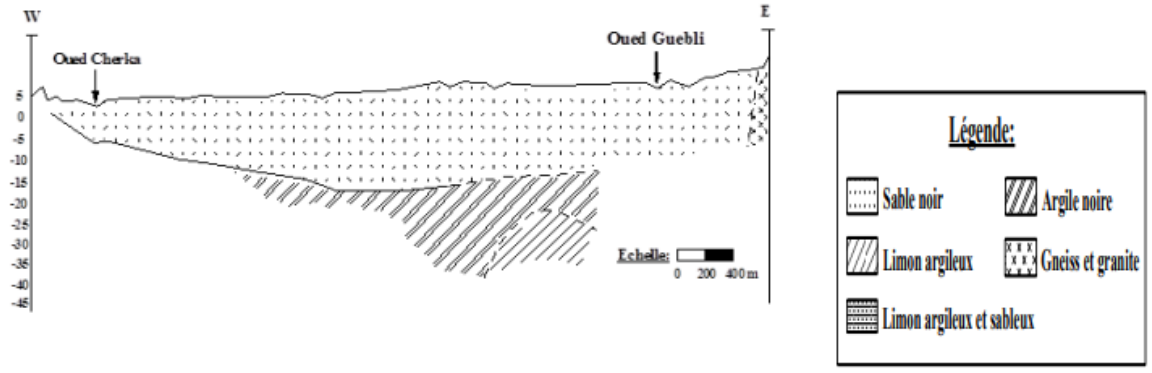


Figure 13: Coupe géologique à travers la plaine de Collo (In Cherifa Belkartous & Sara Kezzar, 2016)

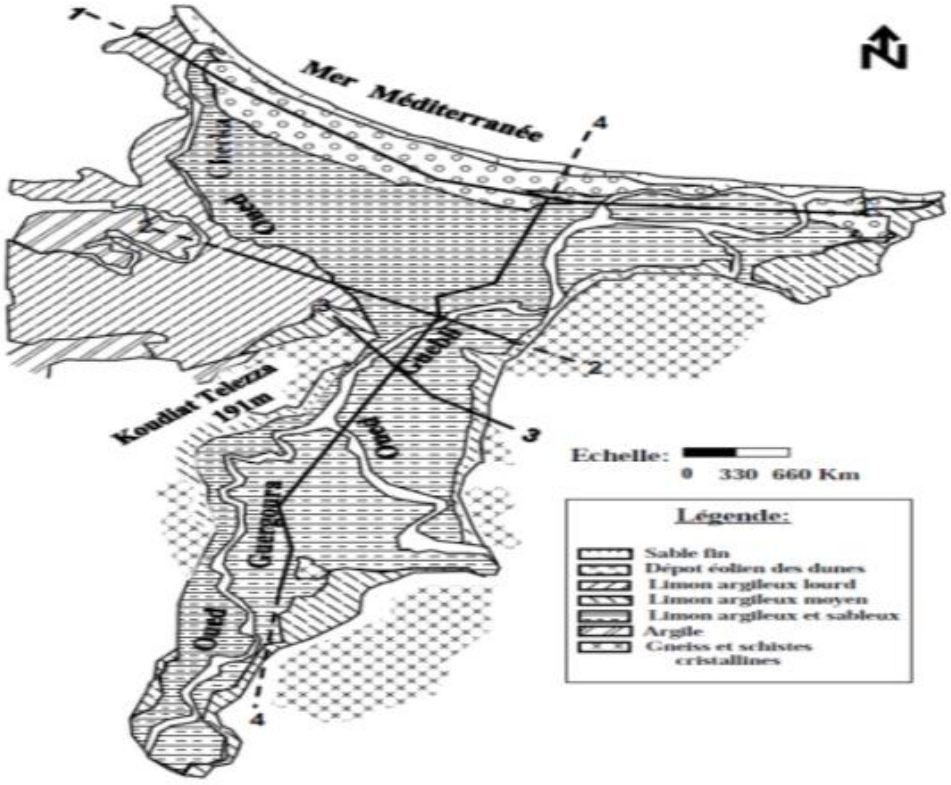


Figure 14: Cadre géologique de la plaine de Collo

4.5/ Fonctionnement hydrologique et dynamique de dégradation des eaux souterraine :

4.5.1/Évolution de la minéralisation des eaux souterraines :

Initialement, les eaux souterraines de la nappe de Télezza présentaient une bonne qualité physico-chimique. La carte des conductivités électriques établie par l'A.N.R.H. en 1974 indique des valeurs comprises entre 300 et 1400 µS/cm. Les zones correspondant à l'agglomération d'Ouled Mazzouz ainsi qu'à la partie sud d'Oued Cherka affichaient des valeurs relativement élevées, variant entre 800 et 1400 µS/cm. Des valeurs similaires ont également été observées dans la zone de captage située au nord-est de Koudiat Télezza, notamment au niveau de l'oued Guebli.

Dans ce secteur, la minéralisation relativement importante est attribuée à l'influence des eaux souterraines issues de la nappe d'inféro-flux de l'oued Guebli amont. En revanche, dans la région d'Ouled Mazzouz, les valeurs élevées de conductivité apparaissaient localisées au niveau de l'agglomération urbaine, entourées au nord et au sud par des zones caractérisées par des conductivités plus faibles. À cette époque, aucun indice ne permettait de suspecter une intrusion marine dans cette zone.

Cependant, les données plus récentes, notamment la carte établie en 2003, mettent en évidence une évolution significative de la minéralisation des eaux souterraines. En effet, plusieurs forages qui présentaient des conductivités inférieures à 1100 µS/cm en 1974 affichent désormais des valeurs dépassant 3000 µS/cm. Cette dégradation de la qualité des eaux a conduit à l'arrêt de certains forages destinés à l'alimentation en eau potable (A.E.P.).

Cette augmentation notable de la minéralisation s'explique principalement par l'intrusion d'eaux marines, ainsi que par le phénomène de remontée de l'interface eau douce–eau salée (upconing), induit par les pompages intensifs. L'intrusion marine survient lorsque la salinité de l'eau de mer est supérieure à celle des eaux souterraines. En conditions naturelles, l'écoulement des eaux souterraines se fait vers la mer, limitant ainsi la progression de l'eau salée en profondeur. Une zone de transition se forme alors entre les eaux douces et salées, souvent assimilée à une interface relativement nette.

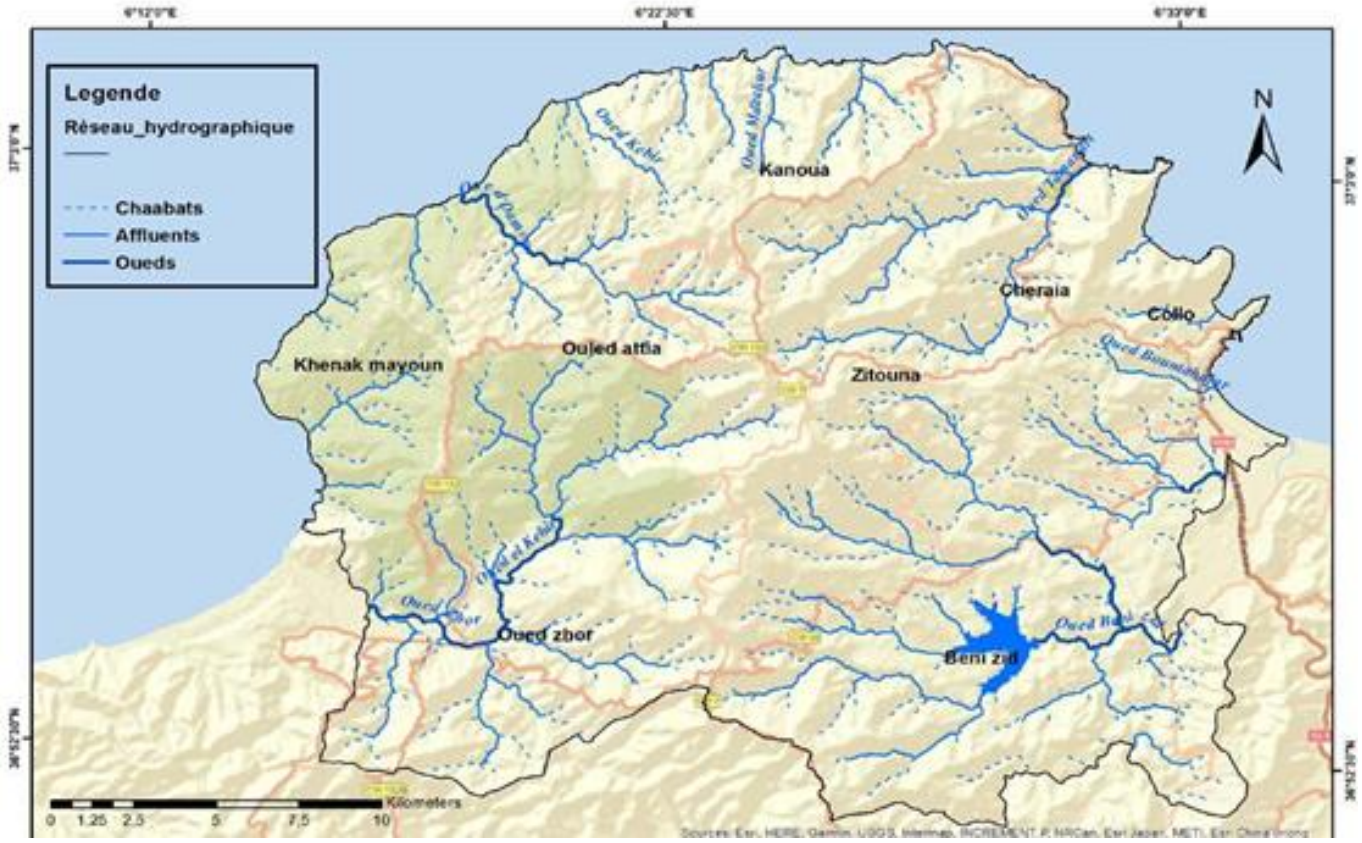


Figure 15 : Carte de réseau hydrographique. (Rais.H 2020)

Toutefois, l'exploitation excessive des nappes, notamment à proximité du littoral, entraîne un abaissement du niveau piézométrique, favorisant l'avancée du biseau salé vers l'intérieur des terres. Par ailleurs, la présence d'eaux salées marines fossiles, héritées des transgressions

marines quaternaires, a été mise en évidence au fond des paléochenaux grâce aux études géophysiques réalisées par **la C.C.G., (1996)**

Ainsi, même des forages situés à distance du littoral peuvent être affectés par des remontées d'eau salée sous forme de cônes ascendants, pouvant atteindre le fond des ouvrages en cas de pompage excessif **(Motz et *al,* 1992)**

4.6/ Climat de la région

La région de Collo se caractérise par un climat méditerranéen humide à subhumide, marqué par des précipitations annuelles relativement élevées, oscillant généralement entre 800 et 1200 mm/an. Ce régime pluviométrique constitue un facteur déterminant dans la disponibilité des ressources hydriques, tant superficielles que souterraines, conférant à la région un potentiel hydrique relativement important **(ANAT, 2011 ; ONM, 2018).**

Cette abondance en eau favorise le développement d'un couvert forestier dense, présentant une grande valeur écologique et économique. Ce couvert se distingue par une richesse floristique et faunistique remarquable, ainsi que par un potentiel important en ressources ligneuses **(DPAT, 2015).**

Par ailleurs, l'organisation du relief, caractérisée par des versants orientés parallèlement au littoral méditerranéen et perpendiculaires aux vents dominants du nord-ouest, permet au massif de bénéficier d'un régime éolien relativement important, contribuant à la dynamique climatique locale **(ANAT, 2011).**

En outre, la région dispose de ressources minières variées, notamment des gisements de fer, de cuivre, de plomb, de zinc ainsi que des indices de mercure et d'antimoine. Toutefois, ces gisements restent généralement de faible extension et dispersés spatialement, ce qui limite leur rentabilité économique dans les conditions actuelles **d'exploitation (Cherrad, 1997 ; Cherrad et *al,* 2004).** À ce jour, ces ressources demeurent peu exploitées en raison de l'absence de travaux approfondis et

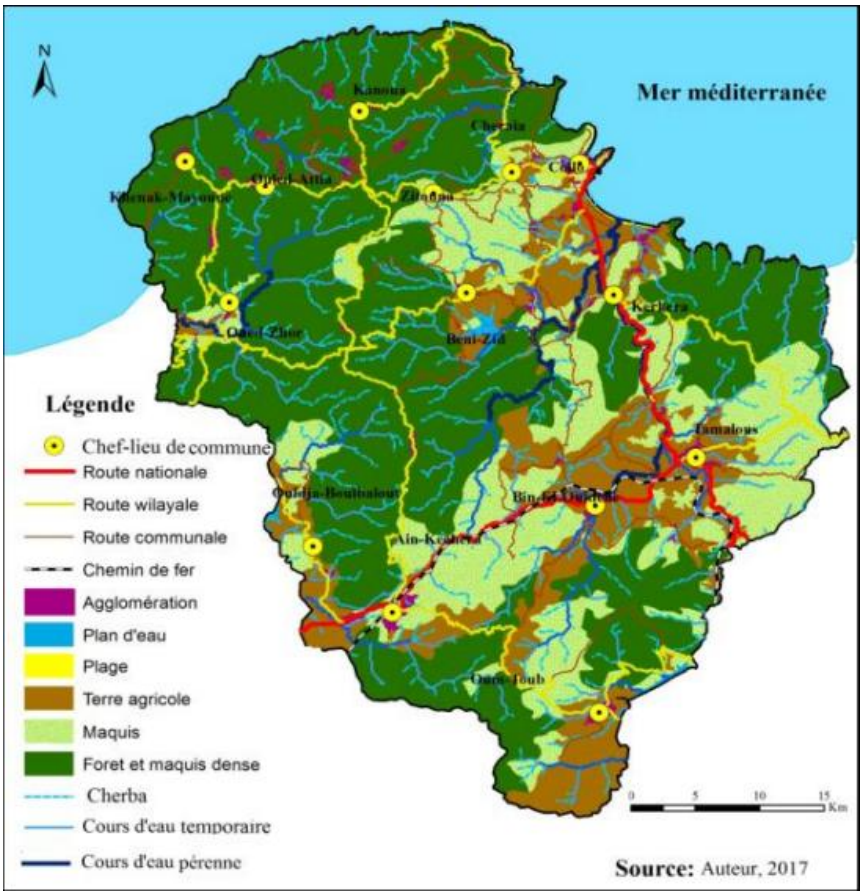


Figure 16 : Carte ,Le massif de Collo ; un gisement des ressources

4.6.1/Températures :

La température moyenne annuelle varie entre 14,45 °C à Aïn El Ksar et 17,95 °C à Collo, variation principalement liée à l'altitude, suivant un gradient thermique moyen d'environ 0,5 °C/100 m (**Colliotte et *al,* 2010)**. L'amplitude thermique annuelle reste faible, ce qui est caractéristique des régions côtières soumises à l'influence modératrice de la mer (Peel et al., 2007).

Le mois le plus chaud est août, tandis que janvier est le plus froid. Les saisons sont bien différenciées, avec une saison froide de décembre à mars et une saison chaude de juin à septembre **(Colliotte et al, 2010).**

4.6.2/ températures extrêmes :

Constituent un facteur déterminant dans la répartition des espèces végétales, en raison des phénomènes de dessiccation et de gel **(Ozenda, 1982).**

- Températures minimales moyennes du mois le plus froid :

Collo (6,6 °C), Aïn El Ksar (2,9 °C), El Milia (6,1 °C)

- Températures maximales moyennes du mois le plus chaud :

  Collo (32,5 °C), Aïn El Ksar (28,8 °C), El Milia (34,8 °C)

- Températures extrêmes absolues :

  Collo (-3,2 °C à 49 °C), Aïn El Ksar (-6,2 °C à 40 °C), El Milia (-2,3 °C à 47,4 °C)

Ces valeurs restent exceptionnelles et de courte durée, leur impact étant limité par la durée d'exposition, facteur déterminant en écologie **(Ozenda, 1982).**

4.6.3/Précipitations :

Les précipitations constituent le facteur climatique essentiel conditionnant le développement de la végétation **(Emberger, 1955).**

- Collo : 1002 mm/an (91 jours de pluie)
- El Milia : 1114 mm/an
- Aïn El Ksar : 1595 mm/an
- Zitouna : 1773 mm/an

(ONM, 2018)

La région figure parmi les zones les plus arrosées d'Algérie (ANAT, 2011). Toutefois, les pluies sont souvent intenses, favorisant le ruissellement au détriment de l'infiltration

4.6.4/Répartition saisonnière :

- hiver : 45–50 %
- automne : 25–30 %
- printemps : 20–25 %
- été : 2–5 %

(Emberger, 1955)

Ce régime correspond à un climat méditerranéen humide **(Peel et al., 2007 ; ANAT, 2011).**

4.6.5/Influence sur la végétation :

L'abondance des précipitations, combinée à une faible amplitude thermique, favorise le développement d'un couvert forestier dense **(Vila, 1980).** Cependant, cette humidité peut entraîner une concurrence entre espèces, notamment au détriment du chêne-liège au profit d'espèces plus hydrophiles comme le pin maritime et le chêne zéen (Ozenda, 1982).

Une variation climatique est observée du nord vers le sud, avec une tendance plus sèche influencée par le relief montagneux et l'effet continental **(ANAT, 2011).**

4.6.6/ Les vents :

Les vents dominants sont d'Ouest et d'Est, généralement humides, avec une prédominance des vents d'Ouest en hiver **(ONM, 2018).**

Le sirocco, vent chaud et sec du sud-ouest, souffle principalement au printemps et en été et peut provoquer des stress hydriques importants pour la végétation **(Ozenda, 1982).**

Les brises marines estivales atténuent les températures et contribuent à la régulation climatique locale **(Barry et *al*, 2010).**

Chapitre III

Méthodologie de travail

1/Choix et description des profils pédologiques

La zone d'étude est située **au massif de Collo : Talezza, Laazilet, Bin el ouiden (Nord-Est de l'Algérie)**. Cette région se caractérise par un climat méditerranéen, avec des précipitations relativement importantes et une végétation naturelle dominée par le maquis et les formations forestières.

Dans le cadre de cette étude, **six profils pédologiques** ont été ouverts et décrits afin de représenter la variabilité spatiale des sols de la zone. Le choix des profils a été réalisé en tenant compte de plusieurs critères, notamment la topographie, l'occupation du sol et la nature du couvert végétal.

Chaque profil a fait l'objet d'une description morphologique détaillée selon les recommandations de la FAO (2006), incluant :

- la couleur (échelle de Munsell)
- la structure du sol
- la texture apparente
- la porosité
- la présence de racines et d'éléments grossiers

Les horizons pédologiques ont été identifiés et échantillonnés pour des analyses en laboratoire.

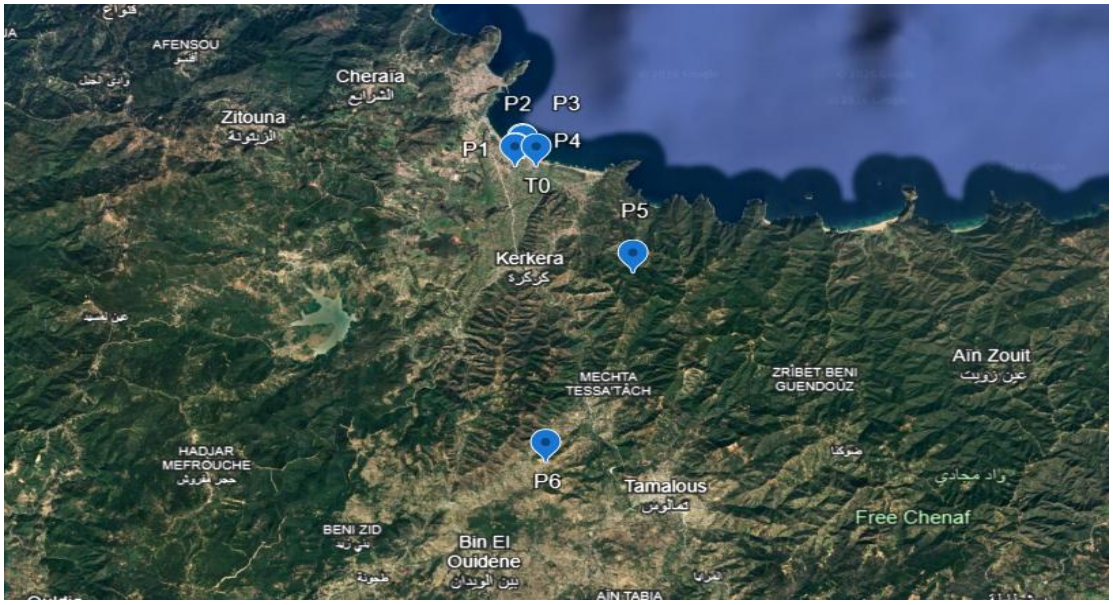


Figure 17: Carte la situation géographique des profils pédologiques.

1.1/ Préparation des échantillons :

Après la campagne de prélèvement réalisée dans la région de Collo, les échantillons de sol ont fait l'objet d'une préparation rigoureuse au laboratoire afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des analyses ultérieures. Dans un premier temps, les échantillons ont été **séchés à l'air libre**, à température ambiante et à l'abri de toute source de contamination, jusqu'à obtention d'une masse constante, permettant ainsi l'élimination de l'humidité naturelle sans altération des constituants du sol. Par la suite, les mottes ont été **délicatement désagrégées manuellement** à l'aide d'un mortier, en veillant à ne pas fragmenter les particules élémentaires. Les échantillons ont ensuite été **tamisés à 2 mm**, conformément aux normes usuelles en pédologie, afin d'éliminer les éléments grossiers tels que les cailloux, racines et débris organiques. La fraction fine obtenue a été **soigneusement homogénéisée**, puis conservée dans des contenants propres, secs et étiquetés, en vue de la réalisation des différentes analyses physico-chimiques, notamment la granulométrie, la matière organique, le pH et la capacité d'échange cationique (CEC).





Fig 18 : Préparation des échantillons de sol avant séchage et Tamisage des échantillons de sol à 2mm

2/ Analyses physiques et chimiques des sols au laboratoire :

Les échantillons de sol prélevés à partir des six profils pédologiques de la zone de massif de Collo ont été soumis à une série d'analyses physiques et chimiques au laboratoire. Ces analyses visent à caractériser les propriétés fondamentales du sol et à évaluer son potentiel agronomique.

2.1 /Densité apparente :

La densité apparente est le rapport entre la masse du sol sec et son volume total, incluant les pores. Elle est exprimée en g/cm³. Ce paramètre permet d'évaluer le degré de compaction du sol. Une densité élevée peut limiter la circulation de l'air et de l'eau, ainsi que le développement racinaire **(Blake et *al*, 1986)**. La densité apparente a été déterminée par la méthode du cylindre, qui permet de prélever un échantillon de sol non perturbé. Un cylindre métallique de volume connu a été introduit verticalement dans le sol, puis extrait avec précaution afin de conserver la structure initiale.

L'échantillon a été séché à l'étuve à **105°C pendant 24 heures**, jusqu'à obtention d'une masse constante. La masse du sol sec a été mesurée à l'aide d'une balance de précision. La densité apparente a été calculée selon la formule suivante :

$$Da = \frac{M_{sec}}{V_{cylindre}}$$



Figure 19: Prélèvement de l'échantillon sur terrain pour mesure de la densité apparente

2.2 / pH du sol :

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu, exprimée sur une échelle logarithmique allant de 0 à 14. Il constitue un paramètre essentiel influençant la disponibilité des éléments nutritifs et l'activité biologique du sol.Un pH acide peut entraîner des carences en éléments tels que le phosphore, tandis qu'un pH alcalin peut limiter l'assimilation des micronutriments comme le fer et le zinc **(Brady et *al,* 2016).**

La mesure du pH du sol a été réalisée selon la méthode standard en suspension sol-eau. Un échantillon de 10 g de sol sec, préalablement tamisé à 2 mm, a été introduit dans un bécher, auquel ont été ajoutés 25 mL d'eau distillée afin d'obtenir un rapport sol/solution de 1:2,5 (m/v). Le mélange a été soumis à une agitation mécanique pendant 30 minutes afin d'assurer une mise en équilibre entre la phase solide et la phase liquide. Après agitation, la suspension a été laissée au repos pendant quelques minutes afin de permettre la décantation des particules grossières.

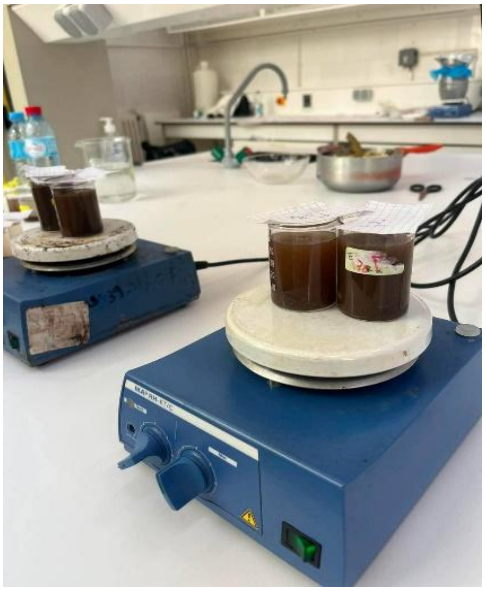


Figure 20 : agitation des suspensions sol-eau pour la détermination du pH.

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné à l'aide de solutions tampons standards (pH 4 et pH 7). L'électrode a été immergée dans la suspension, et la valeur du pH a été après enregistrée stabilisation de la lecture.

2.3/Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique mesure la capacité du sol à conduire le courant électrique, ce qui reflète la concentration en sels solubles dans la solution du sol. Elle est généralement exprimée en dS/m.Une valeur élevée de CE indique une salinité importante, pouvant provoquer un stress hydrique chez les plantes en réduisant leur capacité à absorber l'eau **(Rengasamy et *al*, 2006)**. La conductivité électrique a été mesurée dans la même suspension sol-eau utilisée pour la détermination du pH. Après agitation et décantation partielle, la mesure a été effectuée à l'aide d'un conductimètre préalablement calibré à l'aide d'une solution standard de chlorure de potassium (KCl).

La sonde a été immergée dans la phase liquide, et la valeur de la conductivité a été enregistrée après stabilisation. Les résultats sont exprimés en **dS/m** et permettent d'évaluer la teneur en sels solubles du sol.



Figure 21 : Conductimètre

2.4/ Matière organique et carbone organique par incinération au four à moufle:

La détermination de la matière organique des sols a été réalisée par la méthode de la perte au feu, largement utilisée en pédologie pour son efficacité et sa simplicité. Les échantillons de sol ont d'abord été séchés à 105 °C pendant 24 heures afin d'éliminer l'eau libre et hygroscopique, permettant ainsi d'obtenir la masse sèche de référence. Ensuite, un palier intermédiaire à 250 °C a été appliqué pendant 2 heures pour volatiliser une partie de la matière organique labile ainsi que certains composés organiques volatils. Enfin, les échantillons ont été calcinés à 450 °C pendant 4 heures dans un four à moufle, température à laquelle la matière organique totale est oxydée. La teneur en matière organique a été estimée à partir de la perte de masse entre 105 °C et 450 °C, selon une approche classique en analyse des sols.

Cette méthode, bien que pouvant inclure de légères pertes liées aux carbonates ou à certains minéraux argileux, reste une technique de référence pour l'estimation globale de la matière organique dans les sols **(Nelson et *al,* 1996)**

La teneur en matière organique a été calculée à partir de la perte de masse selon la relation :

$$\mathbf{MO\ (\%) = [(M_1 - M_2) / (M_3 - M_0)] \times 100.}$$

Le carbone organique a été estimé indirectement en appliquant un facteur de conversion de 1,724 basé sur l'hypothèse classique selon laquelle la matière organique contient en moyenne 58 % de carbone. Néanmoins, il convient de souligner que cette méthode peut conduire à une légère surestimation des teneurs en matière organique, notamment en présence de carbonates ou d'autres composés minéraux susceptibles de se décomposer à haute température, d'où l'importance d'un contrôle rigoureux des conditions opératoires et de l'interprétation critique des résultats obtenus **(ISO, 1995 ; Nelson et al, 1996 ; USDA, 2004).**



Figure 22 : Quelques échantillons pesées

2.5/Analyse granulométrique (texture du sol)

L'analyse granulométrique permet de déterminer la répartition des particules minérales du sol en fonction de leur taille (sable, limon, argile). La texture du sol influence fortement ses propriétés physiques, notamment la capacité de rétention en eau, la perméabilité et la disponibilité des nutriments **(Hillel, 2004).**

La méthode utilisée repose sur un prétraitement chimique suivi d'une dispersion des particules et d'une séparation par sédimentation selon la loi de Stokes.

Dans un premier temps, un échantillon représentatif de **50 g de sol sec, tamisé à 2 mm** est introduit dans un bécher. Le sol subit ensuite un prétraitement destiné à éliminer les éléments susceptibles de perturber la dispersion des particules.

La première étape consiste en une **attaque à froid**, réalisée par l'ajout progressif d'une solution d'**acide chlorhydrique dilué (HCl)** afin de dissoudre les carbonates présents dans le sol. L'ajout de l'acide se poursuit jusqu'à disparition complète de l'effervescence. L'échantillon est ensuite rincé plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer toute trace d'acide.



Figure23 : Dispositif d'attaque à froid des échantillons de sol

La seconde étape correspond à une **attaque à chaud**, destinée à éliminer la matière organique. À cet effet, du **peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)** est ajouté à l'échantillon, qui est ensuite chauffé doucement sur une plaque chauffante. L'ajout de H_2O_2 est répété jusqu'à disparition totale de la réaction, indiquant l'oxydation complète de la matière organique. L'échantillon est ensuite refroidi et soigneusement lavé à l'eau distillée.



Figure 24 : Étape d'attaque à chaud des échantillons de sol sur bain de sable lors de l'analyse granulométrique.

Après ces traitements, un **agent dispersant**, généralement l'hexamétaphosphate de sodium, est ajouté afin de désagréger les agrégats. La suspension est ensuite soumise à une agitation mécanique prolongée (environ **16 heures**) pour assurer une dispersion complète des particules. La suspension obtenue est transférée quantitativement dans une éprouvette graduée de **1 litre**, puis complétée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Après homogénéisation, la séparation des particules est effectuée par sédimentation.

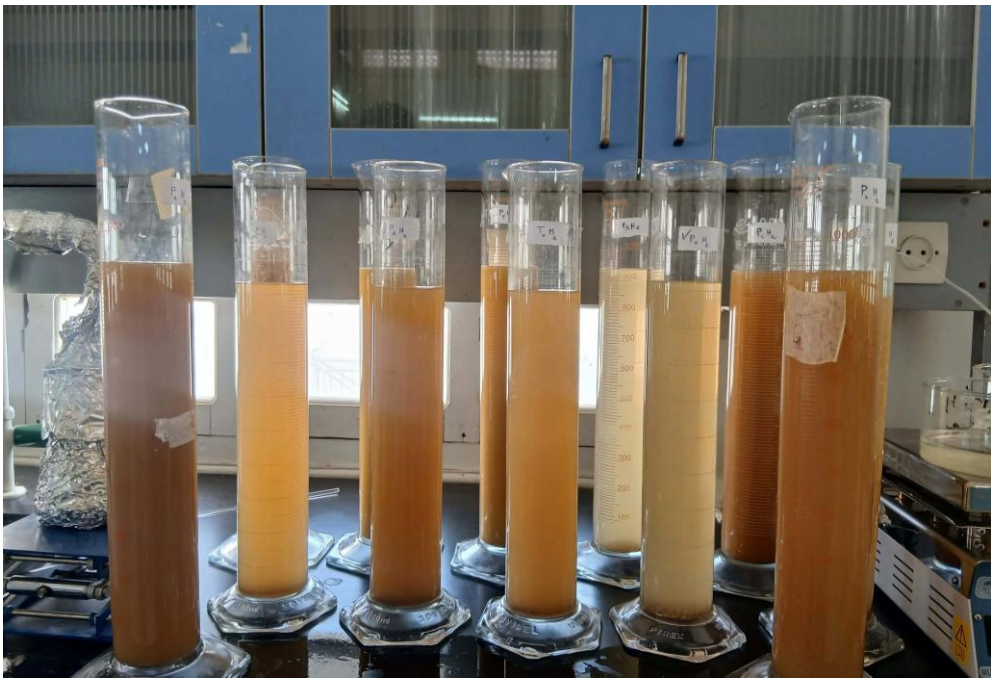


Figure 25 : Suspension des échantillons de sol pour l'analyse granulométrique.

Des prélèvements sont réalisés à l'aide d'une pipette à des temps déterminés, correspondant aux différentes fractions granulométriques. Un premier prélèvement permet d'obtenir la fraction **argile + limon fin**, tandis qu'un second prélèvement, effectué après un temps de sédimentation plus long, correspond à la fraction **argile seule**.

Chaque prélèvement est recueilli dans un bécher préalablement séché à l'étuve et pesé (masse initiale M_0). Les béchers contenant les suspensions sont ensuite placés dans une étuve à **105°C pendant 24 heures** jusqu'à évaporation complète de l'eau. Après refroidissement dans un dessiccateur, les béchers sont pesés à nouveau (masse finale M_1). La masse de chaque fraction est déterminée par différence (M = M_1 - M_0).

La fraction sableuse est obtenue par tamisage du résidu, puis séchée à **105°C pendant 24 heures** et pesée selon la même procédure.

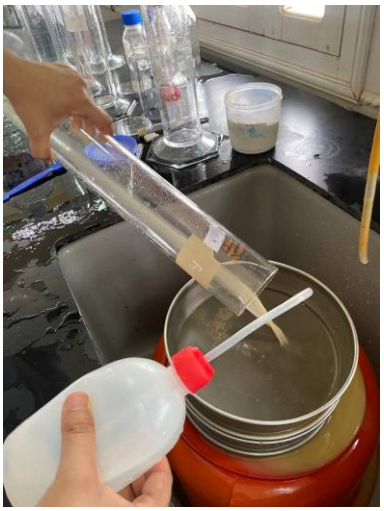


Figure 26 : Séparation du sable fin et grossier par tamisage lors de l'analyse granulométrique

Les fractions intermédiaires sont calculées par différence :

limon total = (argile + limon) – argile

la distinction entre limon fin et limon grossier peut être réalisée selon les temps de sédimentation ou par tamisage complémentaire.

Enfin, les pourcentages des différentes fractions granulométriques sont calculés selon la relation suivante :

$$\%\, fraction = \frac{m_{\text{fraction}}}{m_{\text{total}}} \times 100$$

2.6/Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique correspond à la quantité de cations qu'un sol peut retenir et échanger. Elle est exprimée en cmol(+)/kg.

Une CEC élevée indique une bonne capacité du sol à stocker les éléments nutritifs essentiels tels que le calcium, le magnésium et le potassium, ce qui est généralement lié à la teneur en argile et en matière organique **(Sumner et *al*, 1996).**

La capacité d'échange cationique a été déterminée par la méthode de saturation à l'acétate d'ammonium.

Un échantillon de **20 g de sol** a été traité avec une solution d'acétate d'ammonium (NH_4OAc, 1N) afin de saturer les sites d'échange du sol en ions ammonium (NH_4^+).



Figure 27 : appareille de CEC

Après saturation, l'excès de solution a été éliminé par lavage à l'aide d'un solvant approprié (alcool). Les ions ammonium adsorbés ont ensuite été déplacés par une solution de chlorure de potassium (KCl).

La concentration des ions ammonium libérés a été déterminée par dosage approprié. La CEC a été calculée selon la relation :

$$CEC = \frac{C \times V}{m}$$

où C représente la concentration des cations échangés, V le volume de la solution et m la masse de sol.

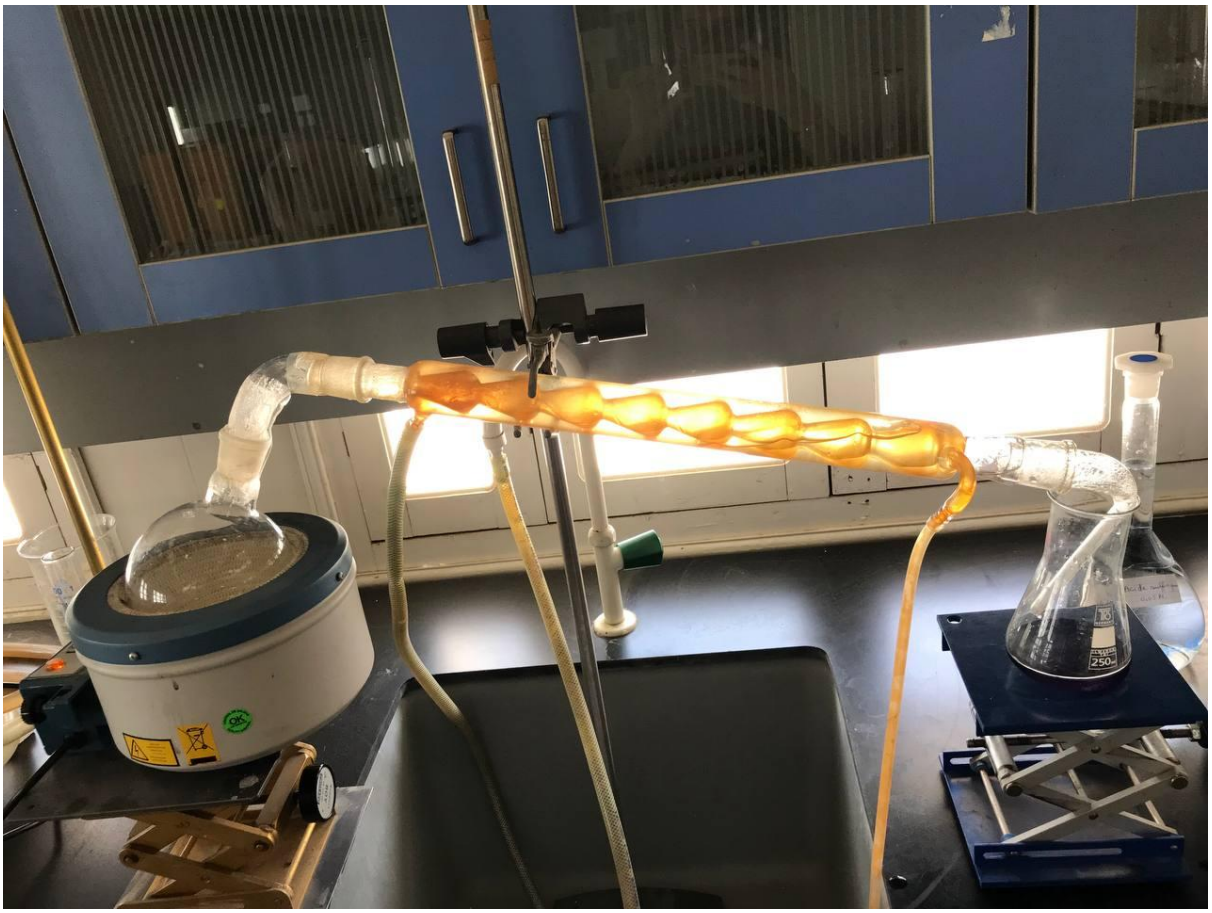


Figure 28 : Dispositif de distillation utilisé pour la détermination de la CEC

Chapitre IV

Résultats et discussion

I. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols étudiés

1./Profil témoin représentatif (T0)

1.1/ Description morphologique et analytique

des sols de la région de Collo:

Nom du profil : Talezza

Numéro du profil : T0

Date de description : 24/04/2026

Localisation : 36°58’13.78’’N 6°35’00.30’’E

Physiographie : Plaine

Topographie : Pente à 2%

Occupation : sol témoin non cultivé

Espèce végétale : Naturelles

Classification USDA (2018) : Entisol (Xerorthent)

Classification CPCS (1967) : Peux évolué d’apport

Horizon 1 : 0 – 30 cm : (7.50YR 4/3) à l’état sec, very dark brown, (3/1) very dark gray à l’état humide , structure particulaire , sableux limoneux, pas d’éléments grossiers, enracinement dense, racine moyenne à fine, pas d’effervescence à l’HCL, transition graduelle

Horizon 2 : 30 – 60 cm :

Horizon 1 : 0-30 cm : frais, friable, (7,5 YR 4/4) à l’état sec, brown

(7.5YR 2,5/2) à l’état humide, very dark brown ,structure particulaire , sableux limoneux , pas d’éléments grossiers, enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d’effervescence à l’HCl, transition graduelle.

Horizon 2 : 24-70 cm : humide, friable, brown (7.5 YR 2.5 /1) à l’état sec, brown (7.5 YR 4 /4) à l’état humide,brown, polyédrique, limoneux sableux, pas d’éléments grossiers enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d’effervescence à l’ HCl, transition abrupte.

1.2 /Résultats analytiques du profil Témoin T0

Tableau 02: Analyse physique du profil T0 :

Horizons	H1	H2
Profondeur (cm)	0- 30	30-60
MO %	8.41	8.31
Carbone %	4.89	4.83
Da (g.cm3)	0.16	1,21
Argile %	17.74	22.94
Sable %	11.2	49.23
Limon %	71.05	27.83
Texture	Limoneuse	Sableuse limoneuse
Ph	5.7	5.9
CE mS/m	27.7	21.1
CEC (meq/100g)	13.75	
Ca + Mg (meq/100g)	1.87	

Caractéristiques synthétiques :

Le profil témoin T0, situé en plaine de Talezza sous végétation naturelle à côté de la serre de fraises, confirme que la structure entièrement particulaire et l'absence de cohésion sur 60 cm de profondeur constituent l'état naturel et permanent de ces sols dans la région de Collo. Présentant une texture sablo-limoneuse décarbonatée et une couleur de surface très sombre issue de l'accumulation spontanée de matière organique, ce sol se classe rigoureusement parmi les Xerorthents (classification USDA) ou les Sols peu évolués d'apport (classification CPCS). La comparaison avec le profil cultivé P1 démontre que ce sol est naturellement un filtre hautement

poreux et lessivé ; dès lors, l'utilisation du goutte-à-goutte et de la fertilisation organique/minérale fractionnée observée sous serre ne fait pas qu'optimiser le milieu, elle corrige de manière indispensable l'incapacité innée de ce sol "squelettique" à s'auto-structurer et à retenir les nutriments.

2 / Profil 1 (P1)

2.1/: Description morphologique et analytique des sols de la région de Collo:



Figure 29 : culture de fraise sous serre

Nom de profil : Talezza 1

Numéro du profil : P1

Date de description : 24/04/2026

Localisation : 36°58'13.90"N, 6°35'00.93"E

Physiologie : Plaine

Topographie : pente à 2%

Occupation des sols : Marichage

Espèce végétale : La fraise sous serre

Classification USDA (2018) : Inceptisol (**Humic Xerorthent**)

Calassification CPCS (1967) : **Sol peu évolué d'apport très humifère**

Horizon 1 : 0-30 cm : frais, friable, (7,5 YR 4/2) à l'état sec, brown(7.5YR 2,5/2) à l'état humide, very dark brown ,structure particulaire , sableux limoneux , pasd'éléments grossiers ,enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d'effervescence à l'HCl, transition graduelle.

Horizon 2 : 24-70 cm : humide, friable, pale brown (7.5YR 5 /3) à l'état sec, brown (7.5 YR 3 /2) à l'état humide, dark brown, polyédrique, limoneux sableux, peu d'éléments grossiers (1.22%), enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d'effervescence à l' HCl, transition abrupte.

2.2 Résultats analytiques du profil P1

Tableau 03 : Analyse physique du profil 1 :

Horizons	H1	H2
Profondeur (cm)	0-30 cm	0-60 cm
MO %	8.69%	8.32%
Carbone %	5.05%	4.83%
Da (g.cm-3)	1,50	1,21
E.g%	00	1.22
Argile %	22.24	21.54
Sable %	37.8	30.72
Limon %	35.46	47.74
Texture	limoneuse sableuse	limoneuse sableuse
pH	6.6	6.5
CE	35.3	41.5
CEC (meq /100g)	9.25	/
Ca +Mg (meq /100g)	4.00	/

Caractéristiques synthétiques :

Le profil se situe en plaine dans la région de Collo (Talezza), prés de la mer, correspond à un sol maraîcher de climat méditerranéen (xérique) à texture limono-sableuse très équilibrée (environ 22 % d'argile), qui présente la particularité physique majeure d'être totalement **particulaire et sans structure sur l'ensemble de ses 60 cm**. Malgré une teneur exceptionnelle

et homogène en matière organique (8,5\%) et un pH idéal (6,5 - 6,6), l'inactivité chimique de ses argiles induit une faible capacitée d'échange (CEC de 9,25 meq/100g) et un fort lessivage naturel (saturation de 43\%), ce qui classe le sol dans l'ordre d'*Inceptisol* au profit d'un **Humic Xerorthent** (classification USDA) ou d'un **Sol peu évolué d'apport très humifère** (classification CPCS). Cette structure meuble et sans cohésion, agissant comme un filtre naturel, rend la conduite actuelle de la fraise sous serre particulièrement performante et obligatoire, puisque l'irrigation au goutte-à-goutte prévient la compaction tandis que les apports fractionnés de NPK et de fumier de volaille alimentent directement les racines en temps réel, compensant ainsi l'incapacité de ce sol poreux à stocker durablement les nutriments.

3. PROFIL 2(P2)

3.1/ Description morphologique et analytique:

Nom de profil : Talezza 2

Numéro du profil : P2

Date de description : 22/04/2026

Localisation : 36° 58'15.06"N, 6°35'01.29"E,

Physiographie : milieu de montagne, 1,64 km d'altitude

Topographie : pente 02%

Occupation des sols : Maraichage

Espèce végétale : Fraises

Classification USDA (2018) : Inceptisol

(**Humic Xerorthent**)

Calassification CPCS (1967) :

Sol peu évolué d'apport très humifère

Horizon 1 : 0 – 30 cm : frais , très friable, (7,5YR3/4) à l'état sec, very dark gray (7.5YR3/2) à l'état humide, particulaire, limoneux sableux, enracinement dense, racine moyenne et fine, présence d'éléments grossiers 2cm, 2.1cm ,0.5cm (5.02%), pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon 2 : 30 – 60 cm : peu humide, compact, dark brown (7,5YR4/3) à l'état sec, strong brown (7,5YR4/6) à l'état humide, particulaire, limoneux limoneux, enracinement dense,

racine moyenne et fine, présence de quelque élément grossier lisse 1cm,0.5cm, 0.1cm (4.15 %) pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

3.1.1/ Enquête et observation (P1, P2) : ces profils correspondent à une culture de fraise sous serre avec une fertilisation chimique basée sur des apports de type NPK (15-15-15) complétés par d'autres éléments nutritifs. Les quantités appliquées varient selon les stades culturaux. Un amendement organique à base de fumier de volaille est également utilisé. L'irrigation est assurée par un système de goutte-à-goutte, sans présence notable de maladies.

3.2/ Résultats analytiques du profil 2 :

3.2.1/ Description morphologique et analytique :

Tableau 04: Analyse physique du profil P2 :

Horizon	H1	H2
Profondeur	30	60
MO%	5.52	17.03
Carbone %	3.21	9.90
Da (g.cm-3)	1.53	1,01
E.g %	5.02	4.15
pH	5.07	6.13
CE	51.2	93.3
CEC	/	/

4/ Profil 3(P3)

4.1/ Description morphologique du profil 3 :

Nom du profil :Talezza 3

Numéro du profil : P3

Date de description : 22/04/2026

Localisation : 36° 58'54.99"N, 6°34'04.18"E

Physiographie : sommet de montagne, 1,66 km d'altitude

Topographie : pente à 2%

Occupation : maraichage

Espèce végétale : courgettes

Classification : USDA (2018) : Inceptisol **(Humic Dystroxerept**)

CPCS (1967): **Sol brun acide très humifère**

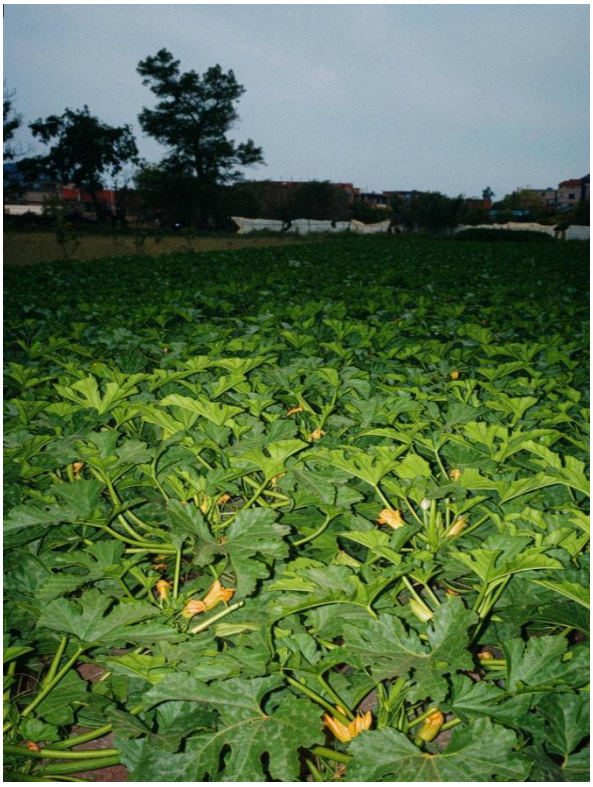


Figure30 : Parcelle de culture de courgette

Horizon1 : 0 – 30 cm : Humide, friable, dark brown (7.5YR3/3) à l'état sec, very dark groyish brown (7.5YR2.5/1) à l'état humide, particulaire, sableux, pas d'éléments grossiers faible enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon2 : 30 – 60 cm: Humide, compact, brown (7.5YR5/3) à l'état sec, very dark brown (7.5YR3/3) à l'état humide,particulaire, sableux présence d'éléments grossiers (28.82%) angulaire 6cm, lisse 1 ,0.5,0.1 cm, pas d'effervescence à l'HCl.

4.2/ Résultats analytiques du profil 3:

Tableau 05: Analyse physique du profil P3 :

Horizons	H1	H2
Profondeur (cm)	0-30cm	30- 60cm
MO %	2.36	7.60
Carbone %	1.37	4.41
Da (g.cm-3)	1.46	0,98
E.g %	00	28.82
Argile %	23.74	22.74
Sable %	39.08	37.8
Limon %	37.18	39.46
Texture	Sableuse Limoneuse	Limoneuse sableuse
pH	6.39	5.19
CE	53.7	44.2
CEC (meq/100 g)	24.25	/
Ca + Mg (meq/100 g)	3.25	/

Caractéristiques synthétiques

Le profil sous culture maraichère (courgette), situé à 1 660 m d'altitude sur une pente de 2 %, correspond à un sol méditerranéen (climat xérique) développé sur une texture limono-sableuse (limoneuse) idéale et bien drainée. L'analyse révèle un horizon de surface **H1 (0-30 cm) très sombre, exceptionnellement humifère (18,30 % de matière organique, Da = 0,98) mais très**

acide (pH= 5,19) et fortement lessivé (saturation en bases de 13,4 %), surélevant un horizon profond H2 (30-60 cm) plus clair, pierreux (28,82% d'éléments grossiers) et pauvre en carbone (0,14 %). Cette forte charge humifère combinée à l'absence de sable pur classe le sol au profit d'un **Humic Dystroxerept** (classification USDA) ou d'un **Sol brun acide très humifère** (classification CPCS). Actuellement, la culture intensive de courgettes y prospère sans maladies grâce à un système performant combinant irrigation au goutte-à-goutte, 50 kg de NPK par saison, et un amendement en fumier de volaille dont la richesse en calcium exerce un effet tampon crucial contre l'acidité naturelle. Toutefois, en cas de transition vers une **culture d'orge en plein champ**, l'absence de cet effet tampon localisé et la haute sensibilité de cette céréale à la toxicité de l'aluminium sous un pH inférieur à 5,5 rendraient un **chaulage global de la parcelle impératif** afin de remonter le pHau-dessus de 6,0 ; cette correction chimique permettrait alors de valoriser pleinement le formidable potentiel en azote de ce sol, tout en s'appuyant sur sa bonne rétention en eau pour surmonter les sécheresses printanières de l'altitude.

5/ Profil 4 (P4)

5.1/ Description morphologique et analytique

Nom du profil : Talezza 4

Numéro du profil : P4

Date de description : 20-04-2026

Localisation :36°58'52.98"N, 6°34'04.23"E

Physiographie : sommet de montagne, 1,61 km d’altitude

Topographie : pente à 02%

Occupation : Maraichage

Espèce végétale : Courgettes

Classification USDA : : Inceptisol **(Humic Dystroxerept**)

CPCS (1967): **Sol brun acide très humifère**

Horizon 1 : 0 – 30 cm : Humide, peu compact,black (7,5YR 2.5/1) à l’état sec, very dark brown (7.5YR2.5/2) à l’état humide, particulaire, sableux argileux, pas d’éléments grossiers, enracinement dense, racine fine et moyenne, pas d’effervescence à l’HCl, transition graduelle.

Horizon 2 : 30 – 60 cm : Humide, compact, brown (7.5 YR 4/3) à l'état sec, dark brown (7.5YR3/2) à l'état humide, particulaire, sableux, pas d'éléments grossiers, faible enracinement, racine fine et moyenne, pas d'effervescence à l'HCl.

5.1.1/ Enquêtes et observations (P3,P4) : ces profils concerne une culture de courgette sous serre avec une fertilisation chimique de type NPK, appliquée à raison d'environ 50 kg par saison. Un amendement organique à base de fumier de volaille est également utilisé. L'irrigation est assurée par goutte-à-goutte. Aucune maladie significative n'a été signalée au niveau de cette culture.

5.2/ Résultats analytiques du profil 4 :

Tableau 06: Analyse physique du profil P4 :

Horizons	H1	H2
Profondeur	0-30	30-60
MO %	6.96	5.12
Carbone %	4.04	2.97
Da	0,96	1,28
pH	6.27	4.22
CE	51.4	35.1
CEC (meq/100g)	/	/

6/ Profil 5 (P5)

6.1/ Description morphologique et analytique

Nom du profil : Laazilet

Numéro du profil : P5

Date de description : 17/01/2026

Localisation :36°55'37.01"N, 6°32'25.98"E

Physiographie : mi montagne, 96,43 m d'altitude

Topographie : pente >30 %

Occupation : Arboriculture

Espèce végétale : Olivier (variété Chemlel)

Classification USDA (2018) : Mollisol (Vertic Argixerolls)

CPCS (1967) : Sols iso-humiques, sous-classe des **Sols bruns de montagne** à caractère **vertique**.

Horizon 1 : 0 – 20 cm : Humide, compact, very dark gray (7.5YR3/1) à l'état sec, very dark brown (7.5YR2.5/3) à l'état humide, polyédrique grossière, argileux, plastique, collant, pas d'éléments grossiers enracinement dense, racine moyenne et fine, pas d'effervescence à l'HCl, transition graduelle.

Horizon 2 : 20– 40 cm : Humide, très compact, black (7.5YR2.5/1) à d'état sec, yellowish black (7.5YR2.5/1) à l'état humide, polyédrique, argileux limoneux, pas d'éléments grossiers. Horizon3 :40- 60 cm : Humide, polyédrique grossière, very dark gray (7.5 YR 3/1) à l'état sec ,Dark brown (7.5YR3/2) à l'état humide, polyédrique, argileux , d'éléments grossiers , faible enracinement. pas d'effervescence à l'HCl.

6.1.1/ Enquête et observation (P5) : Dans ce site la fertilisation chimique est appliquée sous forme d'engrais NPK avec des doses modérées. Aucun apport organique n'est signalé. L'irrigation est réalisée par goutte-à-goutte, assurant un apport en eau régulier. Certaines contraintes phytosanitaires sont observées, notamment des maladies affectant les cultures arboricoles avoisinantes.

6.2/ Résultats analytiques du profil 5 :

Tableau 07: Analyse physique du profil P5 :

Horizons	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-20	20-40	40-60
MO%	7.91	7.99	4.84
Carbone %	4.60	4.65	2.81
Da (g.cm-3)	0.71	1,22	2,27
E.g %	00	00	00
Argile %	60.14	60.94	53.14
Limon %	28.65	34.27	34.85
Sable %	11.21	4.79	12.01
Texture	Argileuse	Argileuse	Argileuse
pH	5.98	3.56	7.02
CE	181.1	122.8	148.5
CEC (meq/100g)	55.00	/	/
Ca+ Mg (meq/100g)	20.62	/	/

Caractéristiques synthétiques du profil

Le profil P5, situé en situation de mi-montagne sous olivier (*variété Chemlal*) à Collo, révèle un sol à matrice strictement **Argileuse** (>53 % d'argile) et exempt d'éléments grossiers, dont la dynamique physique est marquée par un contraste extrême de densité apparente, oscillant d'un horizon de surface "soufflé" et très poreux (Da = 0,71) à un sous-sol (H3) massivement

compacté et asphyxiant (Da = 2,27). L'impact du climat montagnard humide se traduit par une accumulation exceptionnelle de matière organique (MO = 7,9 %) qui s'intègre profondément jusqu'à 40 cm de profondeur (H1 et H2), conférant au sol une coloration très sombre typique d'un horizon mollique et une capacité d'échange cationique monumentale (CEC = 55 meq/100g). Sur le plan chimique, le profil affiche une hétérogénéité spectaculaire : modérément acide en surface (pH = 5,98), il bascule vers une acidité ultra-prononcée et critique en H2 (pH} = 3,56) sous l'effet du lessivage par les acides organiques, avant de remonter à la neutralité en H3 (pH} = 7,02) au contact de la roche mère.

Le sol est classé dans l'ordre des **Mollisols** (sous-groupe des **Vertic Argiudolls** selon l'USDA), Mollisols des climats humides de montagne, caractérisant un sol noir de montagne riche en humus et à forte dynamicité argileuse, ou dans la classe des **Sols iso-humiques / Sols bruns humiques** à caractère **vertique** selon le système français **CPCS (1967)**.

7/ PROFILE 6 (P6)

7.1/ Description morphologique et analytique P6

Nom du profil : Bin el ouiden 6

Numéro du profil : P6

Date de description : 17/01/2026

Localisation : 36° 50'58.20"N, 6°32'08.31"E

Physiographie : sommet de montagne à 285,31 m d'altitude

Topographie : pente > 30 %

Occupation : Arboriculture

Espèce végétale: Olivier cultivé (variété Chemlal)

Classification USDA (2018) : Alfisols (*Humic Hapludalf)*

CPCS (1967) **:** Sols brunifiés (Sols lessivés acides)

Horizon 1 : 0 – 20 cm : brown (7.5YR4/2) à l'état sec, very dark gray (7.5YR3/1) à l'état humide, particulaire, argileux limoneux, polyèdrique moyenne, enracinement dense, transition graduelle, pas d'effet d'érvescence à l'HCl.

Horizon 2 : 20 – 40 cm : dark brown (7.5YR3/3) à l'état sec, black (7.5YR2.5/1) à l'état humide, polyédrique, Sableuse argileuse, polyèdrique moyenne faible enracinement, transition graduelle, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon 3 : 40 - 60 cm : brown (7.5YR5/4) à l'état sec, dark brown (7.5YR3/2) à l'état humide, polyédrique, argileux sableux , pas de racine, pas d'effervescence à l'HCl.

7.1.1/ Enquête et observation : Ce profil se caractérise par l'absence totale de fertilisation chimique et organique. Aucune intervention agricole n'est pratiquée, et l'alimentation hydrique repose sur des conditions naturelles, bien que le système observé mentionne un mode d'irrigation localisé. La présence de maladies reste très limitée, indiquant un milieu relativement stable.

7.2/ Résultats analytiques du profil

Tableau 08: Analyse physique du profil p6 :

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur	20	40	60
MO%	8.56	8.42	8.36
C%	4.97	4.90	4.86
Da (g.cm-3)	1.20	1.21	1.22
E.g %	00	00	00
Argile %	31.34	37.74	44.34
Limon %	18.57	19.88	12.11
Sable %	5.09	42.32	43.55
Texture	Argileuse limoneuse	Sableuse argileuse	Argileuse sableuse
pH	6.51	5.22	6.00

CE	147.6	80.9	88.1
CEC (meq/100g)	28.75	/	/
Ca + Mg (meq/100g)	8.25	/	/

Caractéristiques synthétiques

Le profil, situé sur un sommet de montagne du massif de Collo (285 m d'altitude) sous olivier (*variété Chemlal*) en conditions naturelles sans fertilisation, se développe sur un matériau parental entièrement altéré et exempt d'éléments grossiers. C'est un sol à matrice fine caractérisé par un enrichissement net en argile en profondeur, laquelle progresse de 31,34 % en surface à 44,34 % à 60 cm (H3), définissant ainsi un véritable horizon d'accumulation argilique (Bt). L'environnement de sommet de montagne favorise une accumulation et une intégration exceptionnelles de la matière organique, stabilisée au taux remarquable de plus de 8,3 % sur l'ensemble du profil, ce qui maintient une porosité et une densité apparente optimales et homogènes (Da =1,21). Sur le plan chimique, le milieu est totalement préservé de la salinité et bénéficie d'une excellente capacité d'échange cationique en surface (CEC=28,75 meq/100g), mais il traduit l'effet d'un lessivage climatique intense par une acidification marquée à mi-profondeur (pH=5,22 en H2).

Bien que l'accumulation d'argile profonde et le pH de surface orientent initialement vers l'ordre des Alfisols, l'importance de la charge organique d'altitude et la dégradation acide intermédiaire permettent de le classer dans l'ordre des **Ultisols** (grand groupe des **Humults**, ou *Humic Haploxeralfs* si l'on maintient l'option Alfisol selon l'USDA). Le sytème français **CPCS (1967)** le rattache plus rigoureusement au groupe des **Sols lessivés acides** (au sein de la classe des sols brunifiés), illustrant parfaitement le double dynamique de migration texturale et d'acidification propre aux hauts reliefs de la région du massif de Collo.

II. Étude comparative des caractéristiques physiques et chimiques entre les profils étudiés par analyse graphique des résultats:

1. Le pH

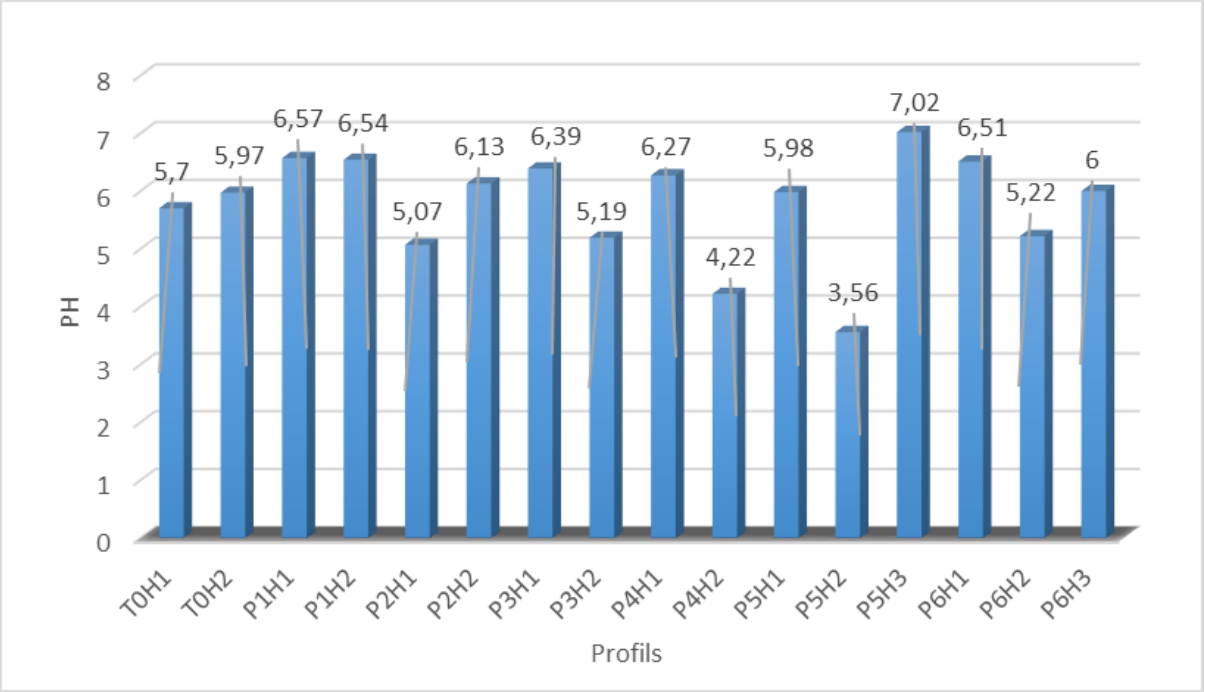


Figure 31: variation du pH dans les profil étudies

Analyse et interprétations : Les valeurs du pH enregistrées varient de 3,56 à 7,02, traduisant une importante hétérogénéité des conditions chimiques des sols étudiés. La majorité des profils présente un pH légèrement acide à proche de la neutralité (≈5 à 7), indiquant des conditions globalement favorables à la disponibilité des éléments nutritifs. Toutefois, certaines valeurs très acides, notamment au niveau de quelques horizons (pH < 4,5), révèlent des déséquilibres chimiques pouvant être liés à une accumulation de matières organiques ou à des apports intensifs d'engrais chimiques. Par ailleurs, les variations observées entre horizons suggèrent une influence des pratiques culturales de surface, notamment en milieu sous serre. Ainsi, le pH apparaît comme un indicateur pertinent de l'état de fertilité des sols, reflétant à la fois les caractéristiques naturelles et l'impact des interventions agricoles.

2. La conductivité électrique

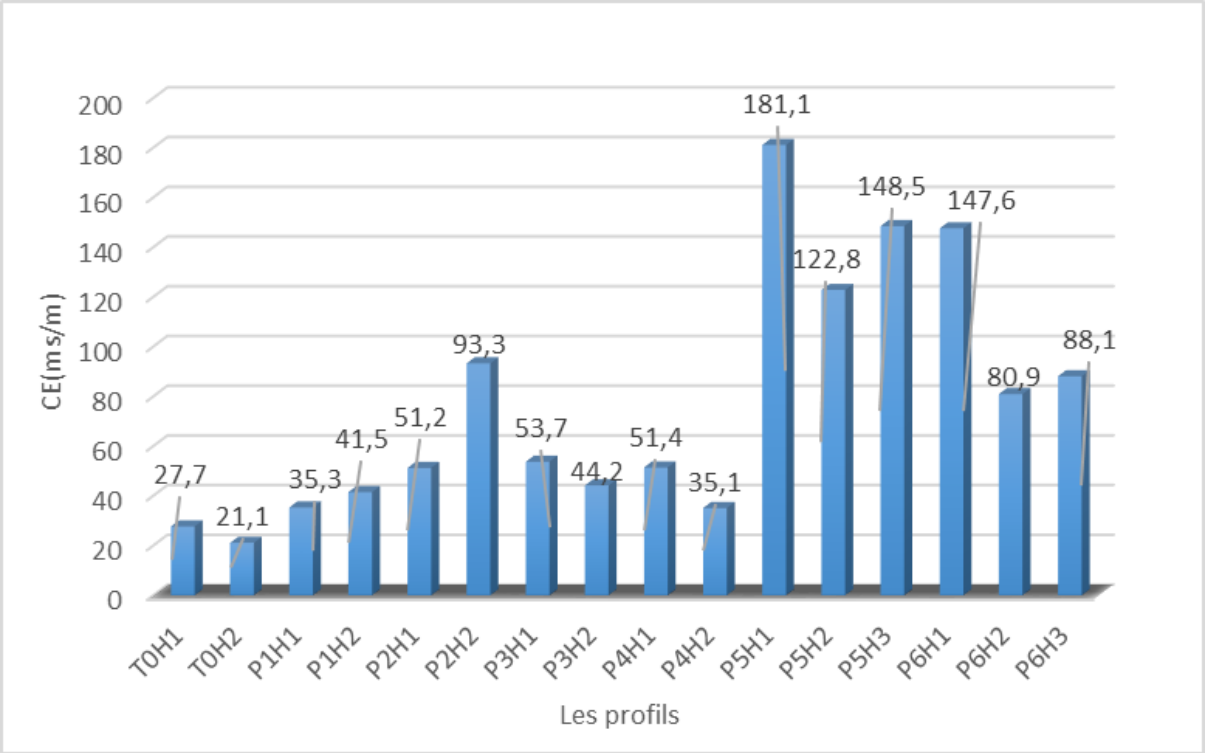


Figure 32: variation de la conductivité électrique dans les profils étudiés

Analyse et interprétation : Les valeurs de la conductivité électrique (CE) mesurées au niveau des différents profils mettent en évidence une variabilité notable de la salinité des sols étudiés. La majorité des échantillons présente des valeurs modérées, indiquant des sols globalement peu salins et favorables au développement des cultures. Toutefois, certaines valeurs plus élevées traduisent une accumulation de sels solubles, probablement liée aux apports d'engrais chimiques et à l'irrigation en milieu contrôlé, notamment sous serre. À l'inverse, les faibles valeurs observées dans certains profils, en particulier dans les sols témoins ou peu exploités, reflètent des conditions naturelles avec une faible minéralisation. Ces résultats montrent que la CE constitue un indicateur essentiel de la qualité chimique du sol, révélant l'influence directe des pratiques agricoles sur la dynamique des sels et pouvant, en cas d'augmentation excessive, affecter négativement la disponibilité en eau et la croissance des plantes.

3. La densité apparente

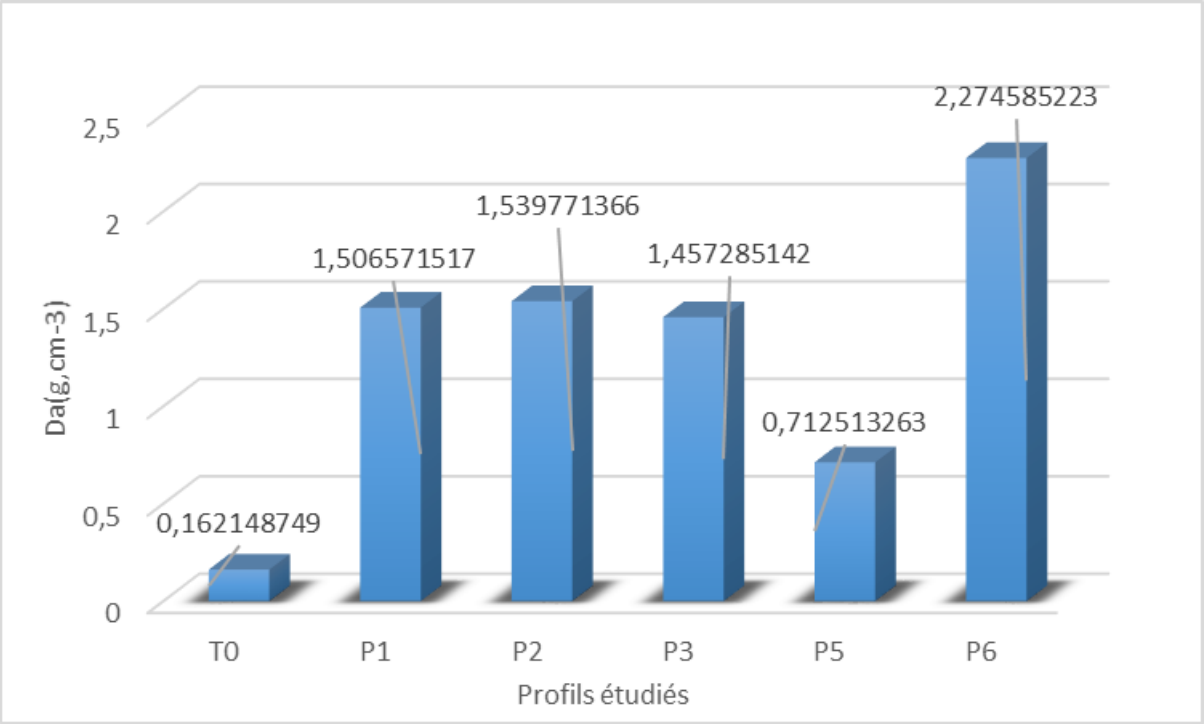


Figure 33: variabilité de la densité apparente dans les profils étudiés

Analyse et interprétations :

L'évaluation de la densité apparente (Da) à travers les différents profils met en évidence une hétérogénéité marquée de l'état physique et structural des sols étudiés. On observe globalement trois grands comportements distincts : d'une part, des horizons très légers et poreux (T0 et P5) dont les faibles valeurs traduisent une forte influence de la matière organique ou une excellente structuration naturelle favorisant l'aération. D'autre part, une majorité de profils (P1, P2 et P3) affiche des valeurs intermédiaires et stables, proches de **1,5 g/cm³**, caractéristiques de sols minéraux typiques soumis à une dynamique hydrodynamique et à un tassement modérés. Enfin, le profil P6 se détache par un comportement extrême avec une densité critique supérieure à **2,2 g/cm³**, révélant un horizon fortement compacté, induré ou à charge grossière élevée. Cette forte variabilité de la densité apparente suggère des disparités majeures dans la porosité totale des profils, ce qui influence directement la capacité d'infiltration de l'eau, la pénétration racinaire et, par conséquent, le potentiel de stockage du carbone organique au sein de ces différents milieux pédologiques.

4. La texture du sol

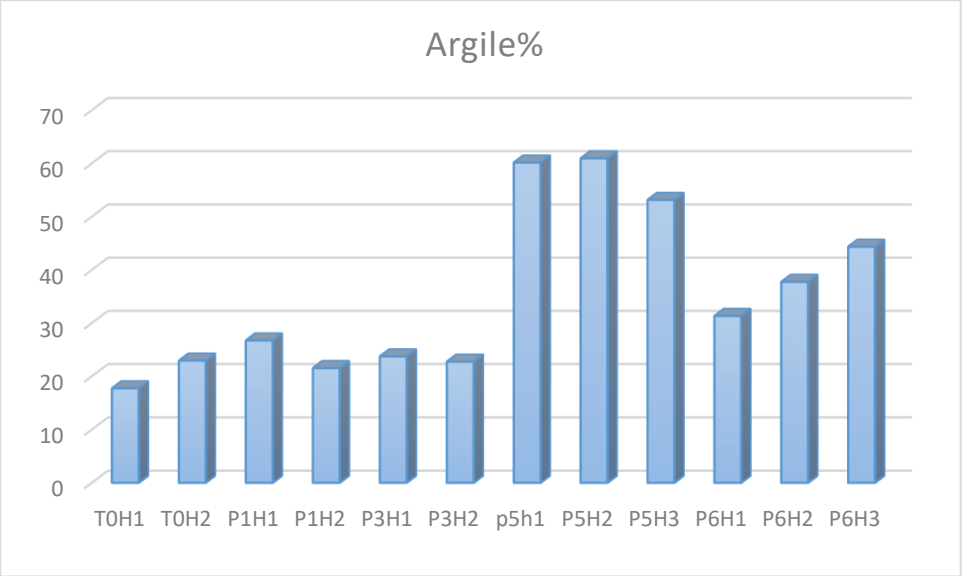


Figure 34 : Variation de la teneur en argile (%) au niveau des différents horizons des profils étudiés.

Analyse et interprétations :

L'analyse de la fraction argileuse met en évidence des contrastes texturaux marqués et trois comportements distincts parmi les sols étudiés. D'une part, les profils T0, P1 et P3 présentent des teneurs modérées et stables (entre 18 % et 28 %), traduisant des sols homogènes et peu différenciés. D'autre part, le profil P5 se distingue par un caractère fortement argileux sur l'ensemble de ses horizons (dépassant 50 % à 60 %), ce qui indique une zone de forte rétention hydrodynamique. Enfin, le profil P6 montre une augmentation progressive de l'argile avec la profondeur (passant de 31 % à plus de 45 %), ce qui témoigne d'un processus classique de lessivage et d'accumulation verticale. Globalement, ces variations de la texture influencent directement la structure physique des sols, leur sensibilité au tassement ainsi que leur potentiel de stockage de la matière organique.

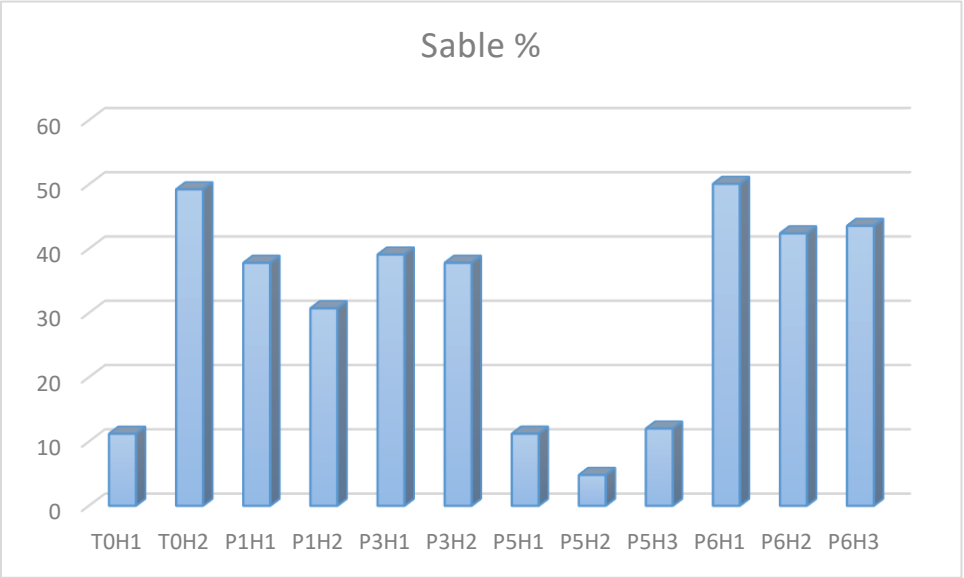


Figure 35 : Variation de la teneur en sable (%) selon les horizons des différents profils étudiés.

Analyse et interprétations :

L'analyse de la fraction sableuse montre une distribution globalement inverse à celle observée pour les argiles, confirmant de forts contrastes texturaux entre les profils. D'une part, les profils P1, P3 et P6 affichent des teneurs en sable élevées et dominantes, oscillant généralement entre 30 % et plus de 50 %, ce qui indique des textures plus légères, une bonne perméabilité et une sensibilité moindre au compactage en surface. À l'inverse, le profil P5 se caractérise par des taux de sable particulièrement faibles (souvent inférieurs à 12 %), ce qui confirme sa nature fine et lourdement argileuse. Enfin, le profil témoin T0 montre une forte discontinuité avec une augmentation brutale du sable en profondeur. Globalement, ces variations de la teneur en sable jouent un rôle clé dans la macroporosité du sol, facilitant l'aération et la circulation de l'eau là où elles sont élevées, mais limitant la capacité de rétention hydrique par rapport aux horizons plus fins.

5. Le carbone organique



Figure 36 : Variation du stock de carbone organique selon les profils étudiés

Analyse et interprétation :

Le stock de carbone organique montre une variabilité spatiale importante entre les profils et les horizons, traduisant l'influence combinée de la profondeur, de la texture et des conditions de pédogenèse. Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau de T0H1 et P1H1 (~175–180), indiquant une forte accumulation de carbone en surface, probablement liée à une richesse en matière organique fraîche et une activité biologique intense. À l'inverse, des valeurs nettement plus faibles apparaissent dans P3H1 (~65) et P5H1 (~70), suggérant une minéralisation plus avancée ou une faible incorporation de matière organique, possiblement en lien avec une texture plus grossière ou des conditions favorisant la décomposition. Les profils intermédiaires comme P2, P4, P5 et P6 présentent des stocks modérés (≈95–140), traduisant un équilibre relatif entre apports organiques et minéralisation. On observe également une tendance générale à la diminution du stock avec la profondeur (H1 → H3), ce qui est cohérent avec la distribution verticale classique du carbone dans les sols. Ainsi, la répartition du carbone confirme une hétérogénéité pédologique marquée, où les horizons de surface dominent en termes de stockage, tandis que certains profils (notamment P3 et P5) apparaissent moins favorables à la séquestration du carbone.

6. La capacité d'échange cationique :

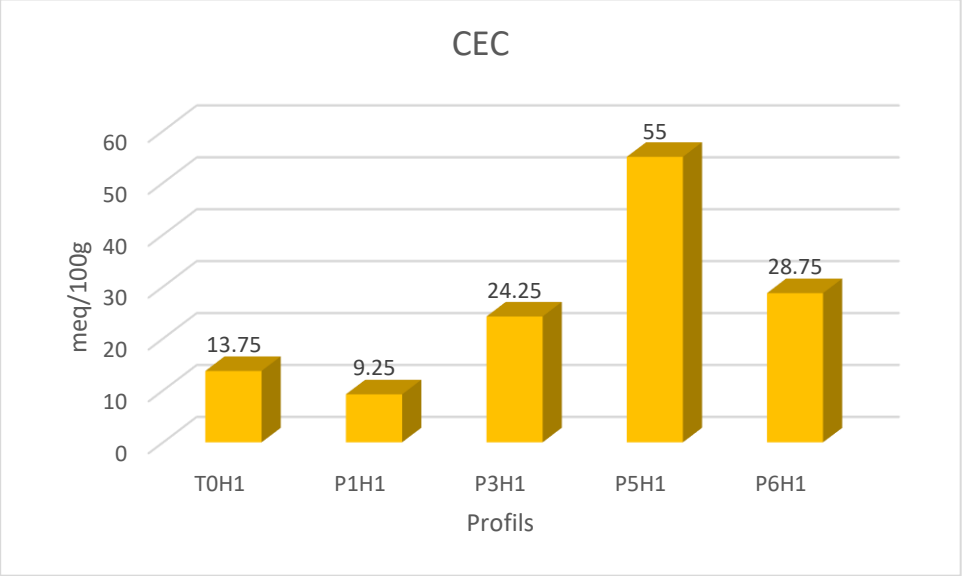


Figure 37 : Variation de la CEC dans les horizons des profils étudiés

Analyse et interprétation :

La capacité d'échange cationique (CEC) des horizons étudiés met en évidence une variabilité spatiale marquée, reflétant directement les différences de texture, de minéralogie et de teneur en matière organique des sols. Le profil P5H1 se distingue nettement par une CEC très élevée (~55 cmol(+)/kg), indiquant un sol riche en colloïdes (argiles actives et/ou matière organique) avec une forte capacité de rétention des cations échangeables, ce qui traduit une fertilité chimique élevée et une bonne capacité tampon. À l'inverse, P1H1 présente une CEC très faible (~9,25 cmol(+)/kg), caractéristique d'un sol pauvre en éléments fins, probablement à texture sableuse, et donc peu apte à retenir les nutriments, favorisant leur lessivage. Les profils P3H1 et P6H1, avec des valeurs intermédiaires (~24,25 et ~28,75), traduisent des sols à activité colloïdale modérée, assurant une fertilité moyenne dépendante des pratiques de gestion, tandis que T0H1 (~13,75) reste relativement faible, suggérant une dominance de fractions grossières et une faible capacité d'échange. Ainsi, la CEC apparaît fortement contrôlée par la texture et la composition du sol, confirmant que P5H1 est le profil le plus évolué et fertile, alors que P1H1 représente le milieu le plus pauvre et le moins réactif chimiquement.

7.Cations échangeables (Ca+Mg)

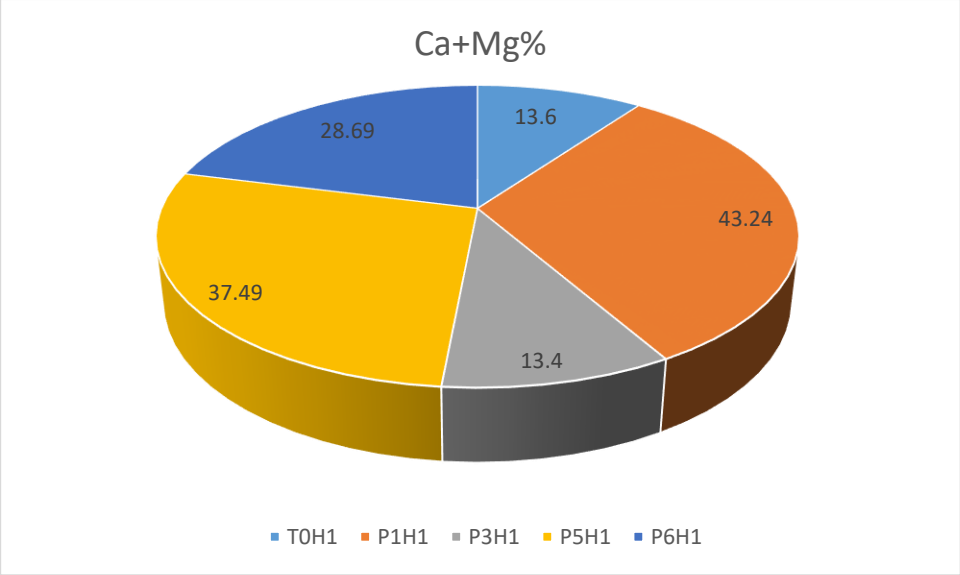


Figure 38: répartition des cations échangeables (Ca+Mg) dans les différents profils étudiés

Analyse et interprétation :

Le diagramme met en évidence une forte hétérogénéité dans la répartition du Ca+Mg% entre les profils étudiés. Les profils P1H1 (43,24 %) et P5H1 (37,49 %) présentent des teneurs relativement élevées en bases échangeables (Ca^{2+} et Mg^{2+}), traduisant une meilleure saturation du complexe adsorbant et donc un niveau de fertilité chimique plus favorable. En revanche, les profils T0H1 (13,6 %) et P3H1 (13,4 %) se caractérisent par de faibles proportions en Ca+Mg, ce qui indique une dominance marquée des autres cations échangeables (probablement H^+, Al^{3+} ou autres éléments acides), reflétant un état plus lessivé et potentiellement acidifié. Le profil P6H1 (28,69 %) montre une situation intermédiaire, suggérant un équilibre relatif mais encore dominé par les autres cations. Globalement, la prédominance des autres cations dans plusieurs profils indique une désaturation partielle en bases et peut être liée à des processus de lessivage intense, à la nature du matériau parental ou aux conditions de drainage, ce qui influence directement la capacité d'échange cationique effective et le potentiel agronomique des sols étudiés

III. Etude de stock du carbone organique des sols :

1. Evolution verticale de la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés (Profil organique) :

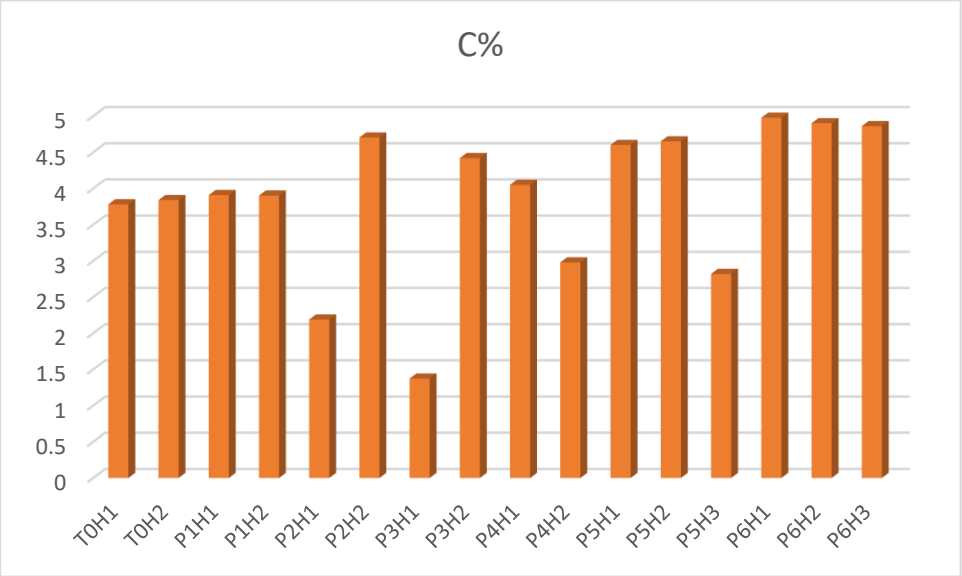


Figure 39 : la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés

Analyse et interprétation :

Les profils superficiels (T0H1 à P3H1), localisés autour de 30 cm, correspondent à des horizons relativement développés, ce qui concorde avec les valeurs plus élevées de CEC observées, suggérant une meilleure accumulation de matière organique et/ou une fraction argileuse plus active. En revanche, la réduction de profondeur à environ 20 cm dans les profils P3H2 à P6H3 traduit une discontinuité pédologique, probablement liée à des conditions moins favorables au développement du sol (érosion, pente, ou dynamique hydrique), ce qui peut expliquer certaines diminutions ou irrégularités de la CEC malgré des teneurs en carbone relativement stables. Ainsi, l'ensemble des résultats confirme que la distribution du carbone organique et de la CEC est étroitement liée à l'organisation des horizons et à leur épaisseur, reflétant une variabilité spatiale des processus pédogénétiques et une interaction complexe entre matière organique, fraction minérale et conditions environnementales.

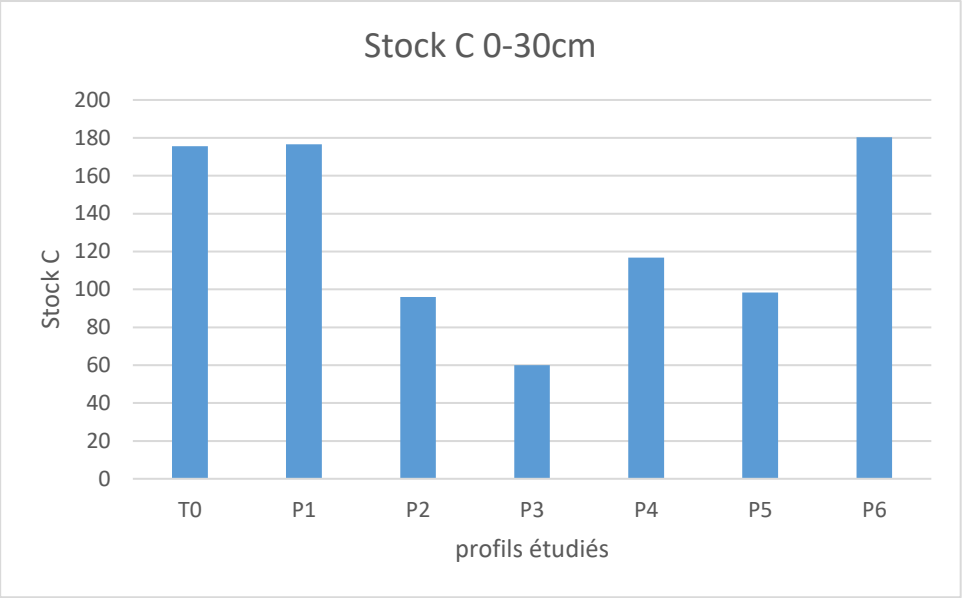
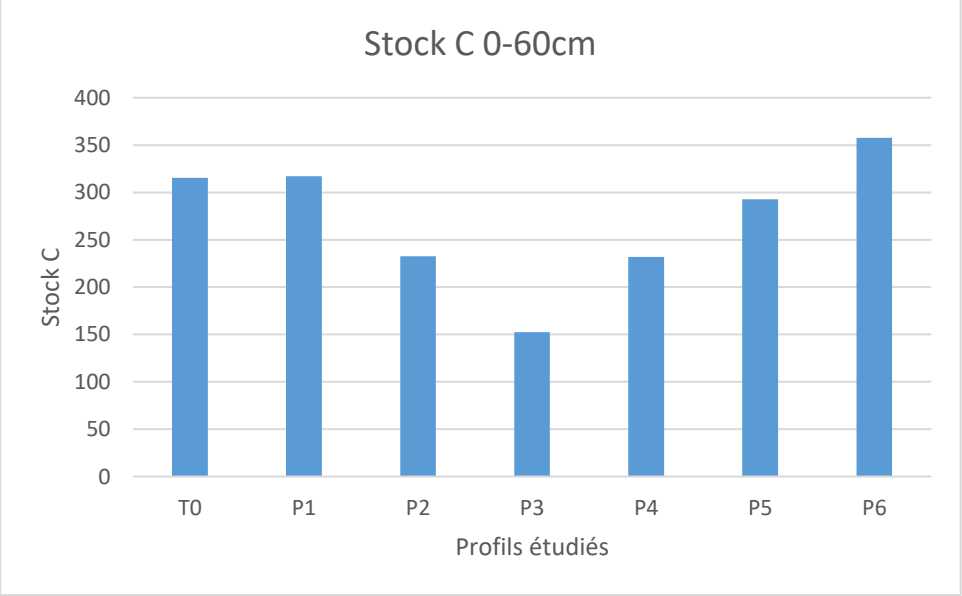


Figure 40 : Évolution du stock de carbone organique du sol (0-30 cm) selon les différents profils étudiés.



Profil 41: Évolution du stock de carbone organique du sol (0-60 cm) selon les différents profils étudiés.

Analyse et interpretation :

Les résultats du stock de carbone organique montrent une variabilité spatiale cohérente entre les profondeurs 0–30 cm et 0–60 cm. Globalement, les profils T0, P1 et surtout P6 présentent les stocks les plus élevés dans les deux cas, tandis que P3 reste le plus faible, avec des valeurs

intermédiaires pour P2, P4 et P5. L'augmentation des stocks entre 0–30 cm et 0–60 cm est observée pour tous les profils, ce qui traduit une contribution des horizons plus profonds à la réserve totale en carbone. Cette distribution est en accord avec les résultats précédents : les profils les plus développés, avec une profondeur plus importante et une CEC plus élevée, favorisent une meilleure accumulation et stabilisation du carbone organique. À l'inverse, les profils moins profonds ou affectés par des conditions défavorables (érosion, faible développement des horizons) présentent des stocks plus faibles. Ainsi, la répartition du carbone confirme l'influence conjointe de la profondeur du sol, de la CEC et des conditions pédogénétiques sur le stockage du carbone.

2. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'espèce végétale

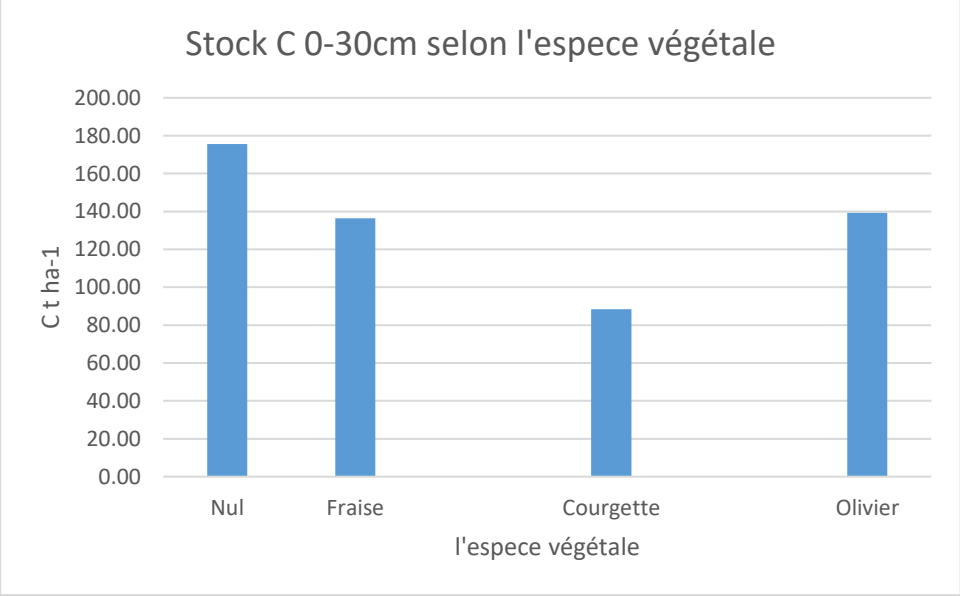


Figure42 : Le stock du carbone sur 30cm de profondeur selon l'espèce végétale

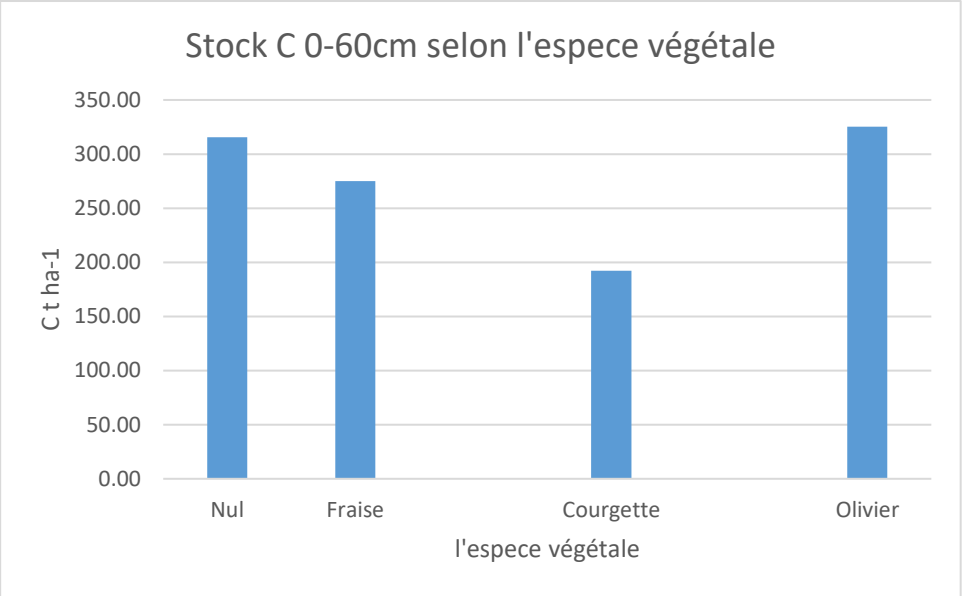


Figure 43: le stock du carbone sur 60cm de profondeur selon l'espèce végétale

Analyse et interprétation :

Les résultats du stock de carbone organique selon l'espèce végétale montrent une variabilité nette et cohérente pour les profondeurs 0–30 cm et 0–60 cm. Les valeurs les plus élevées sont observées pour les sols sans couverture végétale (« nul ») et sous olivier, suivis par la fraise, tandis que la courgette présente les stocks les plus faibles dans les deux cas. L'augmentation systématique des stocks entre 0–30 cm et 0–60 cm traduit l'apport des horizons profonds au stockage total du carbone. En lien avec les résultats précédents, cette distribution s'explique par l'effet combiné de la profondeur du sol, de la CEC et des conditions pédogénétiques : les systèmes associés à une meilleure structuration du sol et à une CEC plus élevée favorisent l'accumulation et la stabilisation de la matière organique, alors que les sols sous cultures plus perturbatrices ou à enracinement moins profond présentent des stocks plus faibles. Ainsi, le type de couverture végétale apparaît comme un facteur déterminant dans la répartition et la dynamique du carbone organique du sol.

Conclusion

Conclusion

À travers l'étude de la variation du stock de carbone organique dans les sols de la région de Skikda (Collo), ce travail avait pour objectif de mieux comprendre les mécanismes qui régissent la distribution et la dynamique du carbone dans les systèmes pédologiques. L'analyse des résultats a permis de mettre en évidence des variations spatiales significatives, traduisant des logiques différentes selon les profils étudiés, en lien avec la profondeur du sol, la capacité d'échange cationique (CEC) et le type de couverture végétale. Ces différences reflètent des conditions pédogénétiques variées, mais aussi des interactions complexes entre les facteurs biologiques, physiques et chimiques du sol, comme l'ont souligné **Batjes (1996),** qui considère les sols comme des réservoirs majeurs de carbone à l'échelle globale. Cependant, au-delà de ces constats, cette étude a également permis de souligner que le stockage du carbone dans les sols ne peut être interprété de manière simple ou linéaire. En effet, bien que certains profils présentent des conditions favorables à l'accumulation du carbone (sols plus profonds, CEC élevée, présence de végétation pérenne), d'autres montrent des valeurs plus faibles malgré des caractéristiques parfois proches, mettant ainsi en évidence l'influence de facteurs multiples et parfois difficilement dissociables. Cette complexité rejoint les travaux de **Lal (2004),** qui insiste sur le fait que la séquestration du carbone dans les sols dépend fortement des conditions locales, des pratiques de gestion et des propriétés intrinsèques des sols.

Par ailleurs, l'analyse selon les types de couverture végétale a révélé que certaines pratiques ou systèmes, notamment arborés, favorisent davantage le stockage du carbone que d'autres, en raison d'un apport continu en matière organique et d'une meilleure stabilisation dans le sol. Ces observations sont en accord avec les travaux **de Lehmann et Joseph (2009),** qui montrent que les systèmes végétaux influencent directement la dynamique et la stabilisation du carbone organique. Toutefois, ces résultats invitent à nuancer l'idée selon laquelle le stockage du carbone dans les sols pourrait constituer une solution unique et universelle face aux enjeux environnementaux. En effet, comme le souligne le rapport du **GIEC (IPCC, 2019),** bien que les sols jouent un rôle important dans l'atténuation du changement climatique, leur capacité de stockage reste limitée et dépendante de nombreux facteurs environnementaux et anthropiques. La variabilité observée et l'incertitude liée aux mécanismes de stabilisation du carbone montrent que cette fonction reste conditionnée par des équilibres fragiles et évolutifs. Ainsi, ce travail met en évidence que, bien que les sols jouent un rôle essentiel en tant que puits de carbone, leur contribution à l'atténuation du changement climatique repose sur des interactions

complexes et parfois incertaines. La frontière entre potentiel de stockage et limitations naturelles apparaît alors relativement fine, soulignant la nécessité d'une approche intégrée et prudente dans la valorisation des sols comme puits de carbone. Enfin, il convient de rappeler que les sols ne se résument pas à leur capacité de stockage du carbone, mais constituent des écosystèmes multifonctionnels dont la préservation est essentielle pour la durabilité des systèmes agricoles et environnementaux, comme le rappelle la **FAO (2017).**

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

Amundson, R. (2001). The evolution of soil. *The Earth Around Us: Maintaining a Livable Planet*, 203-214.

ANAT — Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire. (2011). *Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT 2030)*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Alger, Algérie.

A.N.R.H. — Agence Nationale de la Recherche Hydrique. (1974). *Étude hydrogéologique de la plaine de Collo* (Rapport technique). Direction de la Mission Régionale de l'Hydraulique (D.M.R.H.), Constantine.

B

Ball, D. F. (1964). Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *Journal of Soil Science*, 15(1), 84–92.

Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2010). *Atmosphere, Weather and Climate* (9th ed.). London: Routledge.

Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47(2), 151–163.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 363-375.

Bosch, D., Bruguier, O., Caby, R., Hammor, D., & Hadj-Zobir, S. (2014). Metamorphic evolution and U-Pb detrital zircon patterns of the Collo-Edough basement (NE Algeria). *Journal of African Earth Sciences*, 93, 85-98.

Bouillin, J. P. (1977). *Géologie de la Petite Kabylie (Algérie)* (Thèse de doctorat). Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson.

C

Caby, R., & Hammor, D. (1992). Le massif cristallophyllien de Collo (Algérie) : un témoin d'extension crustale au Miocène en Méditerranée occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 315(2), 701-707.

C.C.G. — Compagnie Générale de Géophysique. (1996). *Étude géophysique de la plaine de Collo* (Rapport technique pour la Direction de la Mission Régionale de l'Hydraulique (D.M.R.H.) de Constantine).

Cherrad, S. E. (1997). *Contraintes d'exploitation des ressources en eau et aménagement hydro-agricole dans les plaines littorales d'Algérie orientale* (Thèse de Magister). Université de Constantine.

Cherrad, S. E., & Bekhouche, S. (2004). Impact des modes d'exploitation des terres sur la salinisation des sols en milieu littoral : Cas de la plaine de Collo (Skikda). *Revue des Sciences de la Terre*.

Colliotte, P. (s.d.). *Climat de la région de Collo*. http://colliotte.free.fr/climat.htm (Consulté en 2026).

𝔇

DPAT Skikda — Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire. (2015). *Données territoriales et statistiques de la daïra de Collo* (Rapport annuel). Wilaya de Skikda.

Durand Delga, M. (1969). Mise au point sur la géologie du Nord de la Kabylie. *Bulletin de la Société Géologique de France*.

𝔈

Emberger, L. (1955). Une classification bioclimatique des climats. *Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique*, Université de Montpellier.

FAO. (2017). *Soil Organic Carbon: the hidden potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 10–25.

Hadj-Zobir, S., & Oberhänsli, R. (2013). New P-T estimates from the metamorphic basement of Collo (NE Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 4515–4527.

Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101-110.

𝔊

IPCC. (2019). *Climate Change and Land*. Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 343–345.

ISO. (1995). *Qualité du sol — Détermination du carbone organique et du carbone total après combustion sèche (analyse élémentaire)* (ISO 10694:1995). Organisation internationale de normalisation.

L

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627.

Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London, pp. 1–12.

Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-65.

M

Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire. (2019). *Monographie socio-économique de la wilaya de Skikda*. Alger, Algérie.

N

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, 5, 961-1010.

O

Office National de la Météorologie (ONM). (2018). *Données climatologiques de l'Algérie (Station de Collo)*. Alger : ONM.

Ozenda, P. (1982). *Les végétations du bassin méditerranéen*. Paris : CNRS Éditions.

P

Parres, J. (1933). *Monographie sur Collo : Ancienne Chullu municipium des Romains*. Département de Constantine. http://m.patrick.pagespersoorange.fr/collo/collo%204%20monographie1.htm (Consulté en 2026).

Pecqueur, B. (2000). *Le développement local* (2e ed.). Éditions La Découverte, Paris.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644.

Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., et al. (2019). *Stocker du carbone dans les sols français : Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?* (Synthèse du rapport d'étude INRA). France.

ℛ

Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017-1023.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Handbook No. 60, Washington.

𝒮

Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. (2013). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change* (3rd ed.). Academic Press, San Diego.

Schlesinger, W. H., & Palmer Winkler, J. (2000). Soils and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 14, 12-25.

Schmidt, M. W. (2012). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478, 49-56.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., et al. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789–813

𝒰.

URBACO. (2014). *Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de la commune de Collo*. Direction de l'Urbanisme et de la Construction (DUC), Skikda.

USDA. (2004). *Soil Survey Laboratory Methods Manual* (Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

𝒱

Vila, J. M. (1980). *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens* (Thèse de doctorat d'État). Paris : Université Pierre et Marie Curie.

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Souilah Nabila Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : Ramoul Aya Nour El Houda

Spécialité : Sciences du Sol

Intitulé **Thème : Variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de Skikda (Cas du Massif de Collo)**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrante

Président(e) de Jury

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Souilah Nabila Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : Drouiche Hadil

Spécialité : Sciences du Sol

Intitulé **Thème : Variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de Skikda (Cas du Massif de Collo)**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrante

Président(e) de Jury

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Souilah Nabila Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : Bouanik Hadil

Spécialité : Sciences du Sol

Intitulé **Thème : Variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de Skikda (Cas du Massif de Collo)**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Président(e) de Jury

Encadrante :

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Souilah Nabila Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : Nadjeh Rania

Spécialité : Sciences du Sol

Intitulé **Thème : Variation spatiale du stock de carbone du sol dans la région de Skikda (Cas du Massif de Collo)**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant

Président(e) de Jury