

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Science de la Nature de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par :

Gadoum lydia rym

Thème :

**Stockage du carbone organique dans
différentes types d'utilisation de sol
aride-cas de Ghardaïa**

Soutenu publiquement le : 13/06/2023

Devant le jury :

BOUNAB CHOAYB	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
MEBAREK OUDINA ASMAHANE	MAA	Univ. Ghardaïa	Examinatrice
BENSLAMA ABDERRAOUF	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadrant
HAMEL IMANE	DR	Univ. Ghardaïa	Co-Encadrante

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Nos sincères remerciements en particulier à notre encadrant : Monsieur BENSLAMA Abderraouf et à notre co-encadrante : Madame HAMEL Imane, pour avoir accordé leur confiance, l'aide qu'ils ont importée pour nous, le suivi des travaux de terrain et l'analyse des résultats, qui ont été essentielle pour nous.

Merci à Monsieur Bounab Choayb Maître de conférence « B » à l'université de Ghardaïa pour l'honneur d'accepté de présider le jury de notre soutenance et à Madame MEBAREK OUDINA ASMAHANE Maître assistante « A » à l'université de Ghardaïa pour avoir accepté d'examiner notre thèse. Soyez assurés de notre profonde reconnaissance pour l'attention que vous avez portée à ce manuscrit et pour le temps que vous avez consacré à son évaluation et à son enrichissement.

Permettez-nous aussi de remercier tous nos collègues et nos amis qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et spécialement à notre promotion ECOLOGIE 2022/2023.

Nous tenons à remercier nos familles pour leurs aides et le soutien durant tous ces années, une chose est sûre, nous n'orientons put faire rien sans vous, MERCI infiniment et que Dieu vous protège.

Merci à tout

DÉDICACE

*À mon père GADOUM Nasser qui n'a pas pu voir mon
travail*

*A mon merveilleux père décédé l'année dernière et qui là où
il est, continue de veiller sur moi.*

*Ma mère ma vie Habbi Nadia Merci de si bien
accomplir ton rôle*

Ma grand-mère Mamadija

Mes sœurs, mes frères

*À mes meilleures amies BENSABA Bouchra Souhila,
ZITA Souhila,*

A toutes la famille

*Je témoignerai éternellement de la gratitude pour tout ce
que vous avez fait pour moi.*

الملخص:

تخزين الكربون العضوي في أنواع مختلفة من استخدامات الأراضي الجافة - حالة غرداية:

تلعب أنظمة استخدام الأراضي دوراً أساسياً في تخزين الكربون العضوي، وكذلك في التعويض عن تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تأثيرات الأنواع المختلفة من استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي على مخزون الكربون العضوي في التربة في منطقة غرداية. في هذا السياق، كان الهدف من هذه الدراسة هو تقدير وتحليل إجمالي مخزون الكربون فيما يتعلق بتوزيعه بين الأنواع المختلفة لاستخدامات الأراضي وسد النقص في البيانات في

جنوب الجزائر فيما يتعلق بمخزون الكربون في التربة. اعتمدت الدراسة على اختيار ثالث محطات (أراضي مزروعة، غابات، أراضي رعوية) في منطقة غرداية. تم أخذ مجموعة من عينات التربة (43 عينة) على عمق من 0 إلى 30 سم. تم إجراء سلسلة من التحليلات على جميع هذه العينات، بما في ذلك الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والمواد العضوية

بطريقتين (LOI و WB). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن التربة تحتوي على درجة حموضة قاعدية ($pH < 8$) ومنخفضة إلى شديدة الملوحة ($EC < 4 \text{ dS / m} < 0.2$) ونسبة منخفضة من المواد العضوية القابلة للأكسدة ($0.01 < MO < 0.6 \text{ WB}$) (أو غير قابل للأكسدة ($0.2 < MO < 5$) (LOI)) ومحتوى منخفض من الكربون العضوي < 1 في هذه

المناطق القاحلة. انخفض إجمالي مخزون الكربون بالترتيب: الغابات (FOR) (> الرعوية) (P) (> الأراضي الزراعية) (CP). هناك حاجة إلى مزيد من الجهود البحثية لتعميق فهمنا لآليات وتقييم العوامل الأخرى التي قد تؤثر على تخزين الكربون في هذه النظم البيئية الهشة.

الكلمات المفتاحية: تخزين الكربون ، المواد العضوية ، المناطق الجافة ، استخدامات الأراضي ، استغلال الأراضي ، غرداية.

Résumé

Stockage du carbone organique dans différents type d'utilisation de sol aride-cas de Ghardaïa

Les systèmes d'utilisation des sols jouent un rôle essentiel dans le stockage de carbone terrestre, ainsi que dans la compensation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Cette étude vise donc à examiner les effets des différents types d'utilisation et d'occupation de sol sur les stocks de carbone organique du sol dans la région de Ghardaïa. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était d'estimer et d'analyser le stock total de carbone en ce qui concerne leur répartition entre les différents types d'utilisation des terres et de combler le manque de données au sud de l'Algérie en ce qui concerne les stocks de carbone dans le sol. L'étude basée sur la sélection de trois stations (terres cultivées, forêts et terres pastorales) dans la région de Ghardaïa. Un ensemble des échantillons de sol ont été prélevés (43 échantillons) à une profondeur de 0 à 30cm. Une série d'analyses ont été effectuées sur l'ensemble de ces échantillons dont le pH, la conductivité électrique et la matière organique par deux méthodes (LOI et W.B). Les résultats obtenus révèlent que les sols ont un pH alcalin ($pH < 8$), peu à trop salés ($0,2 < CE < 4$ dS/m) et un pourcentage faible de matière organique oxydable (W.B) ($0,01 < MO < 0,6$ %) ou non-oxydable (LOI) ($0,2 < MO < 5$ %) et une teneur faible du carbone organique < 1 dans ces zones arides. Le stock total de carbone a diminué dans l'ordre : Forêts (FOR) > Pastorales (P) > Terres cultivées (CP). Des efforts supplémentaires de recherche sont nécessaires pour approfondir notre compréhension des mécanismes et pour évaluer les autres facteurs qui peuvent influencer le stockage du carbone dans ces écosystèmes fragiles.

Mots clés : Stockage de carbone, matière organique, zone aride, utilisation de sol, occupation de sol, Ghardaïa.

Abstract

Organic carbon storage in different types of arid land use-case of Ghardaïa :

Land use systems play an essential role in organic carbon storage, as well as in offsetting CO₂ concentration in the atmosphere. The aim of this study was therefore to examine the effects of different types of land use and occupation on soil organic carbon stocks in the Ghardaïa region. In this context, the aim of this study was to estimate and analyze total carbon stocks in terms of their distribution between different types of land use, and to fill the data gap in southern Algeria with regard to soil carbon stocks. The study was based on the selection of three stations (cropland, forest and pastoral land) in the Ghardaïa region. A set of soil samples was taken (43 samples) at a depth of 0 to 30cm. A series of analyses were carried out on all these samples, including pH, electrical conductivity and organic matter by two methods (LOI and W.B). The results reveal that the soils have an alkaline pH ($pH < 8$), can be too salty ($0.2 < CE < 4$ dS/m) and a low percentage of oxidizable (W.B) ($0.01 < MO < 0.6\%$) or non-oxidizable (LOI) organic matter ($0.2 < MO < 5\%$) and a low organic carbon content < 1 in these arid zones. Total carbon stock has decreased in the order: Forests (FOR) > Pastoral (P) > Cropland (CP). Further research efforts are needed to deepen our understanding of the mechanisms and to assess other factors that may influence carbon storage in these fragile ecosystems.

Keywords: Carbon storage, organic matter, arid zone, land use, land cover, Ghardaïa.

Liste des figures :

Figure 1. Carte géographique présente les limites administratives de la wilaya de Ghardaïa	5
Figure2. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région Ghardaïa	11
Figure 3. Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa	12
Figure 4. Terrain agricole Noumrate Ghardaïa	15
Figure 5. Terrain forestière Metlili Ghardaïa	15
Figure 6. Terrain pastorale Oued Oudjoujen Ben Yazgen Ghardaïa	16
Figure 7. Prélèvement de sol avec une profondeur 0_30 cm	18
Figure 8. pH mètre	19
Figure 9 : Conductimètre appareil	20
Figure 10. Four a moufle	22
Figure 11 : Solution de sel de Mohr	26
Figure 12 : Solution du sol après la préparation	27
Figure 13. Valeurs du pH du terrain agricoles	30
Figure 14. Valeurs du pH du terrain forestiers	30
Figure 15. Valeurs du pH du terrains pastoraux	30
Figure 16. Valeurs du pH dans les 3 stations	31
Figure 17. Valeurs de la conductivité électriques des terrains agricoles	32
Figure 18. Valeurs de la conductivité électriques des terrains forestiers	33
Figure 19. Valeurs de la conductivité électriques des terrains pastoraux	33
Figure20. Valeurs de la conductivité électrique dans les 3 stations.	34
Figure 21. Valeurs de la MO avec la Méthode de LOI dans les terrains agricoles	36
Figure 22. Valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les terrains forestier	36
Figure 23. Valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les terrains pastoraux	37
Figure 24. Valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les 3 stations.	37
Figure 25. Valeurs du carbone organique dans les terrains agricoles	39
Figure 26. Valeurs du carbone organique dans les terrains forestiers	39
Figure 26. Valeurs du carbone organique dans les terrain pastoraux	39
Figure 27. Valeurs du carbone organique dans les 3 stations.	40
Figure 28. Valeurs de la MO par la méthode de W.B dans les terrains pastoraux	41
Figure 29. Valeurs de la MO par la méthode W.B dans les terrains forestiers	42
Figure 30. Valeurs de la MO par la méthode W.B dans les terrains pastoraux	42
Figure 30. Valeurs de la MO par la méthode W.B dans les terrains pastoraux	42
Figure 31. Valeurs de la MO par la méthode de W.B dans les 3 stations.	43

Liste des tableaux :

Tableau 1. Données de l'office National de Météorologie 2020	9
Tableau 2. Données de la précipitation dans la région de Ghardaïa	9
Tableau 3. Vitesse moyenne principale du vent de Ghardaïa	10
Tableau 4. Valeurs statistiques de la réaction du sol	32
Tableau 5. Valeurs statistiques de la conductivité électriques du sol	34
Tableau 6. Classification des sols salés selon Durand 1983	35
Tableau 7. Teneur de la matière organique dans les 3 stations (méthode LOI)	37
Tableau 8. Teneur du carbone organique dans les 3 stations	40
Tableau 9. Teneur de la matière organique dans les 3 stations (méthode W.B)	42

Liste des abréviations

C: Degrée Celsius.

ms : Micro Siemens.

CE 1 :5 : Conductivité électrique de l'extrait aqueux sol/eau : 1/5

M.O : Matière Organique.

C.O : Carbone Organique.

O.N.M : Office National de la Météorologie.

pH : Potentiel Hydrogène.

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

C : carbone

SOM : stockage de la matière organique

SOC : stockage du carbone organique

Nb échant : numéro des échantillons

Moye : moyenne

Max : maximum

Min : minimum

Ecart : écart type

LSCE : Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement

W.B: Walkley Black

LOI: Loss in ignition

Table de matière :

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique	4
2. Géologie	5
3. Pédologie	6
4. Hydrogéologie	6
4.1 Nappe du continental intercalaire	6
4.2 Nappe du complexe terminal.....	7
4.3 Nappe phréatique	8
5. Synthèse climatique et bioclimatique	8
5.1 Synthèse climatique	8
5.1.1 Climat	8
5.1.2 Température	8
5.1.3 Précipitation.....	9
5.1.4 Vent.....	9
5.1.5 L'évaporation	10
5.2 Synthèse bioclimatique	10
5.2.1 Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS	10
5.2.2 Climagramme Emerger	11

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes D'étude

1. Approche méthodologique.....	14
2. Choix des sites d'étude	14
2.1 Station 1.....	14
2.2 Station 2.....	15
2.3 Station 3.....	15

3. Méthode D'échantillonnage.....	16
4. Méthode d'analyse du sol.....	18
4.1. Mesure du pH.....	18
4.1.1. Matériel.....	18
4.1.2. Réactifs.....	18
4.1.3. Méthode	18
4.2. Mesure de la conductivité électrique (C.E.)	19
4.2.1. Matériel.....	19
4.2.2. Réactifs.....	19
4.2.3. Méthode	19
4.3 Etude de la matière organique.	20
4.3.1. La méthode de la perte au feu LOI	20
4.3.1.1 Appareillage	21
4.3.1.2 Dosage.....	21
4.3.1.3 Calculs	21
4.3.2. La méthode Walkley-Black.....	22
4.3.2.1 Matériel.....	22
4.3.2.2 Réactifs	23
4.3.2.3 Procédure	24
4.3.2.4 Calculs	25

Chapitre 3 : Résultats et discussions

1. Etude de la réaction du sol pH	29
2. Etude de la salinité du sol	32
3. Etude de matière organique du sol par la méthode de LOI (La perte au feu)	35
4. Etude du stockage de carbone organique du sol	38
5. Estimation de matière organique par l'analyse du carbone organique par W.B méthode	41
5. Discussion général:	43
Conclusion.....	44

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

Le sol est une ressource vitale, essentielle pour filtrer l'eau, préserver la biodiversité et stocker le carbone atmosphérique. En tant que réservoir essentiel de carbone, les sols ont un rôle clé dans la lutte contre l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. C'est pourquoi leur utilisation est au cœur de nombreux enjeux et objectifs du développement durable (**Abera *et al.*, 2021**).

Il a été proposé d'augmenter les stocks de matière organique des sols pour atténuer le changement climatique, avec l'avantage supplémentaire d'améliorer la structure et l'état des sols (**Lal, 2016**).

Dans certains écosystèmes, ce carbone peut rester longtemps dans le sol, mais la qualité du carbone qui peut être stocké dans les sols dépend des écosystèmes locaux, de l'utilisation et de la couverture des sols (LULC) (**Boubehziz *et al.*, 2020**).

Le carbone organique du sol (COS) est une mesure de la quantité totale de carbone organique (C) dans le sol, indépendamment de son origine ou de sa décomposition. Il contribue de manière déterminante dans le cycle du carbone et l'atténuation du réchauffement climatique, et varie dans l'espace en fonction d'autres propriétés du sol et de l'environnement.

Les effets de l'utilisation des terres et de la modification de l'occupation des sols (LULCC) sont devenus une question clé pour la communauté scientifique concernée par le changement environnemental mondial (**Lambin et Geist, 2006**). Au cours des 50 dernières années, les écosystèmes ont été modifiés plus rapidement et plus profondément qu'à n'importe quelle autre période de l'histoire, en particulier dans la région méditerranéenne (**Serra *et al.*, 2008 ; Steffen *et al.*, 2011**), où les sols sont cultivés depuis des millénaires. Les changements climatiques dus à l'activité humaine ont contribué à la dégradation et à la perte des sols, entraînant une diminution du stockage de carbone dans les sols à l'échelle mondiale (**Eaton *et al.*, 2008**), et de manière plus intense au cours des dernières décennies dans les régions méditerranéennes (**Cerdà *et al.*, 2010**).

Pour faire face à l'augmentation des niveaux de CO₂ dans l'atmosphère et améliorer le potentiel des sols à stocker le carbone, il convient d'accorder une attention systématique et scientifique aux processus d'utilisation des sols (**Smith *et al.*, 2000 ; Lal, 2004**).

Parmi les exemples de changement historique d'affectation des terres et de dégradation des sols, on peut citer : la déforestation, qui est responsable d'environ 77 % des pertes mondiales de carbone (**Houghton et Nassikas 2018**) ; la conversion des zones humides d'eau douce (environ 1 % de la surface terrestre) à des fins agricoles (**Dixon *et al.*, 2016**) ; l'utilisation mondiale (directe ou indirecte) d'un tiers de la surface terrestre pour l'élevage, qui favorise également des

changements préjudiciables des modèles de végétation par le surpâturage et l'érosion (**Giraldo et al., 2011 ; Kuzyakov et al., 2016**) et la salinisation qui affecte actuellement 13 % de la surface agricole par le biais de divers processus (par exemple, une gestion déficiente de l'eau pour la production de cultures dans les zones arides et semi-arides), mais qui s'étend à un rythme de 1,6 M ha par an1 (**Mohamed et al., 2019**).

Ces dernières années, l'utilisation des terres et la séquestration du carbone de la couverture terrestre, en particulier la déforestation et l'intensification de l'agriculture, ont eu un impact significatif sur le processus de réchauffement climatique par le biais des émissions de CO₂ (**Houghton et Hackler 1999 ; Lambin et al., 2001 ; Schulp et al., 2008 ; Ostle et al., 2009**). Après la consommation de carburant, l'utilisation des terres et la séquestration du carbone de la couverture terrestre est considérée comme la deuxième cause majeure d'émissions de CO₂ (**Watson et al., 2000 ; IPCC, 2007**).

Selon la FAO (**2007**), les principales pressions ou facteurs humains qui affectent la dégradation des sols comprennent les demandes de l'agriculture, l'extraction de nutriments, l'élimination des déchets, la croissance démographique, la culture intensive, le surpâturage et l'irrigation excessive.

Le carbone du sol en profondeur (>30 cm) est le principal réservoir de carbone organique du sol (SOC). En général, les 20 premiers cm de sol concentrent plus de la moitié de carbone du premier mètre et sont le siège de 80% du flux (**Metay et al., 2009**). Cependant, le SOC profond n'est souvent pas inclus dans les inventaires de carbone ou les stratégies de gestion, en particulier en Afrique du Nord (**Bounouara et al., 2017**).

En Algérie, il existe des régions considérées comme vulnérables en termes de dégradation des sols et de perte de carbone organique. Cependant, il est important de noter qu'il existe peu de données publiées sur ces régions spécifiques de l'Algérie (**Boubehziz et al., 2020**) surtout dans les zones arides, ce qui crée des lacunes dans notre compréhension des mécanismes régissant la dynamique de la matière organique du sol (SOM). Cela signifie qu'il est nécessaire de mener des études approfondies pour déterminer la teneur en carbone organique et comprendre les processus qui influencent sa séquestration dans ces régions.

Les quelques études sur la quantité et la qualité de la SOM et sa dynamique réalisées en Algérie se sont souvent limitées à une caractérisation préliminaire (**Bensaid et al., 2015, Daoudet Halitim, 1992**). Dans les régions soumises à la désertification, ce serait un bon moyen de prévention ou de lutte.

L'objectif de notre travail est donc d'estimer et d'analyser le stockage du carbone organique dans différents types d'occupation et d'utilisation des terres dans des régions soumises à un climat aride en Algérie (cas de Ghardaïa). C'est une approche pour combler les lacunes dans la connaissance de la séquestration du carbone organique dans ces régions vulnérables.

De ce fait, nous avons divisé notre mémoire sur trois chapitres qui sont :

- ⇒ Le premier chapitre est consacré à une présentation du cadre de l'étude, dans lequel, seront présentées les caractéristiques de la région.
- ⇒ Un chapitre décrira le matériel et les démarches méthodologiques suivies pour caractériser ces sols.
- ⇒ Le dernier chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.

Enfin, nous concluons ce travail en mettant en valeur les principaux résultats obtenus concernant le stockage du carbone organique dans différents types d'occupation et d'utilisation des terres sous l'influence d'un climat aride et nous proposons également des perspectives et des recommandations pour des actions futures.

Chapitre 1 :

Présentation de la région d'étude

1 Situation géographique :

Dans la partie nord du Sahara Algérien, la wilaya de Ghardaïa qui tient sa culture et ses traditions de sa riche histoire, demeure le deuxième pôle touristique Algérien après le littoral et représente une des régions les plus visitées du pays. Elle est située à 600 km au sud d'Alger, englobe la vallée du Mzab qui fait partie du patrimoine mondial. Elle est constituée de 7 daïras (Ghardaïa, Metlili, Berriane, Daïa Ben Dahoua, Zelfana, El Guerrara, Bounoura) et 10 communes (Berriane, Bounoura, Dhayet Bendhahoua, El Atteuf, El Guerrara, Ghardaïa, Mansoura, Metlili, Sebseb, Zelfana). (Bensalah, I *et al.*, 2018).

Les ressources agricoles sont caractérisées principalement par la production phoénicicole. 590.000 quintaux de datte, toutes variétés confondues, sont attendue dans la wilaya de Ghardaïa, au titre de la campagne de cueillette de la saison agricole 2017.

Elle est caractérisée par des plaines dans le Continental Terminal, des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km. Les Escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab et autour duquel gravitent d'autres oasis (Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili, Ghardaïa : (richesse culturelle et potentialités touristiques inédites). (Bensalah, I. *et al.* 2018)

Les coordonnées géographiques du chef-lieu de la wilaya sont (Bichi et Bentamer, 2006) :

-Altitude 480 m. - Latitude 32° 30' Nord. - Longitude 3° 45' Est.

La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.560 km², elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa
- Au Sud par la wilaya de Menia
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad

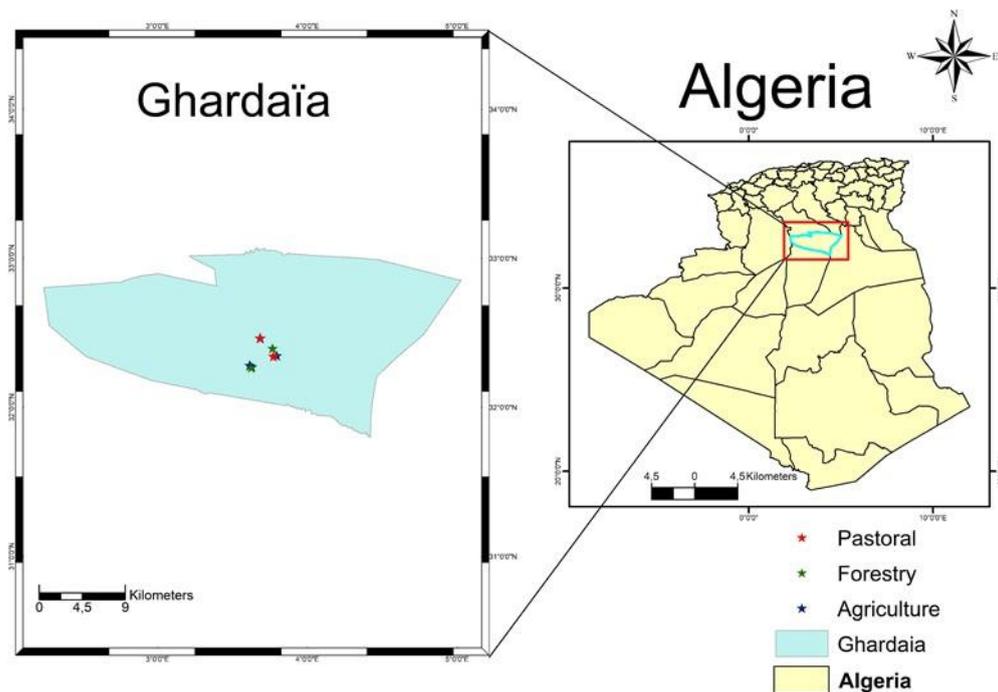


Figure 1 : Carte géographique présente la wilaya de Ghardaïa.

2. Géologie :

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

L'épaisseur du massif calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite ; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféra-flux (nappes phréatiques) (A.N.R.H, 2007).

3.Pédologie :

Ghardaïa présente une grande hétérogénéité et se compose des catégories suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro morphes. La fraction minérale

est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (**Daoud et Halitim, 1994**). La région du M'zab est caractérisée par des sols peu évolués, meubles, profonds, peu salés et sablo-limoneux. Elle possède une texture assez constante qui permet un drainage naturel suffisant. Par contre la dorsale du M'zab qui entoure la vallée appartient aux regs autochtones (**Benzayet, 2010**).

4. Hydrogéologie :

Les études géologiques (**Cornet, 1974; Busson, 1971**) et hydrogéologiques ont permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères sont de haut en bas :

- Nappe des grés du Continental Intercalaire.
- Nappe du Complexe Terminal (sables du Mio-Pliocène, des calcaires de l'Eocène inférieur et de Sénonien).
- Nappe phréatique du Quaternaire.

4.1. Nappe du continental intercalaire :

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grés-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique. La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au continental intercalaire, elle est :

•Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).

•Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (**A.N.R.H, 2007**)

Le Sahara renferme un des puissants systèmes aquifères dont le Continental Intercalaire (CI) qui constitue la principale réserve en eau pour les régions du Grand Erg occidental et la dorsale du Mzab (Sahara septentrional algérien). Afin de comprendre les différents processus qui contrôlent l'acquisition et la modification de la minéralisation des eaux du CI, différentes méthodes d'interprétation des données hydrochimiques ont été appliquées pour décrire les variations spatiales des concentrations en éléments majeurs et mineurs. Cette étude a montré que les eaux du CI sont, au Nord de la zone d'étude (région de Laghouat), plutôt sulfatées calciques. Au Sud de celui-ci (région de Ghardaïa), elles sont sulfatées à chlorurées sodiques avec un enrichissement en Cl par rapport au SO₄ vers l'est en aval piézométrique. Par ailleurs, en s'appuyant sur le calcul des rapports caractéristiques Na/Cl et Br/Cl ainsi que sur l'indice de saturation, l'origine de la salinité évaporitique non marine a pu être identifiée. L'étude de cette variation spatiale a mis en évidence que les concentrations des ions sont contrôlées par des phénomènes naturels qui sont en relation avec les caractéristiques lithologiques de l'aquifère (dissolution du gypse et de l'halite, échanges cationiques), mais également par l'intensité de l'exploitation qui a tendance à provoquer un mélange d'eau avec des niveaux aquifères plus profonds et plus salés. Ainsi, on conclut que le fonctionnement hydrogéologique, et a l'hydrochimique, est fortement influencé par la surexploitation qui augmente significativement la salinité (**Hakimi et al., 2019**).

4.2. Nappe du complexe terminal :

Le terme de Complexe Terminal désigne les formations les plus récentes déposées au Bas Sahara, en opposition avec les formations du Continental Intercalaire. Dans le bassin oriental, le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal sont séparés par la transgression Cénomanienne.

Le Complexe Terminal au sens strict englobe : le Sénonien, l'Eocène, le Miocène, et le Plio-Quaternaire. Alors que le Complexe Terminal au sens large comprend en plus le Turonien.

Cet ensemble forme en fait un aquifère multicouche, constitué d'unités perméables séparées par des couches imperméables ou semi-perméables (**Nesson, 1975**).

4.3 Nappe phréatique :

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques.

L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie. La qualité chimique des eaux est comme suit:

- En amont, elle est bonne à la consommation.
- En aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H, 2007).

5. Synthèse climatique et bioclimatique :

5.1 Synthèse climatique :

5.1.1 Climat

Pour caractériser le climat d'une région donnée, la température et les précipitations ; _ Données climatiques de la zone d'étude de 1990 à 2018 (O.N.M., 2020) (Chikhi et al., 2022).

D'après les résultats climatiques de la région, le climat est typiquement saharien, qui se caractérise par deux saisons: une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) et une grande différence entre les températures de l'Eté et de l'Hiver (A.N.R.H., 2012). Le manque de précipitation, accentue l'aridité, et la durée d'évaporation de la tranche annuelle de pluie très courte (YOUCEF, 2003)

5.1.2 Température

La saison très chaude dure Avril au Septembre, avec une température quotidienne moyenne supérieure à 44 °C et Juillet le mois le plus chaud de l'année, tandis que la saison fraîche dure d'Octobre au mois de Mars, avec une température quotidienne moyenne inférieure à 3 °C remarqué au mois de Janvier.

Tableau 01 : Données de l'Office Nationale de Météorologie 2020

Mois	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
Min	2.49	3,62	6.06	10.03	14.53	20.78	25.57	24.98	18.49	13.99	6.5	3.07	12,51
Max	21.9	24.5	29.6	34.8	39.1	42.9	44	43.8	40.7	34.8	27.8	21.7	33 ,8

5.1.3 Précipitation :

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse presque absolue du mois de Mai jusqu'au mois de Juillet, et par un maximum de 18,76 mm au mois de Septembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 89,70mm (O.N.M., 2020).

Tableau 02 : Données de la précipitation dans la région de Ghardaïa 2020

Mois	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Somme
Précipitation (mm)	10.9	3.8	9.6	8.6	3.8	3.3	2.4	5.5	18.7	7.5	8.4	7.3	89.7

5.1.4 Vent :

Cette section traite le vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires.

La vitesse du vent à Ghardaïa connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 5,7 mois, du 19 janvier au 10 juillet, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,1 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Ghardaïa est Avril, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 5.7 kilomètres par heure.

La période la plus calme de l'année dure 6,3 mois, du 10 juillet au 19 janvier. Le mois le plus calme de l'année à Ghardaïa est Octobre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 4.2 kilomètres par heure.

Tableau 03 : La vitesse du vent de Ghardaïa.

mois	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Vitesse vent	4.5	4.2	5.1	5.7	5.5	5.4	4.2	3.1	3.3	3.9	3.1	4.28

5.1.5. L'évaporation :

La plus élevée de l'évaporation qui possède au monde c'est dans le Sahara. Cette perte d'eau, peut avoir comme origine : - l'évaporation de masses d'eau libre ou de celle contenue dans le sol, ou évaporation physique. - l'évaporation par les végétaux (qui peut être considérée comme secondaire dans les régions sahariennes. L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 527.62 mm /an, avec un maximum mensuel de 76.97 mm au mois de Juillet et un minimum de 17.62 mm au mois de Janvier (O.N.M, 2013) (Chahema ,2011).

5.2 Synthèse bioclimatique :

En général le climat d'une région présentée par un diagramme ombrothermique de Banfouls et gausсен le climagramme d'émberger

5.2.1 Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$ (Bagnouls, F., & Gausсен, H. 1957)

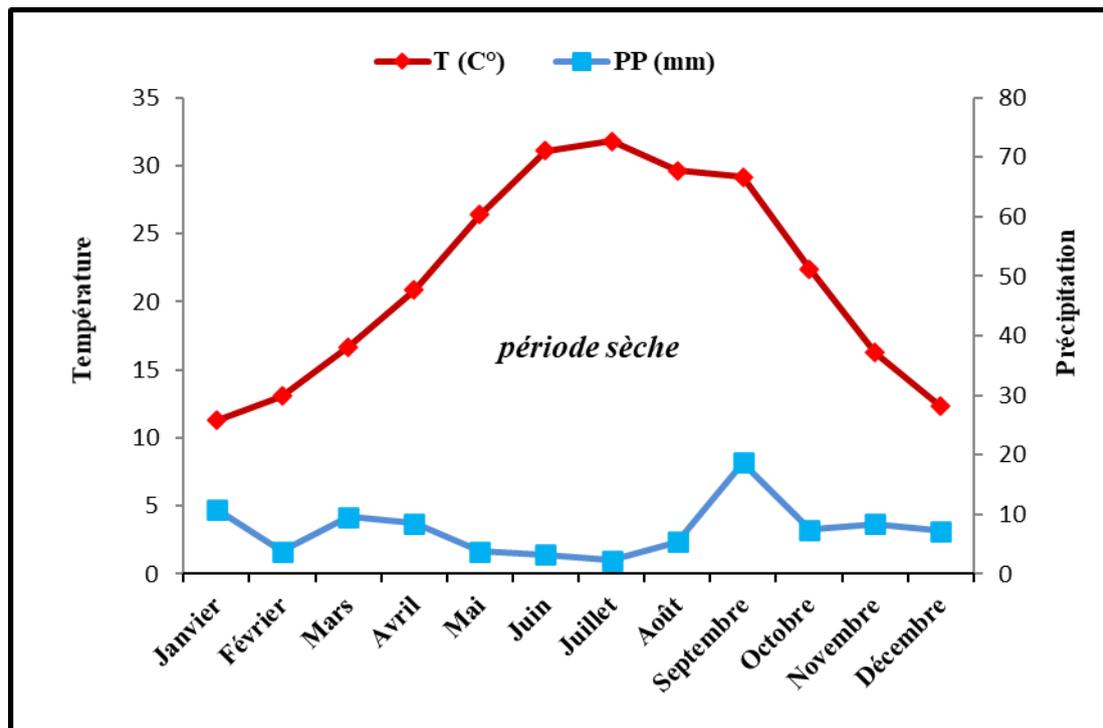


Figure 2 : Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Ghardaïa (GADOUM, LR.2023).

5.2.2 Climagramme EMBERGER

Permet de classer les différents types de climats méditerranéens ((DAJOZ, 1985); (DAJOZ, 2003).

Le calcul du potentiel bioclimatique pour chaque étage bioclimatique est basé sur la carte bioclimatique. En utilisant des cartes bioclimatiques, les données climatiques de base peuvent être corrélées avec des stratégies appropriées et des mesures de conception correspondantes

Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969) :

$$Q2=3,43 p/ (M-m)$$

P= Pluviométrie moyenne en (mm)

M= Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)

m= Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

3,43= Coefficient établi par Stewart pour l'Algérie Le climat étant plus humide, le quotient thermique de la pluie est plus élevé (Dajoz, 1985).

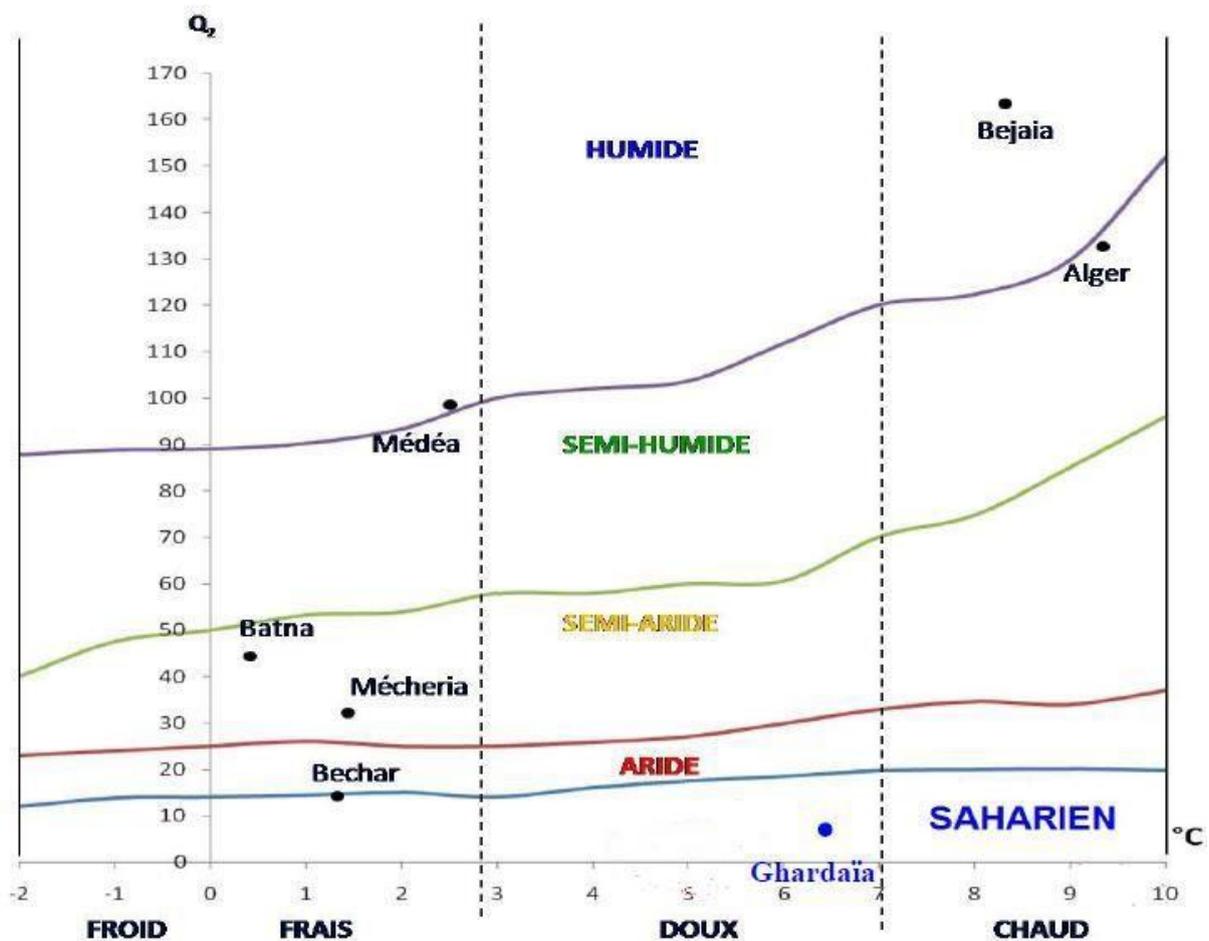


Figure03 : Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa.

A partir de ce Climagramme (Figure 3), le Q_2 pour la région de Ghardaïa est égale à 6,5. De ce fait, nous constatons que l'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa est saharien à hiver doux. Le diagramme pluviothermique et bioclimatique, inspiré de **Pouget (1980)**, la classerait dans le climat saharien à hivers tempérés et **Le Houérou (1989)** dans l'hyperaride inférieure à hivers tempérés.

Le climat de Ghardaïa se caractérise par une faible pluviométrie annuelle et une évaporation très élevée qui a accentué la vulnérabilité des sols au risque de la salinisation. Sur le terme du bilan climatique, dont le taux d'évapotranspiration élevée, une obligation pour mettre en œuvre un système d'irrigation efficace et qui couvre le déficit hydrique durant toute l'année au niveau de notre zone d'étude.

Chapitre 2 :

Matériel et Méthodes D'études

1. Approche méthodologique :

Dans notre travail, nous avons adopté une approche méthodologique basée sur l'analyse de trois stations spécifiques. Voici les détails de notre démarche pour chaque station :

- ✓ Premièrement, identifier les régions ou les zones géographiques spécifiques où nous souhaitons collecter nos données sur les terrains agricoles, ensuite on a déterminé les critères de sélection c'est-à-dire on a établi des critères de sélection pour les terrains agricoles, tels que la taille, le type de culture, les pratiques agricoles etc., puis on a planifié notre échantillonnage à savoir organiser un calendrier pour effectuer des visites sur le terrain afin de collecter les données nécessaires.
- ✓ Deuxièmement, préparation des outils : préparer les outils de collecte de données tels que la tarière pédologique, pelle, pioche, sachet, marqueur, GPS (pour enregistrer les coordonnées géographiques), caméras (pour photographier les différents échantillons de sol) ... etc.
- ✓ Troisièmement, collecte de données sur les caractéristiques physiques : Lors des visites sur le terrain, collecter des données sur les caractéristiques physiques des terrains, comme la topographie, le type de sol, la pente, le drainage, etc.

2. Choix des sites d'étude :

Sélection des terrains de différentes occupations de sol:

2.1. Station 1 : Terrains agricoles

Nous avons collecté 15 échantillons de sol sur les deux terrains situés dans Oued Drine, Noumrate (Ghardaïa), avec une parcelle pivot exploitée depuis une période de 5 ans



Figure04 : Terrain agricole Noumrate Ghardaïa.

2.2. Station 2 : Terrains forestières

Dans le cadre de notre étude sur les terrains forestiers situés en face de l'Université de Science technologique de Ghardaïa, la collecte d'échantillons a été réalisée en sélectionnant 13 échantillons représentatifs des terrains forestiers qui couvre toute la zone étudiée.



Figure 05 : Terrain forestière Metlili Ghardaïa

2.3. Station 03 : Terrains pastoraux

Dans le cadre de notre étude sur les terrains pastoraux, nous avons sélectionné deux sites spécifiques : Oued Draine dans la région de Ghardaïa Noumrat et Oued de Ben Agen à Ghardaïa. Ces sites ont été choisis en raison de leur pertinence pour notre recherche sur les écosystèmes pastoraux. Nous avons procédé à la collecte de données en prélevant 15 échantillons de sol dans les deux sites. Ces échantillons ont été sélectionnés de manière représentative pour couvrir différentes zones et conditions du terrain pastoral.



Figure06 : Terrain pastorale Oued Oudjoujen Ben Yazgen Ghardaïa

En conséquence, nous avons prélevé un total de 43 échantillons de sol à une profondeur de 0 à 30 cm. Ces échantillons ont été collectés dans différentes zones où différentes pratiques de gestion des sols sont mises en œuvre. Cette approche nous permettra d'évaluer les effets de ces pratiques sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol.

3. Méthode D'échantillonnage :

La méthode d'échantillonnage utilisée est un échantillonnage aléatoire simple. Cette méthode nécessite que chaque point d'échantillonnage ait la même probabilité d'être sélectionné. Dans notre étude, nous avons appliqué cette méthode en prélevant des échantillons de sol à 43 points répartis sur 3 stations. Cette approche garantit une représentativité statistique

de notre échantillon et permet d'obtenir des données fiables et généralisables sur les caractéristiques du sol dans la région étudiée. (Orange *et al* .1990).



Figure07 : Prélèvement de sol avec une profondeur 0_30 cm.

Pour assurer la traçabilité et la précision des échantillons, ces derniers ont été géo-référencés lors de notre collecte. Les points d'échantillonnage ont été enregistrés avec leurs coordonnées géographiques à l'aide de GPS pour une localisation précise sur le terrain.

Chaque échantillon de sol prélevé a été prélevé à une profondeur constante de 0 à 30 cm, ce qui permet une comparaison homogène des caractéristiques du sol entre les différents points d'échantillonnage. Cette profondeur a été choisie en fonction de sa pertinence pour évaluer les propriétés physiques et chimiques du sol liées aux pratiques de gestion et à l'utilisation des terres.

Après la collecte, les échantillons de sol ont été soigneusement placés dans des sacs en plastique pour éviter toute contamination croisée et de les préserver. Les sacs ont été correctement étiquetés avec des informations précises sur le site d'échantillonnage, la date et d'autres données pertinentes (description du site locale).

Les échantillons de sol ont ensuite été transportés au laboratoire. Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons ont été séchés à l'air à une température ambiante pour éliminer toute humidité résiduelle pouvant affecter les analyses ultérieures.

Une fois secs, les échantillons ont été tamisés à travers un tamis de 2 mm Cette étape permet de préparer les échantillons de manière homogène et d'éliminer les matériaux indésirables tels que les pierres ou les racines.

Ces échantillons préparés sont prêts à être soumis à des analyse en laboratoire pour évaluer les caractéristiques physiques, chimiques du sol tel que le pH, Conductivité électrique, Matière organique par la méthode Walkley Black et la méthode LOI (perte au feu).

4. Méthode d'analyse du sol :

4.1. Mesure du pH :

Un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur.

4.1.1. Matériel :

Balance de précision à 0,1mg, spatules un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur. Verre de montre, pissette souple de 250ml, béchers de 50ml (1 par échantillons), pH-mètre + électrodes, agitateur magnétique et barreaux aimantés.

4.1.2 Réactifs :

Eau distillée exempte de matières réductrices et ayant un pH mètre.

4.1.3. Méthode :

Mesuré au pH .

- Peser 10 g de sol dans un bécher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau distillée.
- Agiter durant 2h.
- Laisser pendant 24h .

- Plonger l'électrode dans le liquide et effectuer la mesure de pH.
- Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes.
- Noter les valeurs à la décimale près



Figure 08: pH mètre

4.2. Mesure de la conductivité électrique (C.E.) :

4.2.1. Matériel :

Balance de précision à 0,1 mg, spatules, verre de montre, pissette souple de 250ml, béchers de 50 ml (1 par échantillons), Conductimètre + électrodes, agitateur magnétique et barreaux aimantés.

4.2.2. Réactifs :

Eau déminéralisée exempte de matières réductrices et ayant une conductivité inférieure à 0,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

4.2.3. Méthode :

Mesuré au conductimètre, avec un rapport sol / eau de 1/5.

- Peser 10 g de sol dans un bécher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau distillée.

- Agiter durant 2h.
- Laisser pendant 24h .
- Plonger l'électrode dans le liquide et effectuer la mesure de C.E.
- Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes.
- Noter les valeurs à la décimale près



Figure 09 : Conductimètre

4.3 Etude de la matière organique

4.3.1. La méthode de la perte au feu LOI (Loss in ignition) :

La perte au feu est une technique couramment utilisée pour déterminer la matière organique. Elle est basée sur la combustion de l'échantillon à haute température et la mesure de la masse du résidu. La différence entre la masse initiale et la masse résiduelle permet de calculer la quantité de carbone présente dans l'échantillon. Cette méthode présente plusieurs avantages par rapport aux autres méthodes de mesure du carbone, notamment sa simplicité et son faible coût. Cependant, la présence d'autres éléments tels que l'azote et le soufre dans l'échantillon peut être affectée, et ces éléments peuvent également brûler lors de la combustion.

La perte au feu permet de mesurer directement la matière organique dans le sol. On place les échantillons pendant une nuit (8 heures) dans un four à moufle à 375 °C. La perte de poids, après calcination, nous donne la matière organique.

Il faut éviter les températures plus élevées, car les carbonates présents dans le sol se fractionnent, augmentant la teneur en matière organique. Le pré séchage des échantillons à 150 °C réduit la variabilité du test en éliminant l'eau emprisonnée dans les feuillets de sol.

4.3.1.1. Appareillage :

- Four à moufle
- Étuve
- Creuset de porcelaine de 30 ml

4.3.1.2. Dosage :

- Sécher l'échantillon de sol pendant une nuit (16 heures) à 150 °C.
- Nettoyer les creusets en les chauffant au rouge, puis laisser refroidir au dessiccateur pendant 10 minutes.
- Prendre le poids du creuset vide. Ajouter 10 g de sol séché. Noter le poids final.
- Calciner le sol au four à moufle à 375 °C pendant 8 heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres.

4.3.1.3. Calcul :

Les résultats de l'échantillon sont calculés à partir de l'une ou l'autre des équations suivantes :

$$\%MO = \frac{\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinéré (g)}}{\text{poids sol sec (g)}} \times 100$$

$$\%MO = \frac{((P1 - P0) - (P2 - P0))}{(P1 - P0)} \times 100$$

Où

M. O. : matière organique.

P0 : poids du creuset vide.

P1 : poids final .

P2 : poids du creuset contenant les cendres.

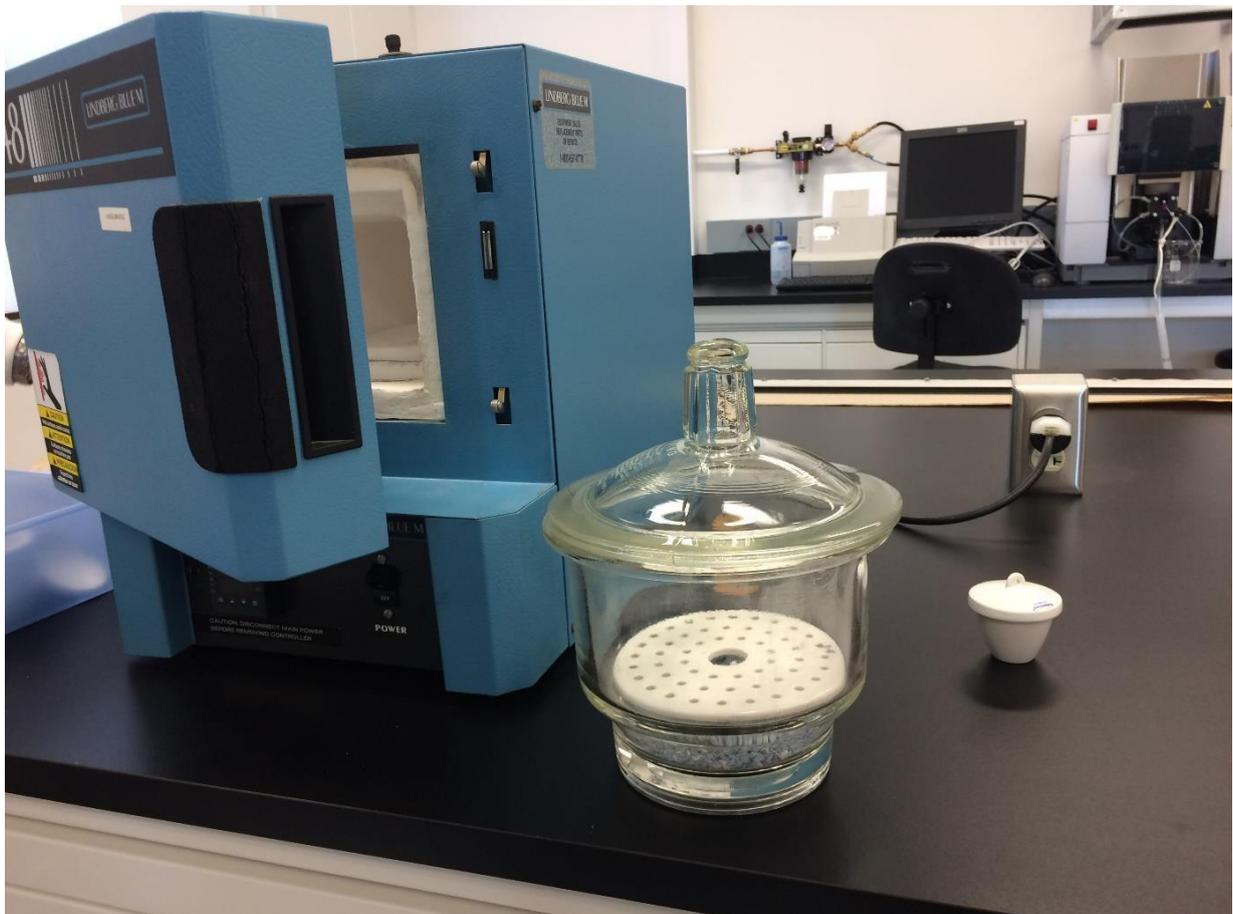


Figure 10 : Four à moufle

Mesure du carbone organique et l'estimation de la MO :

Pour déterminer le MO il faut déterminer le carbone organique par la méthode W.B :

4.3.2. La méthode Walkley-Black :

4.3.2.1. Matériel :

- Balance de précision, avec une appréciation dépendant du poids de l'échantillon.
- Burette de 50 ml, avec une appréciation de $\pm 0,02$ ml pour la solution titrante.
- Burette volumétrique/distributeur de $10,00 \text{ mL} \pm 0,01 \text{ mL}$, d'incertitude connue, à utiliser avec la solution de bichromate de potassium.
- Distributeur volumétrique, ajusté à 20,0 ml, à utiliser avec l'acide sulfurique concentré.
- Fioles d'Erlenmeyer, 500 ml
- Agitateur magnétique et barre
- Four capable d'atteindre une température de 105°C
- Fioles jaugées ; 1000 ml
- Baguette de verre
- Bécher ; 100 mL, 250 mL
- Hotte - extraction/ventilation
- Burette et support

4.3.2.2 Réactifs :

Pour la méthode de titrage :

- Eau distillée, elle doit avoir une $\text{CE} < 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ dS m}^{-1}$
- Dichromate de potassium étalon, 0,167 M (1,0 N) Dissoudre 49,04 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ de qualité analytique traçable ou équivalente (préalablement séché à 105°C pendant 2 heures et refroidi dans un dessiccateur à la température ambiante) dans de l'eau distillée, et diluer la solution jusqu'à un volume de 1000 mL.
- Acide sulfurique concentré (pas moins de 96 %) - Pour la méthode de titrage et la méthode colorimétrique Si le sol contient du Cl^- , ajouter Ag_2SO_4 à l'acide à raison de 15 g par litre.

- Acide phosphorique, 85% (si l'indicateur diphénylamine est utilisé) L'acide phosphorique est ajouté pour former un complexe avec le fer (III) interférent, ce qui permet un changement de couleur plus net de l'indicateur.

- Indicateur : Complexe o-phénanthroline - ferreux, 0,025 M Dissoudre 1,485 g de monohydrate d'o-phénanthroline (qualité analytique) et 0,695 g de sulfate ferreux heptahydraté ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (qualité analytique) dans de l'eau distillée. Diluer la solution jusqu'à un volume de 100 ml.

- Réactif de titrage : Solution de sulfate ferreux (FeSO_4), 0,5 M Dissoudre 140 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de qualité analytique dans de l'eau distillée, ajouter 15 mL d'acide sulfurique concentré, refroidir la solution et la diluer à un volume de 1000 mL avec de l'eau distillée. Étalonner quotidiennement ce réactif en le titrant avec 10 mL de bichromate de potassium 0,167 M (1 N).

Remarque : Le Fe^{2+} contenu dans les deux solutions s'oxyde lentement lorsqu'il est exposé à l'air, c'est pourquoi il doit être étalonné quotidiennement par rapport au bichromate. Préparer une nouvelle solution tous les 30 jours.

4.3.2.3. Procédure :

- Peser 1,0 g de sol séché à l'air (ajuster si nécessaire, voir les recommandations du tableau 1) dans un erlenmeyer de 500 ml.

- Ajouter 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,167 M et agiter doucement l'erlenmeyer pour disperser le sol dans la solution.

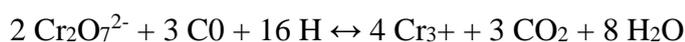
- Puis, avec précaution, ajouter rapidement 20 ml de H_2SO_4 concentré, en dirigeant le jet dans la suspension.

- Agiter immédiatement la fiole doucement jusqu'à ce que le sol et les réactifs soient mélangés, puis plus vigoureusement pendant 1 min au total.

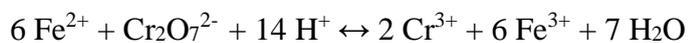
- Pour minimiser la perte de chaleur, laisser reposer la fiole sur une feuille isolée pendant 30 minutes dans une hotte.

- Ajouter 200 ml d'eau à la fiole : Filtrer la suspension à l'aide d'un papier filtre résistant aux acides (par exemple Whatman n° 540), si l'expérience montre que le point final du titrage ne peut être clairement discerné.
- Ajouter 10 ml de H₃PO₄ à 85 % (si l'on utilise un indicateur au sulfonate de diphénylamine de baryum).
- Ajouter trois à quatre gouttes d'indicateur o-phénanthroline ou d'indicateur au sulfonate de diphénylamine de baryum et titrer la solution avec une solution 0,5 M de FeSO₄ ou 0,5 M de (NH₄)₂ Fe(SO₄)₂·6H₂O.
- Au fur et à mesure que l'on s'approche du point final.
- Titrage à la "ferroïne", lors de l'utilisation de l'indicateur o-phénanthroline, la solution prend une teinte verdâtre et passe ensuite au vert foncé. À ce stade, ajouter le sulfate ferreux heptahydraté goutte à goutte jusqu'à ce que la couleur passe brusquement du bleu au rouge (couleur marron en lumière réfléchiée sur fond blanc).
- Calculer le %CO à l'aide du calcul donné à la section
- Estimer la MO par le résultat de le CO

4.3.2.4 Calcules:



1 ml de solution de bichromate 1 N équivaut à 3 mg de carbone Après la réaction, l'excès de Cr₂O₇ est titré avec 0,5 M de FeSO₄ ou 0,5 M de (NH₄)₂ Fe(SO₄)₂·6H₂O.



$$\text{CO}\% = \frac{(V \text{ blank} - V \text{ samples}) \times M_{\text{Fe}^{2+}} \times 0.003 \times 100 \times f \times \text{mcf}}{W}$$

$$\text{M}\% = \text{CO} \times 1.724$$

où : *V blank* = volume du réactif de titrage dans le blanc, en ml *Vsample* = volume du réactif de titrage dans l'échantillon, en ml

$M_{Fe^{2+}}$ = concentration de la solution normalisée de $FeSO_4$ ou $(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, molarité

0.003 = carbone oxydé (indiqué ci-dessous)

= $12 \text{ g C mole} \times 1 \text{ mole } K_2Cr_2O_7 / 6 \text{ moles } FeSO_4 \times 3 \text{ moles } C / 2 \text{ moles } K_2Cr_2O_7 \times 1 \text{ L} / 1000 \text{ mL}$

f = facteur de correction, 1.3

W = poids du sol, g

mcf = facteur de correction de l'humidité

MO = matière organique

Note : Un facteur de correction d'oxydation de 1,3 est nécessaire car, en moyenne, seulement environ 77% du carbone organique est récupéré par cette méthode. Il faut cependant considérer que la valeur de ce facteur est très variable, puisqu'elle est conditionnée par le type de sol et par la nature de la matière organique.

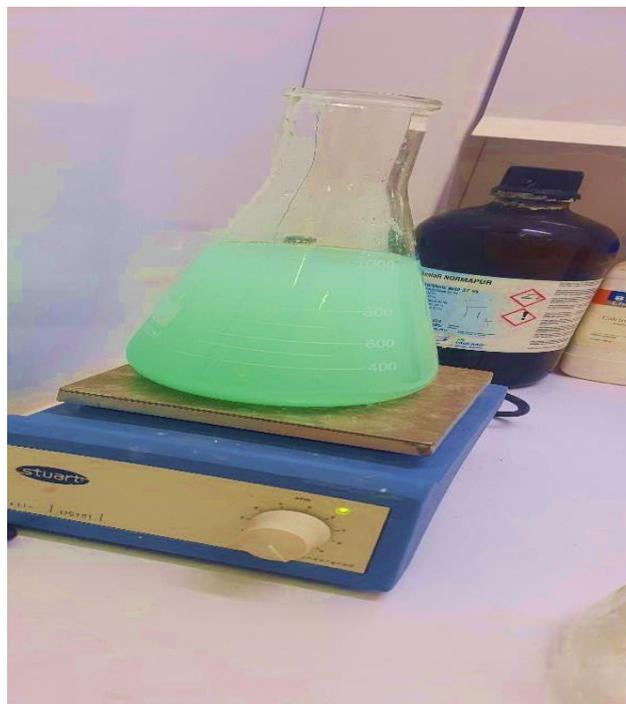


Figure 09 : Solution de sel de Mohr



Figure 10 : Solution du sol après la préparation

Chapitre 3 : Résultats et discussions

1. Etude de la réaction du sol pH :

Le pH traduit le degré d'acidité ou d'alcalinité (basicité) de l'eau en contact avec le sol - pH eau. Par ses interactions avec de nombreux processus chimiques et biologiques, le pH conditionne et reflète la disponibilité des éléments dans le sol. Il constitue donc un indicateur utile, en combinaison avec d'autres, pour appréhender la fertilité chimique des sols **(DUCHAUFOR, 2001)**.

L'étude de la variabilité de la réaction du sol par la détermination du pH est effectuée sur une profondeur de 0 à 30 cm dans toutes les stations étudiées avec un nombre total de 43 prélèvements (figure13,14,15,16).

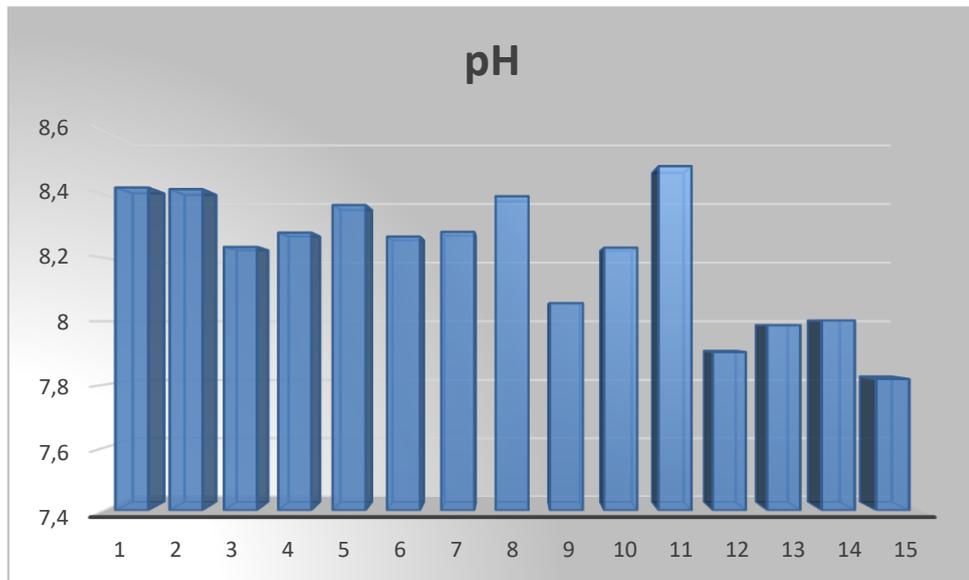


Figure 13: Valeurs du pH des terrains agricoles

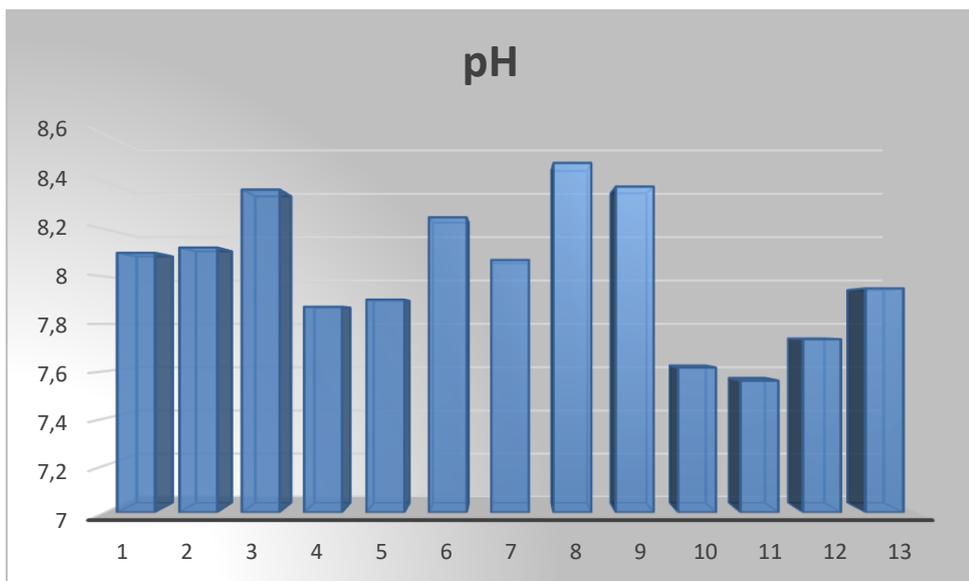


Figure 14 : Valeurs du pH des terrains forestiers

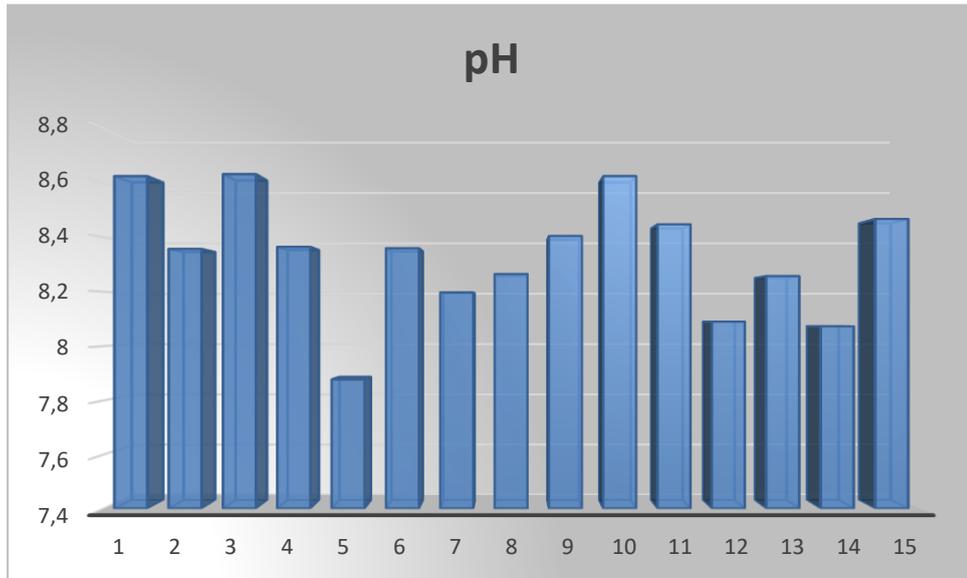


Figure 15 : Valeurs du pH des terrains pastoraux

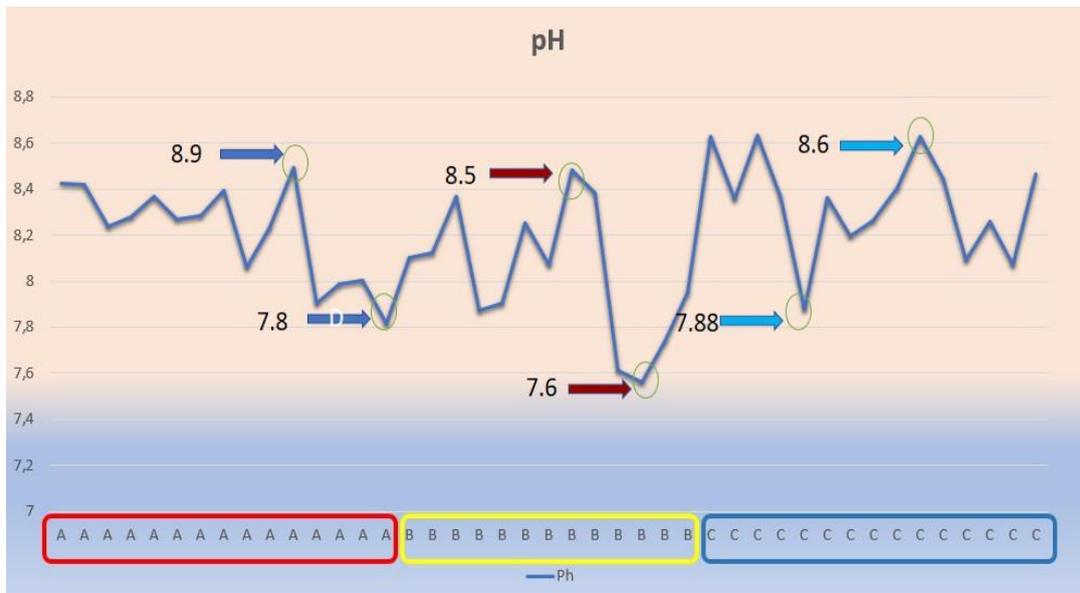


Figure 16 : Valeurs du pH dans les 3 stations

Les résultats d’analyses du pH du sol dans les parcelles étudiées sont présentés synthétiquement dans le tableau 04

Tableau 04 : Les valeurs statistiques de la réaction du sol.

pH	S1	S2	S3
Max	8,49	8,48	8,63
Min	7,82	7,56	7,88
Moye	8,21	8,03	8,34
ET	0,21	0,29	0,22
NB	15	13	15

Max : maximum ; Min : minimum; Moy : moyenne ; ET : Ecart type ; NB : Nombre d'échantillons, S1 : Station 1, S2 : Station 2, S3 : Station 3

Les résultats d'analyses statistiques descriptives du pH du sol dans les trois stations :

Dans la station S1, le pH varie de 7,82 (alcalin) à 8,49 (très alcalin) avec une moyenne de $8,21 \pm 0,21$.

Dans la station S2, le pH varie de 7,56 (alcalin) à 8,48 (très alcalin) avec une moyenne de $8,03 \pm 0,29$.

Dans la station S3, le pH varie de 7,88 (alcalin) à 8,63 (très alcalin) avec une moyenne de $8,34 \pm 0,22$.

2. Etude de la salinité du sol

L'étude de la salinité du sol par l'analyse de la conductivité électrique (rapport 1/5) est effectuée sur une profondeur de 0 à 30 cm dans toutes les stations étudiées avec un nombre total de 43 prélèvements (figure 17,18,19,20).

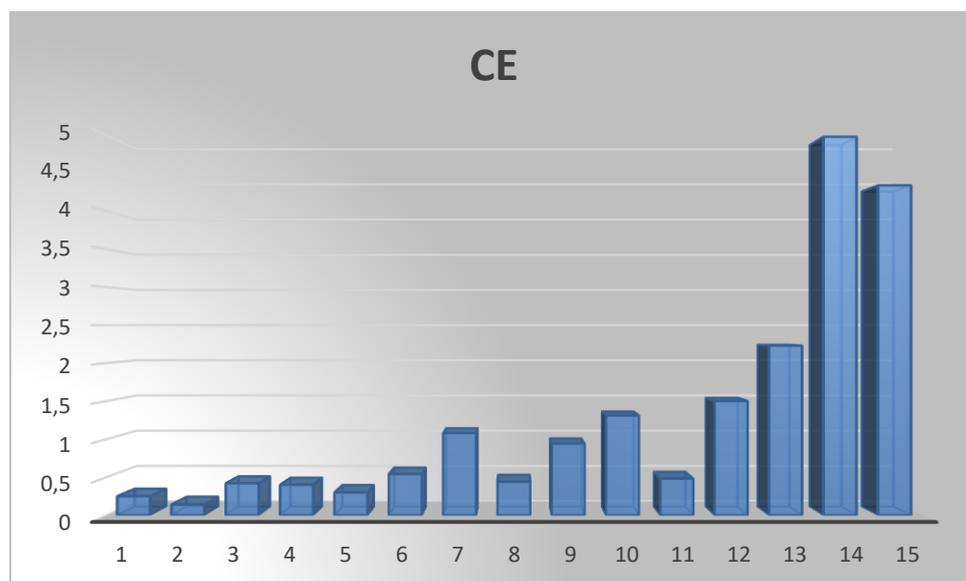


Figure 17: Valeurs de la conductivité électrique des terrains agricoles

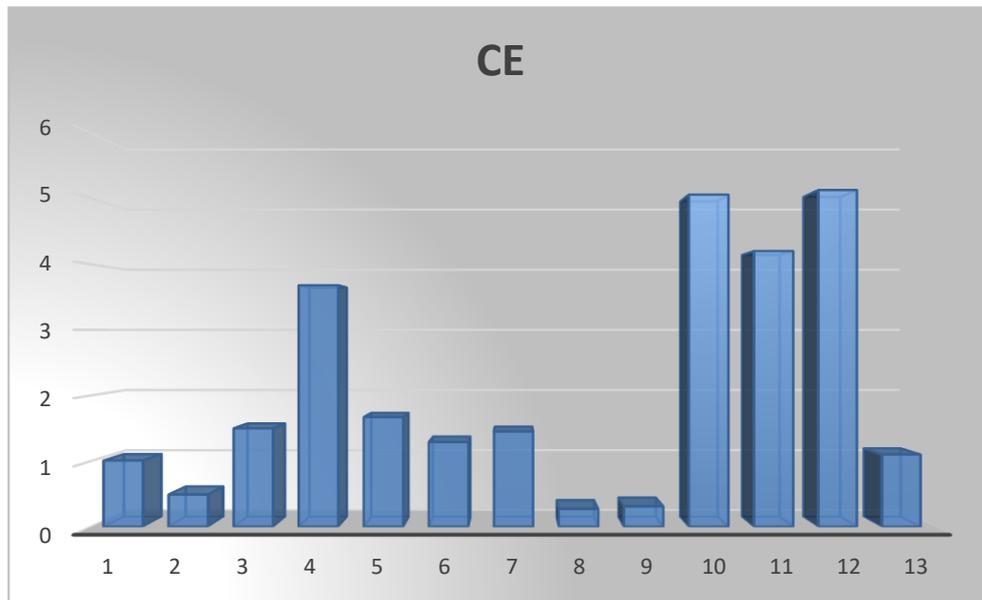


Figure 18 : Valeurs de la conductivité électrique des terrains forestiers

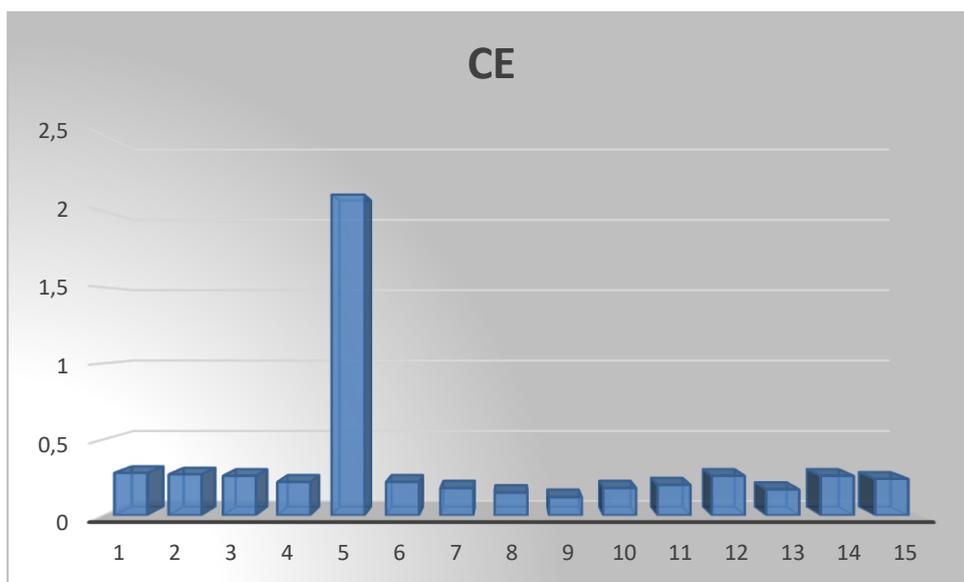


Figure 19 : Valeurs de la conductivité électrique des terrains pastoraux

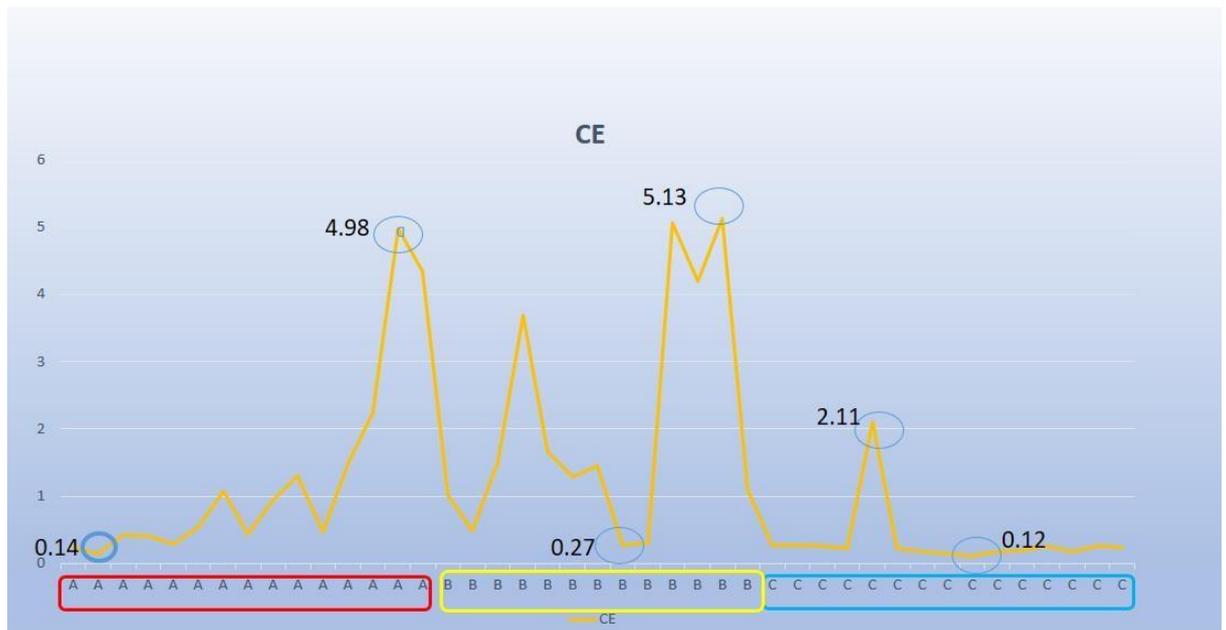


Figure20: Valeurs de la conductivité électrique dans les 3 stations .

Tableau 05 : Les valeurs statistiques de la conductivité électrique de sol

CE dS/m	S1	S2	S3
Max	4,98	5,13	2,11
Min	0,14	0,27	0,12
Moye	1,36	2,09	0,34
ET	1,51	1,78	0,49
NB	15	13	15

Max : maximum ; Min : minimum; Moy : moyenne ; ET : Ecart type ; NB : Nombre d'échantillons, S1 : Station 1, S2 : Station 2, S3 : Station 3

Dans la station S1, la CE varie de 0,14 dS/m (peu salé) à 4,98 dS/m (très salé) avec une moyenne de 1,36 dS/m (peu salé) \pm 1,51.

Dans la station S2, la CE varie de 0,27 dS/m (peu salé) à 5,13 dS/m (très salé) avec une moyenne de 2,09 dS/m \pm 1,78.

Dans la station S3, la CE varie de 0,12 dS/m (peu salé) à 2,11 dS/m (salé) avec une moyenne de 0,34 dS/m (peu salé) \pm 0,49.

Tableau 06. Classification des sols salés selon Durand 1983.

CE dS/m	Classes de salinité
≤ 0.6	Sol non salin
$0.6 < EC \leq 1$	Sol légèrement salin
$1 < EC \leq 2$	Sol modérément salin
$2 < EC \leq 4$	Sol très salin
> 4	Sol extrêmement salin

Selon la classification fournie par Durand (1983), nos résultats indiquent une hétérogénéité entre les stations en termes de salinité, allant de peu salé à très salé. Cette variation de salinité peut avoir des implications importantes sur la dynamique du carbone organique dans les sols des régions étudiées.

3. Etude de matière organique du sol par la méthode de perte à feu :

C'est une méthode utilisée en chimie analytique inorganique. Elle consiste à "enflammer" (chauffer vigoureusement) un échantillon à une température donnée, ce qui permet aux substances volatiles contenues dans l'échantillon de s'échapper, jusqu'à ce que la masse de l'échantillon cesse de changer (figure 21,22,23,24).

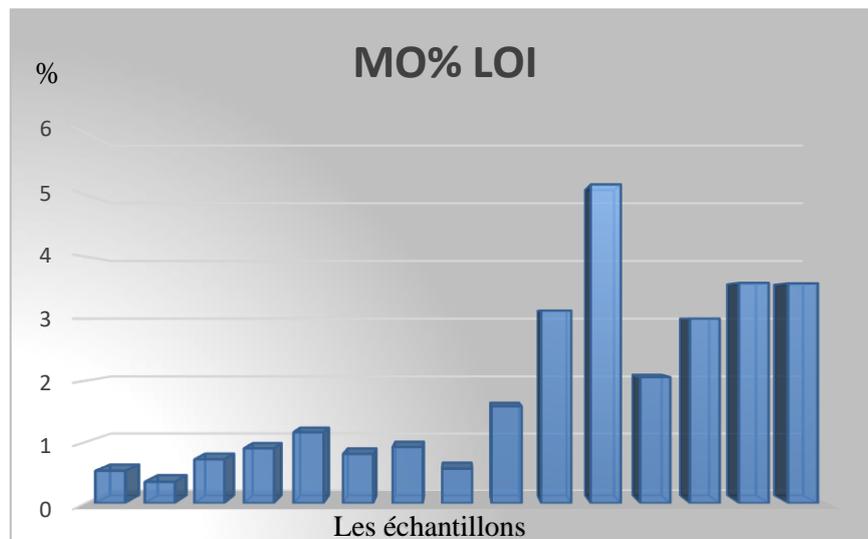


Figure 21 : Les valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les terrains agricoles

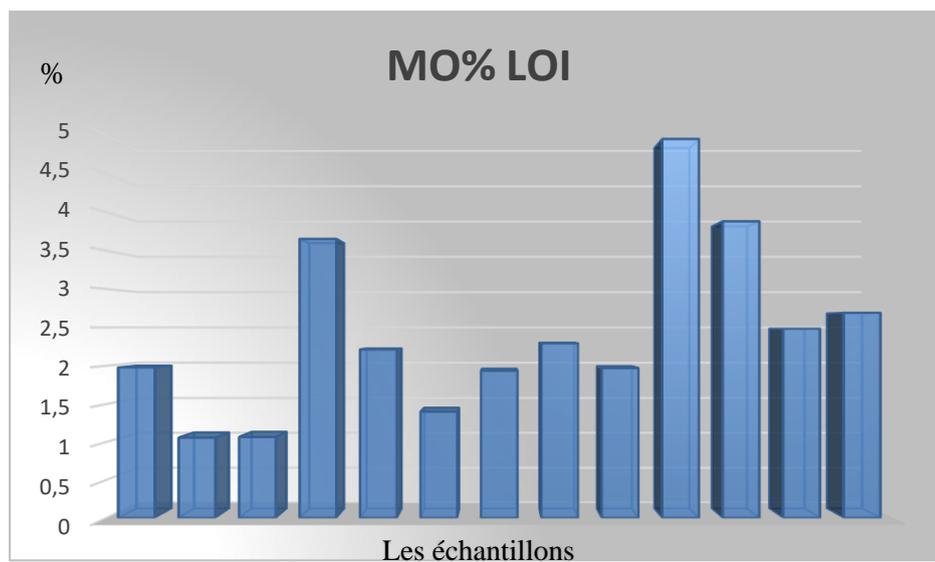


Figure 22 : Les valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les terrains forestiers

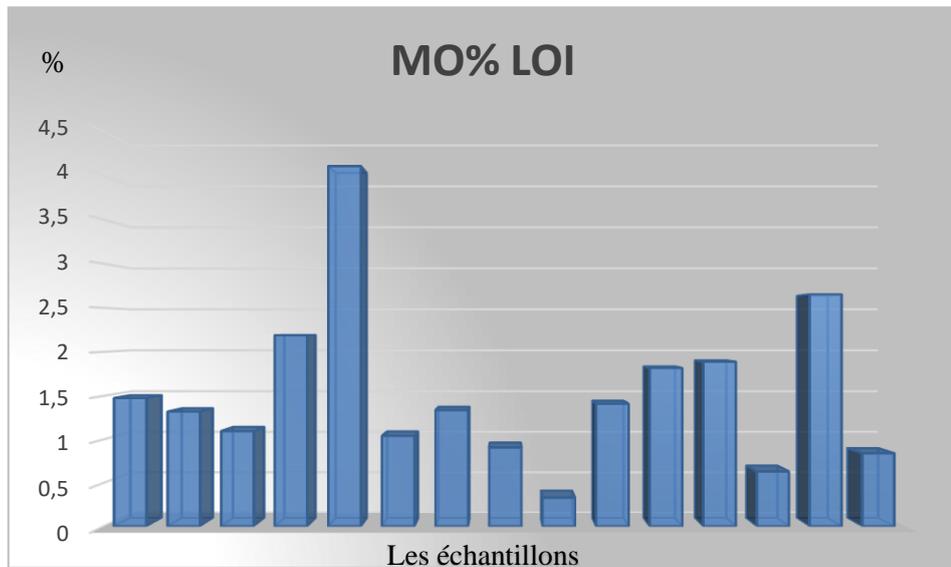


Figure 23 : Les valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les terrains pastoraux.

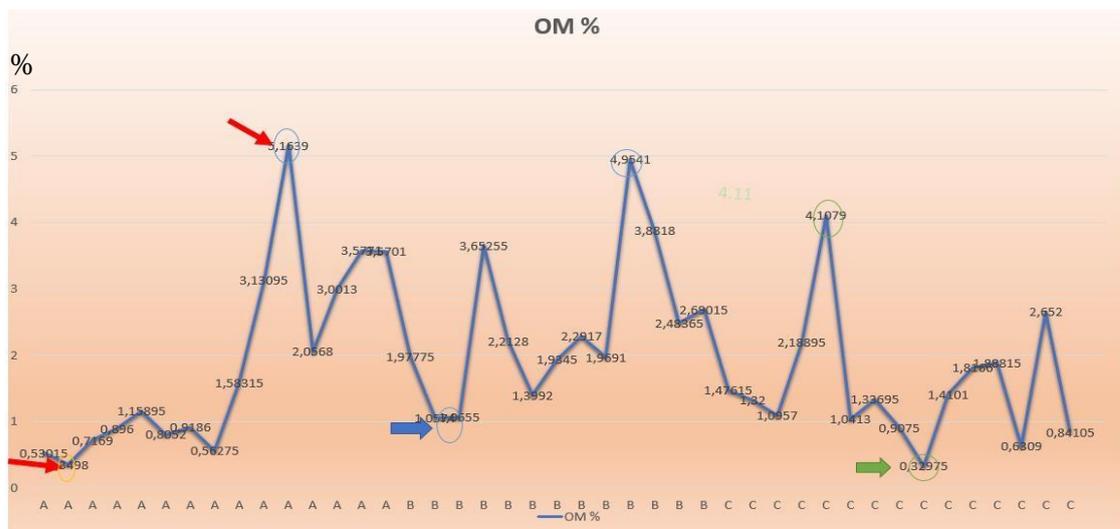


Figure 24 : Les valeurs de la MO par la méthode de LOI dans les 3 stations.

La teneur de la MO % de la méthode LOI est présentée dans le tableau 07

Tableau 07 : La teneur de la matière organique dans les 3 stations (méthode LOI)

MO	S1	S2	S3
Max	5,16	4,95	4,11
Min	0,35	1,06	0,33
Moye	1,87	2,44	1,54
ET	1,47	1,14	0,93
NB	15	13	15

Max : maximum ; Min : minimum; Moy : moyenne ; ET : Ecart type ; NB : Nombre d'échantillons, S1 :Station 1, S2 : Station 2, S3 : Station 3

Les résultats d'analyses statistiques descriptives du MO% du sol dans les trois stations montrent que :

Dans la station S1, le pourcentage de la MO varie de 0,35 à 5,16 avec une moyenne de $1,87 \pm 1,47$.

Dans la station S2, le pourcentage de la MO varie 1,06 à 4,95 avec une moyenne de $2,44 \pm 1,14$.

Dans la station S3, le pourcentage de la MO varie 0,33 à 4,11 avec une moyenne de $1,54 \pm 0,93$

4. Etude du stockage de carbone organique par la méthode de Walkley black :

La méthode Walkley-Black est basée sur le principe que le bichromate de potassium oxyde le carbone contenu dans le sol. Le bichromate de potassium change de couleur en fonction de la quantité de produits de réduction, et ce changement de couleur peut être comparé à la quantité de carbone organique présent dans le sol (**WALKLEY A. and C. A. BLACK .1934**). Le stockage de carbone organique dans le sol est généralement considéré comme l'indicateur principal de la qualité des sols, à la fois pour leurs fonctions agricoles et environnementales (**Bernoux, M., & Chevallier, T. 2013**). A partir la méthode de W.B nous avons déterminé le pourcentage du carbone organique dans ces trois stations (figure 25, 26, 27,28).

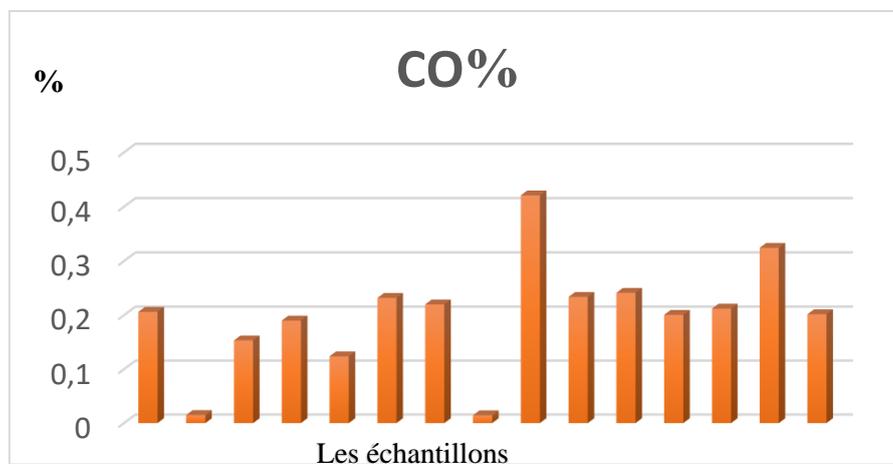


Figure 25. Valeurs du carbone organique dans les terrains agricoles.

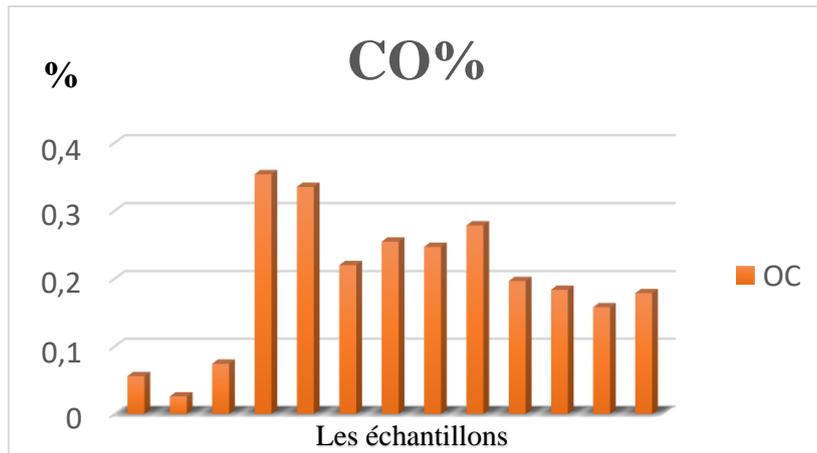


Figure 26: Valeurs du carbone organique dans les terrains forestiers

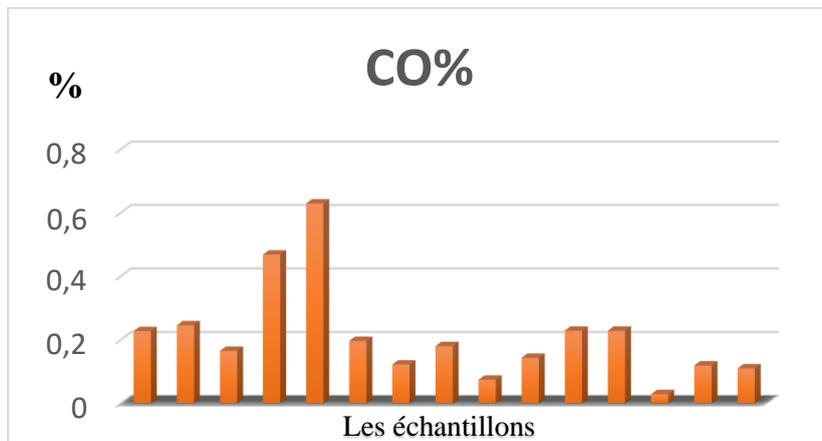


Figure 26 : Valeurs du carbone organique dans les terrains pastoraux

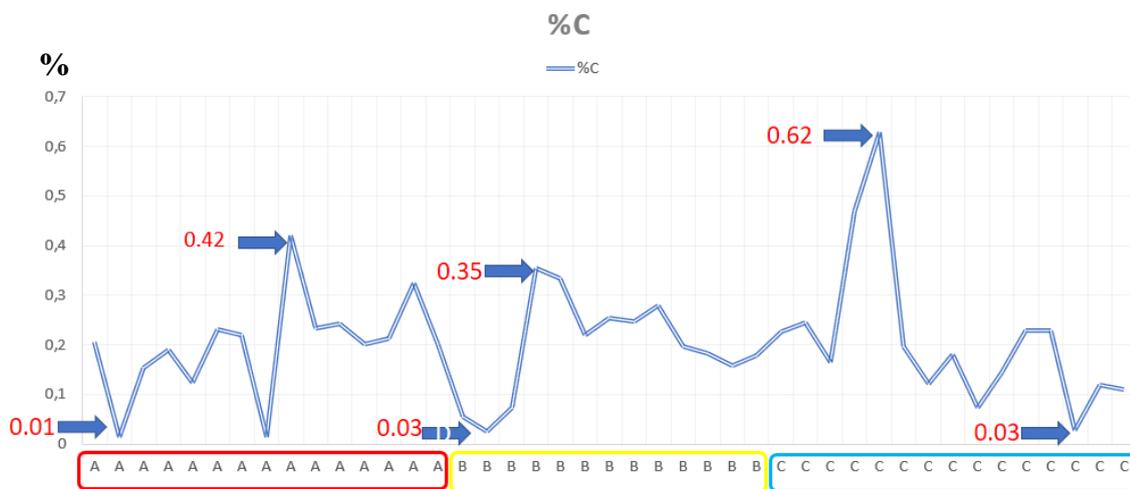


Figure 27 : Valeurs du carbone organique dans les 3 stations.

Tableau 08: La teneur du carbone organique dans les 3 stations

C %	S 1	S2	S3
max	0,42088013	0,35351704	0,62930716
min	0,01455658	0,02587837	0,02869124
moy	0,19931959	0,19697755	0,21104194
écart	0,10189831	0,10116021	0,15343046
échant	15	13	15

Max : maximum ; Min : minimum; Moy : moyenne ; ET : Ecart type ; NB : Nombre d'échantillons, S1 : Station 1, S2 : Station 2, S3 : Station 3

L'analyse de carbone dans les 3 stations indique que :

Dans la station S1, le pourcentage du CO varie de 0,03 à 0,73 avec une moyenne de $0,20 \pm 0,1$.

Dans la station S2, le pourcentage du CO varie 0,03 à 0,4 avec une moyenne de $0,20 \pm 0,1$.

Dans la station S3, le pourcentage du CO varie 0,03 à 0,63 avec une moyenne de $0,21 \pm 0,15$.

5. Estimation de la MO par l'analyse du carbone organique par W.B méthode :

Les résultats d'analyses statistiques descriptives du MO% du sol dans les trois stations montrent que (figure 21, 22, 23) :

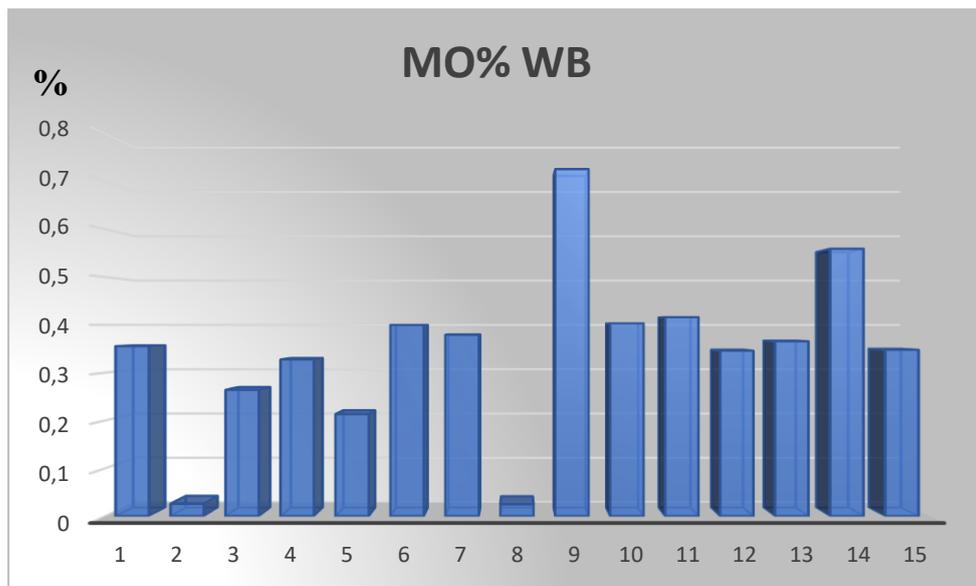


Figure 28: Les valeurs de la MO par la méthode de W.B dans Les terrains agricoles.

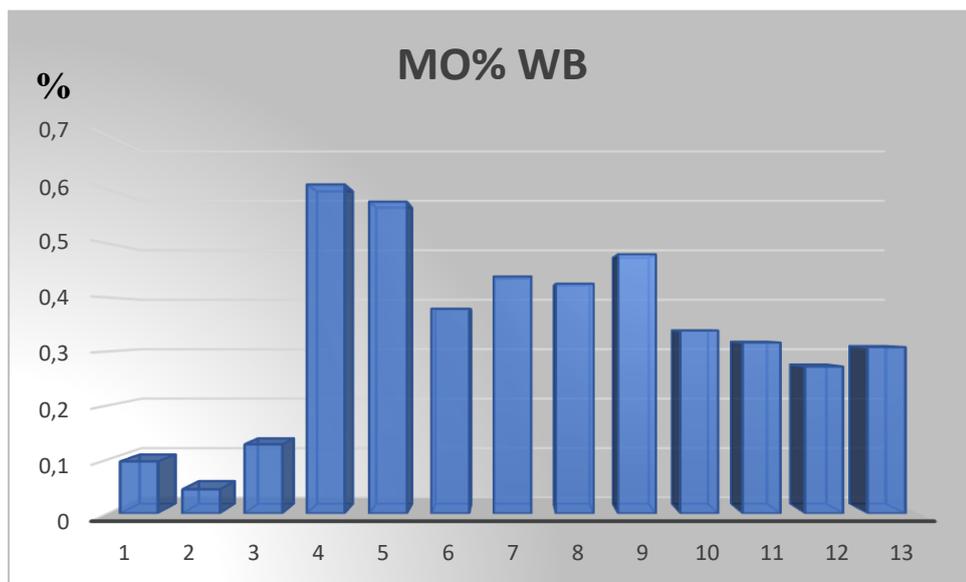


Figure 29 : Valeurs de la MO par la méthode de W.B dans les terrains forestiers

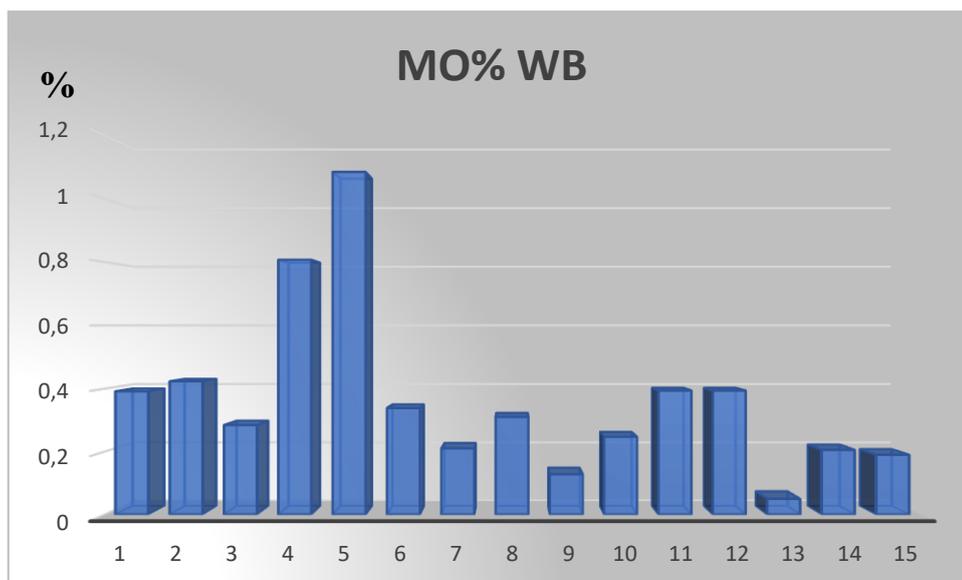


Figure 30: Les valeurs de la MO par la méthode de W.B dans les terrains pastoraux



Figure 31: Les valeurs de la MO par la méthode de W.B dans les 3 stations.

La teneur de la MO de la méthode W.B est présentée dans le tableau 09

Tableau 09 : La teneur de la matière organique dans les 3 stations (méthode WB)

MO	A	B	C
MAX	0,725597	0,609463	1,084926
MIN	0,025096	0,044614	0,049464
MOY	0,206218	0,196458	0,179972
ECART	0,101898	0,10116	0,15343
NB E	15	13	15

Max : maximum ; Min : minimum; Moy : moyenne ; ET : Ecart type ; NB : Nombre d'échantillons, S1 : Station 1, S2 : Station 2, S3 : Station 3

Les résultats d'analyses statistiques descriptives du MO% du sol dans les trois stations

L'analyse de carbone dans les 3 stations indique que : L'analyse du MO de la station 1 a révélé une très faible teneur entre 0,02% et 0,72 % avec une moyenne de $0,20 \pm 0,10$ pour des échantillons de terres cultivées.

Dans La station 2 : L'analyse du MO de la station B affirme que les échantillons des terres forestières pauvres en MO entre 0,04 % et 0,61 %. Avec une moyenne de $0,20 \pm 0,10$.

L'étude du MO du sol de la station C montre une variation entre 0,05% et 1,08 % avec une moyenne de $0,18 \pm 0,15$ pour des échantillons des terres pastorales.

Les résultats montrent que les valeurs obtenues par la méthode de WB sa teneur est très faible.

5. Discussion générale

Les résultats d'analyses du pH du sol dans les 3 stations d'études Ghardaïa, montrent que le sol est alcalin à très alcalin avec des valeurs moyennes de pH dans les terrains agricoles ($8,21 \pm 0,21$) et de ($8,03 \pm 0,29$) dans les terrains forestiers et de ($8,34 \pm 0,22$) dans les terrains pastoraux.

Nos résultats conformes aux valeurs enregistrées qui appartiennent à la gamme relative aux sols des régions arides qui s'étend d'un pH légèrement supérieur à 7 à un pH d'environ 9 (Durand, 1958 ; Buckman et Brady, 1965 ; Halitim, 1988 ; Bouzid, 1993 ; Daoud et Halitim, 1994 ; Djili *et al.*, 2003 ; Benbrahim, 2001 ; Benbrahim *et al.*, 2016). Le sol demeure très alcalin en moyenne, cela est peut-être lié à la présence du calcaire dans le sol (Moughli, 2000).

La conductivité électrique (CE) est une mesure directe de la salinité et qui indique indirectement la concentration des sels solubles d'un sol. Nos résultats ont montré que les sols

sont peu salés à très salés ou conductivité électrique présente des valeurs varie de 0,14 à 4,98 dS/m dans la station 1, 0,27 à 5,13 dS/m dans la station 2 et de 0,12 à 2,11dS/m dans la station 3.

Cela dus aux faibles précipitations et la forte évaporation des zones arides de, ce qui entraîne une grande évaporation de l'humidité du sol. L'évaporation provoque la concentration des sels dissous dans le sol, ce qui entraîne une augmentation de la salinité, Ces résultats sont proche a les résultats qui sont trouvée par **(BENBRAHIM, 2006 ; DEKHINAT et al., 2010 ; HAMEL, 2013 ; GUESSOUM, 2020 ; BENSLAMA et al., 2020)**.

La matière organique améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. C'est un facteur clé de la fertilité et de la productivité du sol **(Jaweir and Albayati, 2016)** et aussi qu'elle est définie comme l'ensemble des matières organiques présentes dans les sols, indépendamment de leur origine ou de leur décomposition **(Alrawi N and Alrawi M, 2001)**.

La perte au feu est l'une des méthodes les plus utilisées pour estimer la matière organique du sol, le carbone organique du sol dans les sols agricoles, les sols forestiers et les sols pastoraux. Elle se caractérise par des procédures simples, rapides, peu coûteuses, sûres et moins exigeantes en main-d'œuvre que la méthode de Walkley et Black (méthode titrimétrique) **(Leogrande R et al., 2021)**.

Les résultats de la matière organique, à partir de notre étude pour la méthode de la perte au feu LOI dans les trois stations, affirme qu'il y a un pourcentage peu élevé de la matière organique non oxydable. Elle est considérée comme une matière organique difficile à ce décomposé ce qui limite la croissance des plantes.

Pour l'analyse de la deuxième méthode pour mesurée MO% c'est-à-dire la méthode de W.B du sol dans les trois stations. Les résultats affirment que le sol dans la zone aride a une faible teneur de la matière organique cause des plusieurs facteurs tel que les conditions climatiques de ces régions arides. Ces conditions climatiques défavorables limitent la croissance des plantes et la décomposition de la matière organique, entraînant une accumulation limitée de matière organique dans le sol **(Benslama, 2022)**.

En conséquence, les sols des zones arides ont généralement une faible teneur en carbone organique, souvent inférieure à 1% de la masse du sol. Les pertes de SOC diminuent la qualité des sols, menaçant la sécurité alimentaire, et contribuent à l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère et au changement climatique (**Lal, 2010**).

Les résultats de notre étude révèlent un faible pourcentage de carbone dans les trois stations, ce qui indique une diminution de la qualité des sols. Cela peut limiter la croissance des plantes et contribuer à l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. Il est donc crucial de prendre des décisions immédiates pour remédier à cette situation.

Le stock total de carbone a diminué dans l'ordre : Forêts (FOR) > Pastoraux (P) > Terres cultivées (CP). Une approche possible (collaboration entre les agriculteurs, les décideurs politiques, les chercheurs et la société civile) pour améliorer la qualité des sols et atténuer les effets du changement climatique est d'intégrer le projet "4 pour mille des sols pour la sécurité alimentaire et le climat". Ce projet a été lancé lors de la COP21 (La COP21 ou 21^e Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques à Paris (30 novembre au 11 décembre 2015) a abouti à l'Accord de Paris sur le climat) avec l'objectif ambitieux d'augmenter les stocks mondiaux de matière organique des sols de 4 pour 1000 (soit 0,4 %) par an. Cette augmentation vise à compenser les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropique.

La gestion de l'utilisation des terres/de la couverture des terres (LULC) semble être le principal moteur du stockage et des émissions de carbone. En prenant des mesures immédiates pour augmenter le stockage de carbone organique dans les sols, nous pouvons contribuer à la sécurité alimentaire et à la lutte contre le changement climatique.

Conclusion

Conclusion

Les résultats de l'étude ont montré que les valeurs obtenues par la méthode LOI différaient significativement de celles produites par la méthode du titration W.B.

En utilisant la classification fournie par **Durand (1983)**, les résultats de l'étude ont révélé une hétérogénéité de salinité entre les différentes stations de la région de Ghardaïa. Cette variation de salinité peut avoir des implications sur le stockage du carbone organique dans les sols, comme expliqué précédemment.

Le travail mené dans la région de Ghardaïa a permis d'étudier le stockage du carbone organique dans les sols de cette région a différent type d'occupation, en tenant compte de l'influence du climat aride.

Il convient de noter que les résultats et les conclusions de l'étude sont spécifiques à la région de Ghardaïa et peuvent être généralisables à d'autres régions arides en Algérie ou ailleurs. Cependant, ces résultats peuvent servir de base pour des études ultérieures et contribuer à une meilleure compréhension de la séquestration du carbone organique dans les sols des régions arides.

Il est essentiel de mieux comprendre les variations spatiales et temporelles des pratiques de gestion pour appréhender l'évolution des stocks de carbone des sols à l'échelle mondiale et renforcer notre capacité à élaborer des stratégies d'atténuation et d'adaptation efficaces. En améliorant notre connaissance de ces pratiques, nous pouvons mettre en œuvre des stratégies qui favorisent le stockage du carbone dans les zones arides. Ces stratégies sont: restauration des écosystèmes dégradés, les efforts de reforestation c'est-à-dire régénération naturelle et de conservation des sols qui contribuent à augmenter la biomasse végétale et à améliorer la capacité de séquestration du carbone, gestion appropriée des terres dans les zones arides peut aider à maximiser le stockage du carbone, sélectionner et promouvoir des cultures adaptées aux conditions arides comme les plantes succulentes ou les arbres résistants à la sécheresse tout en s'adaptant aux faibles précipitations et en fin, l'adoption de pratiques agro écologiques, telles que la rotation des cultures, la plantation qui peut améliorer la fertilité des sols.

Il est important de noter que ces solutions doivent être adaptées aux conditions spécifiques de chaque zone aride, en prenant en compte les facteurs tels que le climat, des et les pratiques agricoles traditionnelles pour assurer le succès de stockage du carbone dans les zones arides

Une meilleure connaissance de ceux-ci et de leur variabilité spatiale et temporelle est très importante pour comprendre l'évolution globale des stocks de carbone dans les sols et pour renforcer la capacité humaine à mettre en œuvre des stratégies d'atténuation et d'adaptation.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

A.N.R.H. (2007). Rapport de l'Agence National Des Ressources Hydriques, Ghardaïa.

A.N.R.H., (2012). Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. Ed. Agen.Nati. Alg. Ress. Hydr. (A.N.R.H.), 19 p.

Abera, W., Tamene, L., Abegaz, A., Hailu, H., Piikki, K., Söderström., Sommer, R. (2021). Estimating spatially distributed SOC sequestration potentials of sustainable land management practices in Ethiopia. *Journal of Environ-mental Management*, 286, 112191.

André Weisrock.(2006) . Géomorphologie des régions sèches, des déserts et de leurs marges : réponses morphologiques aux changements climatiques en régions arides », Groupe français de géomorphologie. La France. Mis en ligne le 01 octobre 2006.ISNN 1266_6304.

Alrawi ,NS. and Alrawi ,M. (2021). Characterization of Quality indices for some soils of the Middle Euphrates Plain by adopting morphophysiochemical criteria. IOP Conference Series: *Earth and Environ. Sci. IOP Publishing.*

Balesdent, J., Chenu, C., Arrouays, D., & Feller, C. (2005). Stockage et recyclage du carbone. *Sols et environnement*, 238-259.

Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *In Annales de géographie*, 66 (355): 193-220.

Benabadji, N., and Bouazza, M. (2000). Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à Artemisia herba-alba Asso dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 11(2), 117-23.

Benaziza, A., & BENTCHIKOU, M. (2012). Recherche sur la periode d'échantillonnage des feuilles d'abricotier, cultive dans la region de Biskra (Algeria),.Biskra: Département d'agronomie, Univ. Biskra, 61.

Benbrahim, F. (2006). Evaluation de la durabilité de la céréaliculture sous pivot par l'étude de la salinisation du sol dans la région de ouargla (cas de Hassi Ben Abdellah) (Doctoral dissertation, Ouargla, Université Kasdi Merbah. Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur).

Bensaid , M., S Piumetti, , S., Russo, N., & Fino, D. (2015). Nanostructured ceria-based catalysts for soot combustion: Investigations on the surface sensitivity. *Applied Catalysis B: Environmental*, 165 : 742-751.

Bensalah, I., Yousfi, B., Menaâ, N., & Bougattoucha, Z. (2018). Urbanisation de la vallée du M'zab et mitage de la palmeraie de Ghardaïa (Algérie) : un patrimoine oasien menacé. *Belge*.

Benslama, A., Khanchoul, K., Benbrahim, F., Boubehziz, S., Chikhi, F., & Navarro-Pedreño, J. (2020). Monitoring the variations of soil salinity in a palm grove in Southern Algeria. *Sustainability*, 12(15), 6117.

Benslama, A. (2021). Qualité des eaux d'irrigation et salinisation des sols dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa – cas de Zelfana. Thèse de doctorat, université de Ghardaïa, 144p.

Bichi, H & Ben tamer, F. (2006). Contribution à l'étude de la variabilité climatique dans les régions Ouargla et Ghardaïa. Thèse Ing. Eco.

Brahim Benzayet. (2010). Evaluation hydrochimie des eaux souterraines de la vallée du M'Zab.

Boubehziz, S., Khanchoul, K., Benslama., M., Benslama, A., Marchetti, A., Francaviglia, R., & Piccini, C. (2020). Predictive mapping of soil organic carbon in Northeast Algeria. *Catena*, 190, 104539.

Bouchareb, N., & Guerbouz, A. (2020). L'écologie des tourterelles nicheurs dans la région de Ghardaïa.

Bounouara, Z., Chevallier, T., Balesdent, J., Toucet, J., Sbih, M., Bernoux, M., ... & Bensaid, R. (2017). Variation in soil carbon stocks with depth along a toposequence in a sub-humid climate in North Africa (Skikda, Algeria). *Journal of Arid Environments*, 141, 25-33.

Brahy, V. (2014). Les indicateurs clés de l'environnement wallon 2014. Namur, Belgique: Service public de Wallonie. SPW Éditions - D'GARNE - DEMNA – DEE.

Busson, G Goy, & G., Noël, (1979). Les conditions de sédimentation des schistes-carton (Toarcien inf.) du bassin de Paris déduites de l'étude des nannofossiles calcaires et des diagraphies. *Travaux et Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 75(1), 33-57.

Cerdà A, Lavee H, Romero-Díaz A, Hooke J, Montanarella L. (2010). Préface. *Land Degradation & Development* 21: 71–74.

Chehema, A. (2011). Le Sahara en Algérie, situation et défis.

Chevallier, T., Balesdent, J., Toucet, J., Sbih, M., Bernoux, M., ... & Bensaid, R. (2017). Variation in soil carbon stocks with depth along a topo sequence in a sub-humid climate in

North Africa (Skikda, Algeria). *Journal of Arid Environments*, 141, 25-33.

Chevallier, T., Hamdi, S., Moyano, F., Sall, S., & Bernoux, M. (2013). Synthesis analysis of the temperature sensitivity of soil respiration from laboratory studies in relation to incubation methods and soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 58, 115-126.

Cheverry C.L., Robert M.,(1998). La dégradation des sols irrigués et ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée. *Etude et gestion des sols* 5(4), pp. 217-226.

Cole, C. F. (1987). School of Natural Resources, the Ohio State University. *Environmental Professional*, 9(3), 204-9.

Cornet, A. (1974). Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar (No. 55). Paris: Orstom.

Dajoz R. (2003) - Précis d'écologie. Edition Dunod, Paris, 615 p.

Daoud Y., Halitim, A. (1994). Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse* 5(3), pp.151-160.

Duchaufour, P. (2001). Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. 6^e édition, DUNOD, Paris, France, 331p.

Dixon M J R, Loh ,J., Davidson ,N C., Beltrame ,C., Freeman, R., Walpole, M .(2016) Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. *Biological Conservation*, 193: 27-35.

Eaton, J M., McGoff, N M., Byrne, K A., Leahy, P., Kiely, G. (2008). Land cover change and soil organic C stocks in the Republic of Ireland 1851– 2000. *Climatic Change* 91: 317–334.

FAO. (2007) Global assessment of land degradation and improvement GLADA report 5. Rome, Italy.

Farrah, H., Pickering, W.F. (1979). pH effects in the adsorption of heavy metal ions by clays. *Chemical Geology*, vol. 25, no 4, p. 317-326.

Giraldo, C., Escobar, F., Chará, JD., Calle ,Z .(2011) .The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes: ecological processes regulated by dung beetles. *Insect Conserv Diversit*4(2):115–122.

Grimaud, A., & Rouge, L. (2009). Sequestration du Carbone et politique climatique optimal. *Economie prevision*, 190191(4), 53-69.

Hakimi, Y., Orban, P., CHETTIH, M., & Brouyère, S. (2019). Pour une exploitation raisonnée des ressources en eaux souterraines du Sahara algérien, région de Ghardaïa: état des lieux et recommandations. *Geo-Eco-Trop*, 43(3).

Halilat, M.T. (1998). Etude expérimentale de sable additionné d'argile. Comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques (Doctoral dissertation, Institut National Agronomique Paris Grignon).

Hamel, I., BENSLAMA, M., BENBRAHIM, F., KRAIMAT, M., CHIKHI, F., & DAREM, S. (2023). Spatial Variability of Soil Properties in Palm Groves of the Central Algerian Sahara (Case of Zelfana).

Hinda KHELILI, S. A. (2013). Effet de pH sur la combinaison charbon actif avec le sulfate d'aluminium sur l'élimination des composés Organiques aromatiques phloroglucinol et l'acide Pyromellitique par coagulation-floculation.

Houghton, R.A., Hackler JL. (1999). Emissions of C from forestry and land-use change in impacts, global change. The IGBP Series, ed. Springer Verlag: Berlin.

Houghton, R.A., Nassikas ,AA. (2018) Negative emissions from stopping deforestation and forest degradation, globally. *Glob Chang Biol* 24(1):350–359.

Igue, A. M., Saidou, A., Adjanohoun, A., Ezui, G., Attiogbe, P., Kpagbin, G., ... & Sogbedji, J. M. (2013). Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 12-23.

IPCC. (2007).Climate change. The physical science basis. Cambridge University Press: Cambridge/New York, NY.

Jaweir H. J., Albayati, S. S. (2016). "A study of Soil invertebrates community in a date-palm plantation in Baghdad, Iraq"; *Baghdad Sci. Jour*, 13: 1-6.

Joly, F. (2006). The wild waters of arid lands: basic knowledge on the hydrology of déserts. *geomorphologie-relief processus environnement*, (4), 285-298.

Kuzyakov, Y., Schleuss, P., Miehe, G., Heitkamp, F., Sebeer, E., Spielvogel, S., XuX., Guggenberger .(2016) Mechanisms of soil degradation and consequences for carbon stocks on Tibetangrasslands. *Geophys Res Abstr* 18:11813.

Laban, P., Metternicht, G., & Davies, J. (2018). Soil biodiversity and soil organic carbon: keeping drylands alive. Gland, Switzerland: IUCN, 10.

Lal,R., Blanco-Canqui, H., & (2004). Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Critical reviews in plant sciences*, 23(6), 481-504.

Lal, R. (2010). Depletion and restoration of carbon in the pedosphere. *Japanese Soc. Pedol.* 53, 19–32.

Lal, R. (2016). Beyond COP 21: potential and challenges of the “4 per Thousand” initiative. *J. Soil Water Conserv.* 71, 20A–25A.

Lambin ,EF., Geist, HJ., (2006). Land use and land cover change. Local processes and global landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors.

Lambin, EF., Turner, BL., Geist ,HJ., Agbola, SB., Angelsen, A., et al. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond myths. *Global Environmental Change* 11: 261–269.

Le Houérou, H. N. (1989). Classification écoclimatique des zones arides (sl) de l'Afrique du Nord. *Ecologia mediterranea*, 15(3), 95-144.

Leogrande, R., Vitti, C., Castellini ,M., Mastrangelo, M., Pedrero ,F. and Vivaldi ,G.A. (2021) . Comparison of two methods for total inorganic carbon estimation in three soil types in Mediterranean area'; *Land* ;10, 409, 2021.

LI ,M., ZHANG, X., PANG, G., HAN, F. (2013). The estimation of soil organic carbon distribution and storage in a small catchment area of the loess plateau. *Catena* 101, 11-16.

Li, Q. (2021). Effet du réchauffement climatique sur le cycle du carbone dans les tourbières- approche expérimentale.

Malika, B. N., Mickäel, H. E. D. D. E., Sophia, M. B., Djamila, S. I. A. D., & Arezki, D. E. R. R. I. D. J. (2012). Biodisponibilité du phosphore dans la rhizosphère du grenadier (*Punica granatum* L.) sous climat aride: cas des vergers de Messaad Wilaya de Djelfa (Algérie). 11èmes Journées d'Etude des Sols, 66.

Metay, A., Mary, B., Arrouays, D. , Labreuche, J., Martin, M., Nicolardot, B. & Germon, J.C.(2009). Effets des techniques culturales sans labour sur le stockage de carbone dans le sol en contexte climatique tempéré. *Canadian journal of soil science*, 89(5) : 623-634.

Mohamed,E., Belal ,AA., Ali, RR., Saleh, A., Hendawy, EA. (2019) Land degradation. In: El- Ramady H, Alshaal T, Bakr N, Elbana T, Mohamed E, Belal AA (eds) The soils of Egypt.

Nedjraoui, D., Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes : impacts et actions de lutte. VertigO, 8(1), 15.

Nesson, R. D. (1975). Business reaction to partial legislative exemption of inventories from the California personal property tax (Doctoral dissertation, San Francisco State University).

Nilo,G.(2019). Soil organic carbon Walkley-Black method:Titration and ColorimetricMethod. GLOSOLAN-SOP-02. FAO, Rome.O.M. and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37.

O.N.M. (2020). Données climatiques de la région de Ghardaïa. Ed. Office National de la Météorologie, Ghardaïa.

Orange, D., Gac, J. Y., Probst, J. L., & Tanre, D. (1990). Mesure du dépôt au sol des aérosols désertiques. Une méthode simple de prélèvement : le capteur pyramidal. CR Acad. Sci. Paris, 311(2), 167-172.

Ostle , NJ., Levy, PB., Evans, CD., Smith ,P., (2009). UK land use and soil C sequestration. Land Use Policy 26: 274–283.

Oustani, M. Synthèse bibliographique sur la salinité du sol et de l'eau d'irrigation dans les zones arides (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA).

Ozenda,P. (1983). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), Paris, 622 p.

Pétard, J. (1993). Les méthodes d'analyse. Analyse de sols.

Pouget, M. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM, Paris.

Razafimbelo-Andriamifidy , Tantely., Albrecht, Alain., Basile, Isabelle., Borschneck, Daniel., Bourgeon, Gérard., Feller ,Christian., Ferrer, Henri., Michellon, Roger., Moussa, Narcisse., Muller, Bertrand., Oliver ,Robert., Razanamparany, Célestin., Séguy ,Lucien., Swarc, Marc., (2006). Effet de différents systèmes de culture à couverture végétale sur le stockage du carbone dans un sol argileux des Hautes Terres de Madagascar. Etude et Gestion des Sols, 13 (2) : 113-127.

Salehi ,MH., Hashemi, Beni .,O, Beigi., Harchegani ,H., Borujeni ,E., Motaghian, HR .,(2011).Refining soil organic matter determination by loss-on-ignition. *Pedosphere* 21(4), 473-482.

Schulp CJE, Nabuurs G-J, Verburg PH. (2008). Future carbon sequestration in Europe—effectsof land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 251–264.

Schumacher, M.,Scherer-lorenzen, T., SCHOLTEN., SCHULZE., DON, A., (2007)."Spatial and vertical variation of soil carbon at two grassland sites – Implications for measuring soilcarbon stocks". *Geoderma* 141(3-4): 272-282

Serra, P., Pons, X., Sauri, D. (2008). Land-cover and land-use change in a Mediterranean Springer, Cham, pp 159–174. *Applied Geography* 28: 189–209.

Steffen ,W., Grinevald, J., Crutzen, P., McNeill ,J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369: 842–867.

Smith, C. (2000). Poster Session C02: Neurodegeneration-Amyloid-B deposition in global cerebral hypoxia/ischaemia. *Brain Pathology*, 10(4), 512.

Walkley, A., Black ,IA. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining O.M. and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:soil29–38.

Wang, JP., Wang ,XJ., Zhang ,J. (2013). Evaluating loss-on-ignition method for determinations of soil organic and inorganic carbon in arid soils of Northwestern China. *Pedosphere* 23(5), 593-599.

Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindramath, N.H., Verardo, D.J., Dokken ,D.J. (2000). Land use,land-use change, and forestry (a Special report of the IPCC). Cambridge University Press: Cambridge.

Youcef, F. (2003). Mise au point d’une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien (Ouargla,Touggourt, Ghardaïa), Mém. Ing., Université de Ouargla, 88p.

Zeddouri. A., Djebbas, faysal. (2017). Captage et stockage de gaz de carbone de dioxyde dans les gisminets d'hydrocarbures, mémoire. Université de Ouargla .

Annexe

Annexe 01 : Tableau. pH du sol (extrait aqueux 1/5) (Morand, 2001).

pH	Interprétation
> 9	Sols très alcalins
8,5-9	Sols fortement alcalins
7,9-8,4	Sols moyennement alcalins
7 4-7,8	Sols légèrement alcalins
6,6-7,3	Sols très légèrement acides
6, H-6,5	Sols légèrement acides
5,6-6	Sols moyennement acides
5-5,5	Sols fortement acides
4 5-5	Sols très fortement acides
< 4,5	Sols extrêmement acides

Annexe 02 : Tableau. Classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand (1983)

Classe	Désignation	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
I	Non salé	0 à 500
II	Légèrement salé	500 à 1000
III	salé	1000 à 2000
IV	Très Fortement salé	2000 à 4000
V	Excessivement salé	Plus de 4000

Annexe 03 : Tableau. Classe de matière organique (AUBERT, 1978)

Matière Organique (%)	Caractérisation
Inférieur à 1	Sol pauvre en MO
1 à 2 %	Sol moyennement riche en MO
2 à 3 %	Sol riche en MO
Supérieur à 3 %	Sol très Riche en MO

Annexe 04 : Tableau présenter les analyses de la station 01

Echant	pH	CE	MO LOI	MO WB	CO
1	8,4225	0,25	0,53015	0,35552	0,20621827
2	8,4175	0,14	0,3498	0,026053	0,01511218
3	8,235	0,42	0,7169	0,264232	0,15326674
4	8,28	0,4	0,896	0,327648	0,19005076
5	8,3675	0,3	1,15895	0,213312	0,12373096
6	8,2675	0,54	0,8052	0,39996	0,23199556
7	8,2825	1,08	0,9186	0,379222	0,21996616
8	8,395	0,44	0,56275	0,025096	0,01455658
9	8,0575	0,94	1,58315	0,725597	0,42088013
10	8,2325	1,31	3,13095	0,40311	0,2338223
11	8,49	0,48	5,1639	0,416219	0,24142627
12	7,9025	1,5	2,0568	0,345912	0,20064481
13	7,9875	2,23	3,0013	0,365678	0,21211023
14	8,0025	4,98	3,5771	0,559025	0,32426046
15	7,8175	4,34	3,5701	0,347821	0,2017524

Annexe 05 : Tableau présenter les analyses de la station 02

Echant	pH	CE	MO LOI	MO WB	CO
1	8,1	1,01	1,97775	0,096412	0,0559236
2	8,1225	0,49	1,0574	0,044614	0,02587837
3	8,3675	1,5	1,0655	0,127987	0,07423858
4	7,8725	3,68	3,65255	0,609463	0,35351704
5	7,9025	1,67	2,2128	0,577584	0,33502538
6	8,25	1,29	1,3992	0,379222	0,21996616
7	8,07	1,45	1,9345	0,438814	0,25453227
8	8,48	0,27	2,2917	0,425465	0,24678966
9	8,38	0,31	1,9691	0,479952	0,27839467
10	7,615	5,06	4,9541	0,338694	0,19645833
11	7,56	4,2	3,8818	0,316437	0,18354792
12	7,735	5,13	2,48365	0,27205	0,15780181
13	7,95	1,1	2,69015	0,307966	0,17863442

Annexe 06 : Tableau présenter les analyses de la station 03

Echant	pH	CE	MO LOI	MO WB	CO
1	8,625	0,28	1,47615	0,39165516	0,22717816
2	8,3575	0,27	1,32	0,4233172	0,24554362
3	8,6325	0,26	1,0957	0,28441624	0,16497462
4	8,365	0,22	2,18895	0,80712718	0,46817122
5	7,8775	2,11	4,1079	1,08492554	0,62930716
6	8,36	0,22	1,0413	0,33847884	0,19633343
7	8,1975	0,18	1,33695	0,2103901	0,12203602
8	8,265	0,15	0,9075	0,31027227	0,17997231
9	8,405	0,12	0,32975	0,12798731	0,07423858
10	8,625	0,18	1,4101	0,24699305	0,14326743
11	8,4475	0,2	1,8166	0,39380711	0,2284264
12	8,09	0,26	1,88815	0,39380711	0,2284264
13	8,2575	0,17	0,6309	0,0494637	0,02869124
14	8,0725	0,26	2,652	0,20529293	0,11907942
15	8,4675	0,24	0,84105	0,18961083	0,10998308

Annexe 06: Attestation of participation in the first international seminar on Valorisation of Bioresources in Environment and Health



People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education & Scientific Research
University of Echahid Hamma Lakhdar – El Oued, Algeria
Faculty of Natural and Life Sciences

1st International Seminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This Certifies That
(Mr., Ms.) Lydia Rym GADOUM
University of Ghardaïa, Department of Biologie, Faculty of SNV, 47000, Ghardaïa, Algeria.

Presented a *Poster* at the “ 1st International Seminar on Valorization of Bioresources in Environment & Health (VBEH23) ” Organized on May 10-11, 2023 at the University of Echahid Hamma Lakhdar – El Oued, Algeria,

Entitled: RESULTATS PRELIMINAIRES SUR LA STABILISATION DU CARBONE DU SOL ASSOCIE A LA GESTION DU SOL EN MILIEU ARIDE- CAS DE GHARDAIA

Co-authors: BENSLAMA Abderraouf, HAMEL Imane, CHIKHI Faredj, BENSLAMA Mohamed

President of the Seminar

