

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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**

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Domaine : Sciences de la nature et de la vie**

**Filière : Ecologie et environnement**

**Spécialité : Ecologie**

**Par : ACHOUR Tarek**

MEKECHTI Chouaib

**Thème**

Caractérisation des sols agricoles dans une région aride : cas de Mansoura (Ghardaïa)

**Soutenu publiquement, le 17/06/2024**

**Devant le jury composé de :**

<b>M. CHERIF Rekia</b>	MCB Univ. Ghardaïa	Présidente
<b>Mme. HAMEL Imane</b>	MCB Univ. Ghardaïa	Examinateur
<b>M. CHIKHI Faredj</b>	MCB Univ. Ghardaïa	Encadrent
<b>M. BENSLAMA Abderraouf</b>	MCB Univ. Ghardaïa	Co- Encadrent

**Année universitaire : 2024 – 2025**

## **Remerciements**

Avant toute chose, je rends grâce à **Allah, le Tout-Puissant**, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Nous exprimons notre sincère gratitude à Monsieur **CHIKHI Faredj**, notre encadrant, ainsi qu'à Monsieur **BENSLAMA Abderraouf**, co-encadrant, pour leur accompagnement constant, leurs conseils avisés et leur disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, tant scientifique que moral, a été d'une grande valeur.

Nous tenons également à remercier Madame **CHERIF Rekia**, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider cette soutenance, ainsi que pour l'intérêt qu'elle a porté à notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Madame **HAMEL Imane**, directrice de mémoire, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour ses remarques constructives qui contribueront à son amélioration.

Enfin, nous adressons nos remerciements chaleureux aux **techniciens et personnels** du laboratoire, pour leur aide précieuse lors des travaux pratiques.

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents,

pour leur amour, leurs sacrifices, leurs prières, et leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours. Que Dieu vous préserve.

À mes frères et sœurs,

pour leur affection, leur patience et leurs encouragements constants.

À mes enseignants,

qui ont su éveiller en moi la passion du savoir et de la recherche.

À mes amis fidèles,

pour leur soutien moral, leur présence rassurante et les moments de partage tout au long de cette aventure.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

**ACHOUR Tarek**

## **Dédicace**

À mes chers parents, dont le soutien constant a été la lumière qui a guidé mes pas et la source première de ma détermination

À mes frères et sœurs bien-aimés, qui ont partagé avec moi les moments de peine et de joie, et qui ont toujours été un pilier inestimable

À mes respectables enseignants, pour leur savoir généreusement transmis et leurs conseils précieux tout au long de ce parcours

Et à mes fidèles amis, dont la compagnie a été un véritable soutien et une source de motivation

Je vous adresse à tous mes sincères remerciements et toute ma profonde gratitude, en espérant que ce modeste travail soit à la hauteur de vos attentes

## Résumé :

Cette étude a été menée dans la commune saharienne de Mansoura, située au sud de la wilaya de Ghardaïa, dans le but de caractériser les propriétés physico-chimiques des sols agricoles et d'évaluer l'impact des systèmes de culture sur leur qualité.

À partir de 48 échantillons de sol prélevés dans différents types d'occupations agricoles (céréales, oliviers, palmiers) ainsi que dans des parcelles témoins non cultivées, plusieurs paramètres ont été analysés : le pH, la conductivité électrique (CE), la teneur en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), la matière organique (MO) et la texture du sol.

Les résultats ont révélé une forte variabilité spatiale entre les sites étudiés. Le pH des sols est globalement neutre à légèrement alcalin (7,185 à 7,795), ce qui est caractéristique des milieux arides, avec toutefois des différences selon les pratiques agricoles. La conductivité électrique a mis en évidence des niveaux de salinité modérés à élevés (0,2885 dS/m à 8,595 dS/m), particulièrement marqués dans les oliveraies (8,595 dS/m), ce qui suggère une accumulation de sels liée à une irrigation insuffisamment maîtrisée.

La teneur en  $\text{CaCO}_3$  (3,92 % à 17,54 %) varie considérablement, traduisant une influence géologique locale, avec des taux plus élevés dans certaines zones à substrats calcaires. La matière organique (2,13 % à 3,10 %) demeure généralement faible, reflet de la faible productivité biologique des sols arides.

Du point de vue textural, la majorité des sols présentent une texture sableuse à sable-argileuse, ce qui limite leur capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, constituant ainsi une contrainte majeure à la durabilité des systèmes agricoles. Ces résultats confirment que la qualité du sol dans cette région est fortement influencée par les pratiques agricoles, et soulignent l'urgence d'adopter des stratégies de gestion durable afin de préserver la fertilité des sols, optimiser l'utilisation de l'eau et améliorer la résilience des agroécosystèmes face aux conditions climatiques extrêmes propres aux zones arides.

**Mots-clés :** Caractérisation, Le Sol, Zones arides, Propriétés physico-chimiques, Mansoura (Ghardaïa)

## ملخص:

أُجريت هذه الدراسة في بلدية المنصورة الصحراوية، جنوب ولاية غرداية، بهدف توصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترابة الزراعية وتقدير أثر النظم الزراعية على جودتها. باستخدام 48 عينة تربة جمعت من أنواع مختلفة من الأراضي الزراعية (حبوب، زيتون، نخيل) وقطع أرض غير مزروعة، حُللت عدة معايير، بما في ذلك الرقم الهيدروجيني(pH) ، والتوصيل الكهربائي(EC) ، ومحتوى كربونات الكالسيوم( $\text{CaCO}_3$ ) ، والمادة العضوية(OM) ، البنية السطحية.

كشفت النتائج عن تباين مكاني كبير بين موقع الدراسة. تراوح الرقم الهيدروجيني للترابة عموماً بين متعادل وقلوي قليلاً (7.185 إلى 7.795)، وهي سمة مميزة للبيئات القاحلة، على الرغم من وجود اختلافات بين قطع الأرض تبعاً للممارسات الزراعية. أظهرت الموصولة الكهربائية مستويات ملوحة تتراوح بين المتوسطة والعالية (من 0.2885 ديسى سيمنز/متر إلى 8.595 ديسى سيمنز/متر)، لا سيما في بساتين الزيتون (8.595 ديسى سيمنز/متر)، مما يشير إلى تراكم الملح بسبب الري غير المُتحكم فيه بشكل كافٍ. يختلف محتوى كربونات الكالسيوم (من 17.54 % إلى 3.92 %) اختلافاً كبيراً، مما يعكس تأثيراً جيولوجيًّا محليًّا، مع مستويات أعلى في بعض المناطق ذات الركائز الجيرية. أما بالنسبة للمادة العضوية (من 2.13 % إلى 3.10 %)، فهي منخفضة بشكل عام، مما يعكس انخفاض الإنتاجية البيولوجية للتربة القاحلة. من ناحية البنية، تتمتع غالبية الترب بنسيج رملي إلى رملي-طيني، مما يقلل من قدرتها على الاحتفاظ بالمياه والمغذيات، ويشكل عائقاً كبيراً أمام استدامة النظم الزراعية.

بشكل عام، تؤكد النتائج أن جودة التربة في هذه المنطقة تتأثر بشدة بالممارسات الزراعية، وتنذر الحاجة المُلحّة إلى اعتماد استراتيجيات إدارة مستدامة لحفظ خصوبة التربة، وتحسين استخدام المياه، وتعزيز قدرة النظم البيئية الزراعية على مواجهة الظروف المناخية القاسية الخاصة بالمناطق القاحلة.

الكلمات المفتاحية: التوصيف، التربة، المناطق القاحلة، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المنصورة (غرداية).

## **Abstract:**

This study was conducted in the Saharan commune of Mansoura, in the south of the province of Ghardaïa, with the aim of characterizing the physicochemical properties of agricultural soils and assessing the impact of cropping systems on their quality. Using 48 soil samples collected from various types of agricultural land (cereals, olive trees, palm trees) and uncultivated control plots, several parameters were analyzed, including pH, electrical conductivity (EC), calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) content, organic matter (OM), and texture.

The results revealed high spatial variability between the study sites. Soil pH was generally neutral to slightly alkaline (7.185 to 7.795), which is characteristic of arid environments, although there were differences between plots depending on agricultural practices. Electrical conductivity revealed moderate to high salinity levels (0.2885 dS/m to 8.595 dS/m), particularly in olive groves (8.595 dS/m), suggesting salt accumulation due to insufficiently controlled irrigation.  $\text{CaCO}_3$  content (3.92% to 17.54%) varies considerably, reflecting a local geological influence, with higher levels in some areas with calcareous substrates. As for organic matter (2.13% to 3.10%), it is generally low, reflecting the low biological productivity of arid soils, but a few plots show a significant improvement where sustainable practices (organic amendments, crop rotations) are implemented. Texturally, the majority of soils have a sandy to sandy-clayey texture, which reduces their water and nutrient retention capacity, and poses a major constraint to the sustainability of agricultural systems. Overall, the results confirm that soil quality in this region is strongly influenced by agricultural practices and highlight the urgent need to adopt sustainable management strategies to preserve soil fertility, optimize water use, and improve the resilience of agroecosystems to the extreme climatic conditions specific to arid zones.

**Keywords:** Characterization ,Soils, Arid zones, Physicochemical properties, Mansoura (Ghardaïa).

## Liste des tableaux

N°	Titre	Pages
<b>Tableau 01</b>	Données météorologiques de la Wilaya de Ghardaïa (2014-2024) (O.N.M., 2025)	<b>06</b>
<b>Tableau 02</b>	Paramètres statistiques du pH des sols selon les types de couverture végétale	<b>12</b>
<b>Tableau 03</b>	Paramètres statistiques de la Conductivité électrique des sols selon les types de couverture végétale	<b>26</b>
<b>Tableau 04</b>	Paramètres statistiques de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3\%$ ) des sols selon les types de couverture végétale	<b>27</b>
<b>Tableau 05</b>	Paramètres statistiques de la Matière organique des sols selon les types de couverture végétale	<b>31</b>

## Listes des Figures

N°	Titre	Pages
<b>Figure 01</b>	Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (Achour. Mekechti.2025)	<b>08</b>
<b>Figure 02</b>	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2014 - 2024).	<b>11</b>
<b>Figure 03</b>	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon climagramme d'EMBERGER (2014 – 2024).	<b>12</b>
<b>Figure 04</b>	Les pivots de céréale (Mansoura).	<b>20</b>
<b>Figure 05</b>	Localisation du site d'étude (Achour. Mekechti.2025).	<b>21</b>
<b>Figure 06</b>	Prélèvement de sol avec une profondeur 0_30 cm.	<b>22</b>
<b>Figure 07</b>	Ph mètre	<b>23</b>
<b>Figure 08</b>	Conductimètre	<b>24</b>
<b>Figure 09</b>	Calcimétrique (type Bernard)	<b>25</b>
<b>Figure 10</b>	Dosage de l'azote carbonique	<b>27</b>
<b>Figure 11</b>	Teneur moyenne du pH selon les types d'occupation des sols	<b>32</b>
<b>Figure 12</b>	Teneur moyenne de la Conductivité électrique selon les types d'occupation des sols	<b>35</b>
<b>Figure 13</b>	Teneur moyenne en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) (%) selon les types d'occupation des sols	<b>38</b>
<b>Figure 14</b>	Teneur moyenne de la Matière organique selon les types d'occupation des sols	<b>41</b>
<b>Figure 15</b>	Les résultats de granulométrie (P1)	<b>43</b>
<b>Figure 16</b>	Les résultats de granulométrie (témoin)	<b>43</b>

## Liste des Abréviations

Abréviation	Signification
<b>C</b>	Degrée Celsius
<b>CEC</b>	Capacité d'échange cationique
<b>M.O</b>	Matière Organique
<b>O.N.M</b>	Office National de la Météorologie
<b>PH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>CE</b>	Conductivité électrique
<b>Q2</b>	Quotient pluviothermique d'Emberger
<b>Max</b>	Maximum
<b>Min</b>	Minimum
<b>A.N.R.H</b>	Agence nationale des ressources hydrauliques
<b>F.A.O</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>I.N.R.A.A</b>	Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
<b>O.N.S</b>	Office National des Statistiques Algérie
<b>D.S.A</b>	Direction des Services Agricoles
<b>t</b>	Témoin
<b>dS</b>	Decisiemens
<b>H</b>	Horizon
<b>HCl</b>	Hydro chlorure (acide chlorhydrique)
<b>ms</b>	Micro Siemens

# Table de matières

N°	Titre	Pages
	Remerciement	
	Dédicace	
	Résumé	
	Liste des tableaux	
	Liste des figures	
	Liste des abréviations	
	Table de matières	
	Introduction Générale	

## PREMIERE PARTIE : MATERIEL ET METHODES

### D'ETUDE

#### Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1	Situation géographique de Ghardaïa	07
I.2	Situation géographique et administrative de la région de Mansoura	07
I.3	Synthèse climatique et bioclimatique	08
I.3.1	Synthèse climatique	08
I.3.1.1	Température	09
I.3.1.2	Précipitation	09
I.3.1.3	Humidité relative	09
I.3.1.4	Evaporation	10
I.3.1.5	Insolation	10
I.3.1.6	Vent	10
I.3.2	Synthèse bioclimatique	10
I.3.2.1	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	10
I.3.2.2	Climagramme d'EMBERGER	11
I.4	Géomorphologie	13
I.4.1	Les regs et plateaux du Nord.	13
I.4.2	La zone centrale sablonneuse.	13
I.4.3	Les ergs et plaines sableuses du Sud.	14
I.5	Géologie	14

<b>I.6</b>	Hydrographie	<b>14</b>
<b>I.6.1</b>	Importance des ruissellements	<b>15</b>
<b>I.7</b>	Hydrogéologie	<b>15</b>
<b>I.7.1</b>	Nappe phréatique	<b>15</b>
<b>I.8</b>	Occupation du sol	<b>16</b>
<b>I.9</b>	Productions agricoles	<b>17</b>
<b>I.9.1</b>	Phoeniciculteur	<b>17</b>
<b>I.9.1.1</b>	Importance	<b>17</b>
<b>I.9.2</b>	Arboriculture fruitière	<b>17</b>
<b>I.9.3</b>	Maraîchage	<b>17</b>
<b>I.9.4</b>	Cultures fourragères	<b>18</b>
<b>I.9.5</b>	Production animale	<b>18</b>

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes D'études**

<b>II.1.</b>	Approche méthodologique	<b>20</b>
<b>II.2.</b>	Echantillonnage	<b>21</b>
<b>II.3.</b>	Méthode d'analyse du sol	<b>22</b>
<b>II.3.1.1</b>	Mesure du pH	<b>22</b>
<b>II.3.1.2</b>	Matériel	<b>22</b>
<b>II.3.1.3</b>	Réactifs	<b>22</b>
<b>II.3.1.4</b>	Méthode	<b>22</b>
<b>II.3.2.</b>	Mesure de la conductivité électrique (C.E.)	<b>23</b>
<b>II.3.2.1</b>	Matériel	<b>23</b>
<b>II.3.2.2</b>	Réactifs	<b>23</b>
<b>II.3.2.3</b>	Méthode	<b>24</b>
<b>II.3.3.</b>	Analyse du calcaire (teneur en carbonate de calcium)	<b>24</b>
<b>II.3.3.1</b>	Réactifs	<b>25</b>
<b>II.3.3.2</b>	Méthode	<b>25</b>
<b>II.3.3.3</b>	Calculs	<b>25</b>
<b>II.3.4</b>	Mesure du carbone organique et l'estimation de la MO	<b>26</b>
<b>II.3.4.1</b>	Matériel et Réactifs	<b>26</b>
<b>II.3.4.2</b>	Préparations des solutions	<b>26</b>
<b>II.3.4.3</b>	Méthode	<b>27</b>
<b>II.3.4.4</b>	Calculs	<b>27</b>

<b>II.3.5</b>	Analyse granulométrique du sol (par sédimentation à l'hydromètre)	<b>27</b>
<b>II.3.5.1</b>	Matériel	<b>28</b>
<b>II.3.5.2</b>	Réactifs	<b>28</b>
<b>II.3.5.3</b>	Méthode	<b>28</b>
<b>II.3.5.4</b>	Calculs	<b>29</b>

## **DEUXIEME PARTIE RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **Chapitre III : Caractérisation morpho-analytique et classification des sols**

<b>IV.1</b>	Contexte de l'étude	<b>32</b>
<b>IV.2</b>	Résultats de mesure de PH	<b>32</b>
<b>IV.2.2</b>	Interprétation globale : Influence des systèmes d'usage sur le pH	<b>33</b>
<b>IV.2.3</b>	Conclusion	<b>34</b>
<b>IV.3</b>	Résultats de mesure de la Conductivité électrique	<b>34</b>
<b>IV3.1</b>	Analyse comparative selon la couverture végétale	<b>35</b>
<b>IV3.2</b>	Interprétation globale : Effet des années de culture sur la salinité	<b>36</b>
<b>IV.4</b>	Résultats de mesure de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3\%$ )	<b>37</b>
<b>IV.4.1</b>	Comparaison selon le type de couverture végétale	<b>38</b>
<b>IV.4.2</b>	Interprétation globale : Effet des années de culture sur la dynamique du $\text{CaCO}_3$	<b>39</b>
<b>IV.5</b>	Résultats de mesure de Matière organique	<b>40</b>
<b>IV.5.1</b>	Comparaison selon le type de couverture végétale	<b>41</b>
<b>IV.5.2</b>	Interprétation globale : Effet des années de culture sur la matière organique	<b>42</b>
<b>IV.6</b>	Résultats de granulométrie	<b>43</b>
<b>IV.6.1</b>	Comparaison entre sol cultivé et sol témoin	<b>44</b>
<b>IV.6.2</b>	Interprétation globale : effet des années de culture sur la texture du sol	<b>44</b>
<b>IV.6.3</b>	Conclusion	<b>45</b>
<b>Conclusion</b>		
	Conclusion	<b>47</b>
	Références bibliographiques	<b>49</b>



# *Introduction Générale*

## Introduction

Le sol constitue un élément vivant et fondamental de l'environnement terrestre. Il se forme lentement sous l'effet conjugué de l'altération des roches, du climat, des organismes vivants et du relief (Brady & Weil, 2010). Ce système complexe joue un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes : il régule le cycle de l'eau, contrôle la disponibilité des nutriments pour les plantes, stocke le carbone contribuant ainsi à atténuer le changement climatique et abrite une biodiversité souterraine essentielle au maintien de sa fertilité (Lal, 2004).

Par ailleurs, le sol enregistre les transformations de son environnement, faisant de lui un indicateur précieux pour l'analyse et la gestion des écosystèmes (Wall et al., 2015).

Dans ce contexte, le sol agricole occupe une place capitale dans les systèmes de production alimentaire mondiaux. Loin de se limiter à un simple support physique pour les végétaux, il représente un système vivant dynamique, impliqué dans la régulation des nutriments, la gestion de l'eau et la préservation de la biodiversité. Ce type de sol est fréquemment soumis à des pratiques agricoles intensives telles que le labour, l'irrigation, l'usage d'engrais chimiques ou organiques, et la rotation culturelle. Ces interventions influencent profondément ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, avec des effets pouvant être bénéfiques ou délétères selon les modalités de gestion adoptées (Brady & Weil, 2010 ; Wall et al., 2015).

La qualité d'un sol agricole dépend d'un équilibre complexe entre la matière organique, la structure du sol, la capacité de rétention en eau et la diversité microbienne. Ces facteurs sont tous déterminants pour assurer la croissance des plantes et garantir une production durable (Brussaard et al., 2012). Toutefois, cette qualité est menacée par l'intensification croissante de l'agriculture, l'usage excessif d'intrants chimiques, et certaines pratiques non durables, provoquant une dégradation du sol via l'érosion, la compaction, la salinisation ou encore la perte de fertilité (Montgomery, 2007 ; FAO, 2017).

Dans les zones arides, les sols agricoles présentent des spécificités particulières en raison du climat sec caractérisé par de faibles précipitations, des températures élevées et une forte évaporation. Cela se traduit par une faible humidité du sol et une disponibilité réduite en eau pour les cultures. Ces conditions accentuent les problèmes de salinisation, la pauvreté en

matière organique, ainsi qu'une structure fragile qui diminue la capacité de rétention d'eau et de nutriments. Malgré ces contraintes, l'agriculture dans ces régions reste essentielle pour les populations locales et l'économie (FAO, 2010 ; Lal, 2001).

Dès lors, l'étude des propriétés physico-chimiques du sol s'avère incontournable pour comprendre ses mécanismes internes et évaluer son potentiel agronomique. Les propriétés physiques telles que la texture (répartition du sable, du limon et de l'argile), la structure, la porosité et la capacité de rétention en eau influencent directement la disponibilité de l'eau et de l'oxygène pour les racines (Brady & Weil, 2010). Un sol trop compacté, limite la circulation de l'air et l'infiltration de l'eau, entravant la croissance végétale et favorisant certaines maladies racinaires (Brady & Weil, 2010).

Sur le plan chimique, des paramètres tels que le pH conditionne la solubilité et la biodisponibilité des nutriments. Des valeurs extrêmes de pH peuvent bloquer certains éléments essentiels, compromettant ainsi la santé des cultures (Lal, 2009). La conductivité électrique (EC), quant à elle, renseigne sur la salinité du sol, une donnée cruciale dans les régions arides où l'accumulation de sels nuit fortement au développement végétatif (FAO, 2017). De plus, la teneur en matière organique, en éléments nutritifs majeurs (azote, phosphore, potassium) et en oligoéléments est déterminante pour maintenir la fertilité des sols. Leur analyse permet non seulement de détecter les signes de dégradation (érosion, salinisation, acidification), mais aussi de proposer des pratiques de gestion adaptées (Lal, 2009).

Ainsi, la connaissance approfondie des propriétés physico-chimiques du sol est indispensable pour mettre en place des stratégies de gestion agricole ciblées et efficaces. En effet, chaque sol présente des contraintes spécifiques, liées à sa texture, son pH, sa salinité ou sa teneur en matière organique, qui influencent la croissance des cultures et la productivité globale (Hillel, 1998). Par exemple, un sol alcalin peut nécessiter des amendements spécifiques, tels que la chaux, afin d'améliorer la disponibilité des nutriments (Tan, 2010). De même, les sols salins, fréquents dans les zones arides, exigent des mesures telles que l'irrigation raisonnée ou l'utilisation de plantes tolérantes au sel pour réduire le stress osmotique des plantes (Smith & Mullins, 2000). L'enrichissement en matière organique par l'apport de compost ou de résidus végétaux améliore la fertilité et stimule la biodiversité microbienne, garant de la santé du sol (Jones, 2001).

L'analyse précise de ces caractéristiques guide donc les décisions agronomiques, en permettant la mise en œuvre de solutions adaptées, conciliant performance agricole et respect de l'environnement (USDA, 2017). Cette approche intégrée est devenue indispensable face aux défis que posent la dégradation des sols et le changement climatique.

Dans ce cadre, les solutions agricoles durables s'imposent comme un levier stratégique

pour garantir la sécurité alimentaire tout en protégeant les ressources naturelles. Face à la croissance démographique, au réchauffement climatique et à la raréfaction des sols fertiles, la mise en œuvre de pratiques durables est désormais une nécessité (Tilman et al., 2011). Ces pratiques incluent une gestion rationnelle de l'eau, la réduction des intrants chimiques, la diversification des cultures, et des techniques conservatrices telles que la rotation culturelle, l'agroforesterie ou le non-labour (Pretty, 2008). Elles permettent de limiter l'érosion, de préserver la fertilité du sol, et d'accroître la résilience des systèmes agricoles face aux aléas environnementaux (FAO, 2017).

Dans une perspective globale, ces approches durables favorisent une agriculture à la fois productive et respectueuse de l'environnement, tout en soutenant les moyens de subsistance des agriculteurs et la santé des écosystèmes pour les générations futures. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail, dont l'objectif est la caractérisation des sols agricoles dans une région aride : cas de Mansoura (Ghardaïa).

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en deux parties principales.

La première partie, intitulée, Matériel et Méthodes D'étude, est composée de deux chapitres.

- Le chapitre I présente le cadre général de l'étude, en décrivant les principales caractéristiques géographiques, climatiques et socio-économiques de la région ciblée.
- Le chapitre II est consacré au matériel utilisé ainsi qu'à la méthodologie adoptée pour l'analyse et la caractérisation des sols étudiés.

La deuxième partie, intitulée Résultats et discussion, comporte un seul chapitre :

- Le chapitre III, qui est dédié à la présentation, à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus.

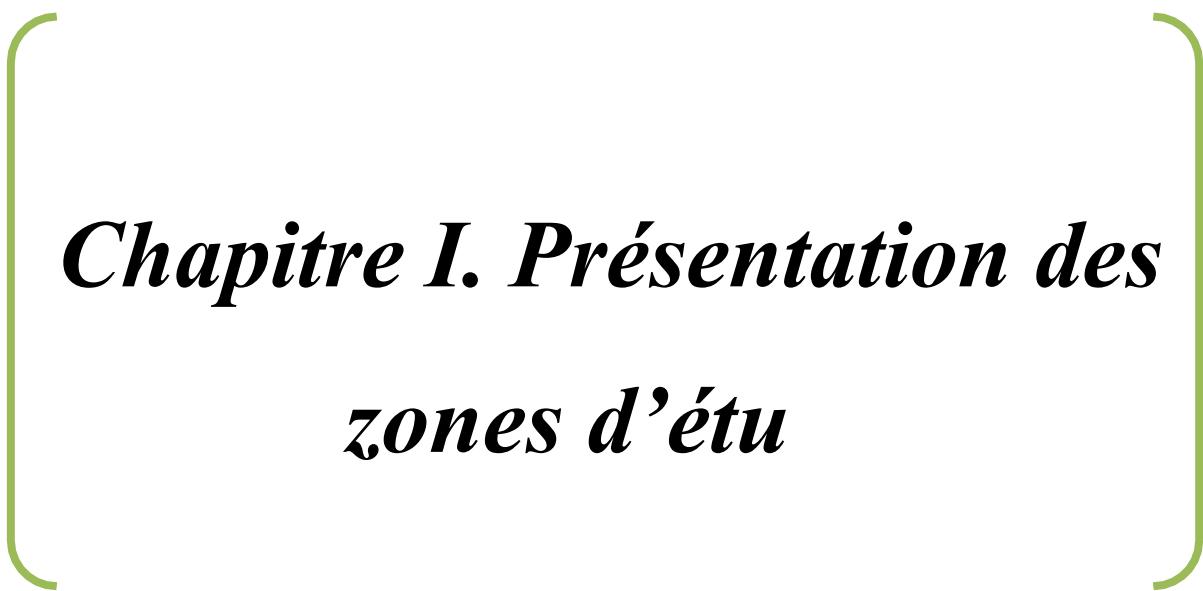


***Première partie***

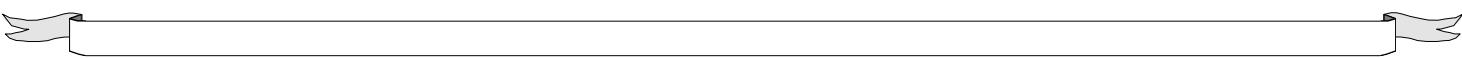
***Matériel et Méthodes***

***d'étude***





# *Chapitre I. Présentation des zones d'étu*



## ***Chapitre I. Présentation de la région d'étude***

### **1. Situation géographique de Ghardaïa**

Ce cadre territorial a été modifié par la loi n° 19-12 du 12 novembre 2019, la wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 58 494,69 km<sup>2</sup>. Elle est située à 600 km au sud d'Alger, dans le centre de l'Algérie, au nord du Sahara algérien, à 32° 30' de latitude nord et 3° 45' de longitude. (D.P.A.T. 2014 ; HAMEL, 2023)

La région de Ghardaïa est considérée comme un lien entre les hauts plateaux et le sud du pays.

Elle est délimitée par :

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

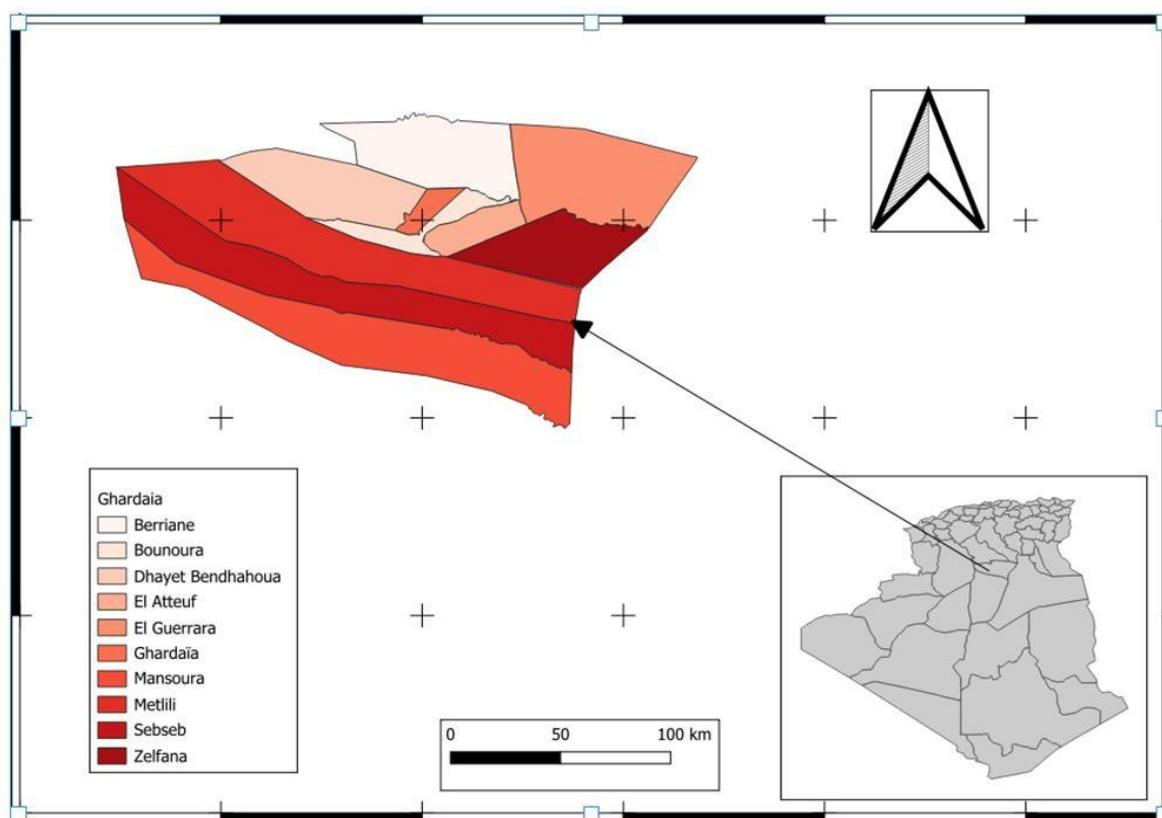
### **2. Situation géographique et administrative de la région de Mansoura**

La commune de Mansoura, issue de la réorganisation administrative de 1984, est localisée au sud de la wilaya de Ghardaïa. Elle est rattachée administrativement à la région de Zelfana. Cette commune occupe une superficie d'environ 6 305 km<sup>2</sup>, soit une part significative de la superficie totale de la wilaya (Cote, 1998).

La chef-lieu de la commune est localisée à 31°47' de latitude nord et 4°24' de longitude est. Mansoura se situait à environ 70 km au sud-est de la ville de Ghardaïa et à environ 680 km de la capitale Alger. Elle se trouvait dans une zone saharienne marquée par un climat aride, de très faibles précipitations et des températures élevées.

Les limites géographiques de la municipalité de Mansoura (Fig.01)

- Au Nord : la commune de Sebseb (wilaya de Ghardaïa)
- Au Sud : la commune d'Hassi Fehal (wilaya de Menia)
- À l'Est : Ouargla
- À l'Ouest : El Bayadh



**Figure 01.** Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (Achour. Mekechti.2025)

### 3. Synthèse climatique et bioclimatique

#### 3.1. Synthèse climatique

Le climat de la région de Ghardaïa est un climat typiquement saharien, avec deux saisons : une saison chaude et sèche (avril à septembre) et une saison tempérée (octobre à mars), avec une différence importante entre les températures estivales et hivernales (A.N.R.H., 2011).

Le tableau 01 résume les données climatiques de la région étudiée entre 2013 et 2023. La température, les précipitations, l'humidité relative, les vents, l'évaporation et l'ensoleillement sont les principaux facteurs climatiques qui seront abordés ici.

**Tableau 01.** Données météorologiques de la Wilaya de Ghardaïa (2013 et 2023) (TUTIEMPO.2025)

	T. (C°)	P.	E.	I. (h/mois)	H. (%)	V.V	
Mois	Min	Max.	Moy.	(mm)	(mm)		(m/s)
<b>Janvier</b>	6,92	19,10	12,88	1,55	52,27	252,54	47,2
<b>Février</b>	8,61	20,76	14,74	3,98	44,27	244,63	40,8
<b>Mars</b>	12,21	24,86	19,10	3,94	38	270,27	34,5
<b>Avril</b>	17,01	30,59	24,1	4,06	34,18	295,63	30,1
<b>Mai</b>	22,10	35,93	29,32	4,04	28,54	329,18	26,3
<b>Juin</b>	27,35	41,93	35,2	0,81	25,18	335,45	21,5
<b>JUILLET</b>	31,18	45,34	38,87	0,32	21,45	344,9	19,1
<b>Aout</b>	30,5	44,02	37,45	4,39	26,45	332,63	23,6
<b>Septembre</b>	26,31	39,8	32,87	5,84	38,72	274,63	32,3
<b>Octobre</b>	19,83	32,4	26,10	4,11	43,63	271,9	37,6
<b>Novembre</b>	12,89	24,35	18,35	5,02	48,9	255,81	45,05
<b>Décembre</b>	8,64	19,95	13,95	3,87	55,36	232,9	53,9
<b>Moyenne annuelle</b>	18,25	31,64	25,43	40,76*	38,08	3440,54*	34,6*
							15,04

T. : Température ; P. : Pluviométrie ; E. : Evaporation ; I. : Insolation ; H. : Humidité relative  
V.V. : Vitesse de vent ; \* : Cumulés annuelle

### 3.1.1. Température

La température moyenne annuelle est de 25,43 °C, une saison très chaude du juin au septembre, Le mois le plus chaud de l'année à Ghardaïa est Juillet, avec une température moyenne maximale de 45,34 °C et minimale de 31.18 °C. La saison fraîche dure du novembre au mars, Le mois le plus froid de l'année est janvier, avec une température moyenne minimale de 6.92 °C et maximale de 19.10 °C. (TUTIEMPO.2025).

### 3.1.2. 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 5.84 mm au mois de Septembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 40.76 mm (TUTIEMPO.2025).

### 3.1.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. Elle est de l'ordre de 19.1 % au mois Juillet, atteignant un maximum de 53.9% en mois de Décembre et une moyenne annuelle de 34.6 % (TUTIEMPO.2025).

### 3.1.4. Evaporation

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 2593,27 mm/an, avec un maximum mensuel de 377.72 mm au mois de Juillet et un minimum de 89.54 mm au mois de Janvier (TUTIEMPO.2025).

### 3.1.5. Insolation

L'ensoleillement est considérable à la région de Ghardaïa, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année. La durée moyenne de l'insolation est de 286.71 heures/mois, avec un maximum de 344.9 heures au mois de Juillet et un minimum de 232.9 heures au mois de Décembre. La durée d'insolation moyenne annuelle entre 2013 et 2023 est de 3440.54 heures/an, soit approximativement 9.42 heures/jour (TUTIEMPO.2025).

### 3.1.6. Vent

Ils sont de deux types :

- Les vents de sable, qui prévalent en automne, au printemps et en hiver en provenance du nord-ouest, contribuent à l'érosion des sols et au déplacement de la poussière, ce qui a un impact sur la productivité agricole et le génie civil dans les régions arides (Stipho, 1992).
- En revanche, le Sirocco, un vent chaud venant du sud, domine les mois d'été, ce qui entraîne une augmentation de l'évapotranspiration et nécessite d'importants efforts d'irrigation pour soutenir les cultures (Liu et al., 2024). D'après les données de (TUTIEMPO.2025) pour la période de 2013 - 2023, les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de 15.04 m/s.

## 3.2. Synthèse bioclimatique

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (FAURIE et al, 1980). Le diagramme ombrothermique de Gaussen donne les périodes humides et les périodes sèches alors que le climagramme pluviométrique d'EMBERGER détermine l'étage bioclimatique.

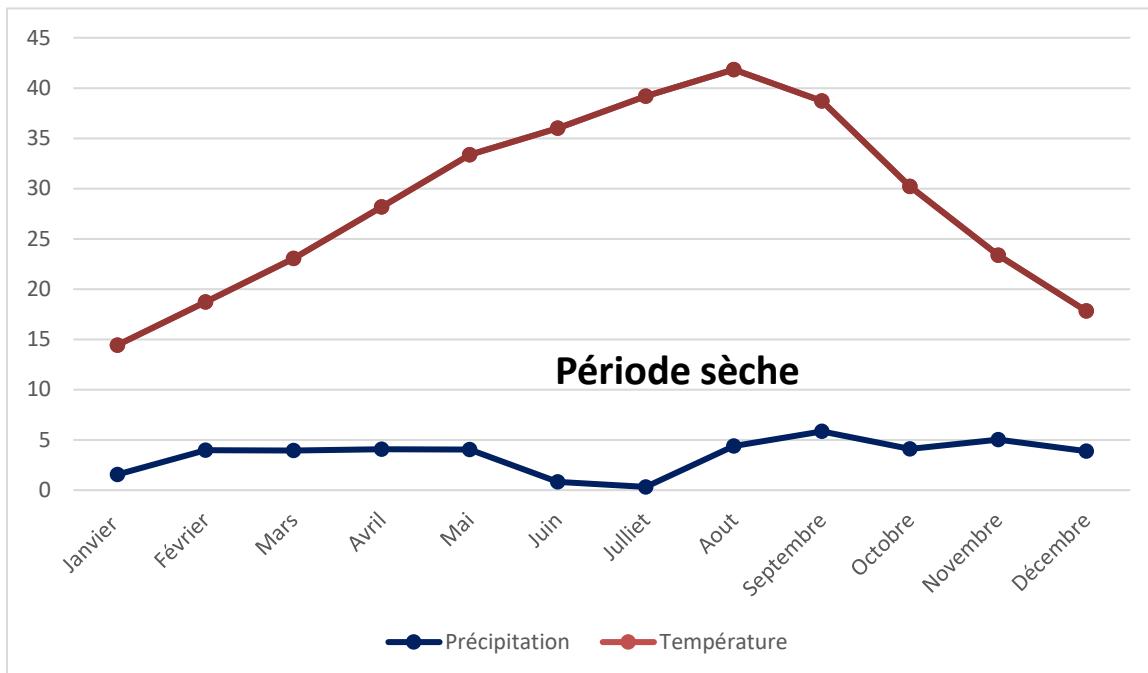
### 3.2.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon le tableau (01) qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique qui détermine la période sèche.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953), permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté (Fig.02) ;

- En abscisse par les mois de l'année ;
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C ;
- Une échelle de P=2T ;
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche.

Dans la région de Ghardaïa, le diagramme ombrothermique montre que la période de sécheresse s'étale sur toute l'année.



**Figure 02.** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2013 - 2023).

### 3.2.2. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER permet la classification des différents types de climats méditerranéens (DAJOZ, 1985 ; DAJOZ, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels :

- En abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid ;
- En ordonnées par le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) d'EMBERGER.

On a utilisé la formule de STEWART (1969), adaptée pour l'Algérie, qui se calcule

$$Q_2 = 3,43 \cdot P / M \cdot m$$

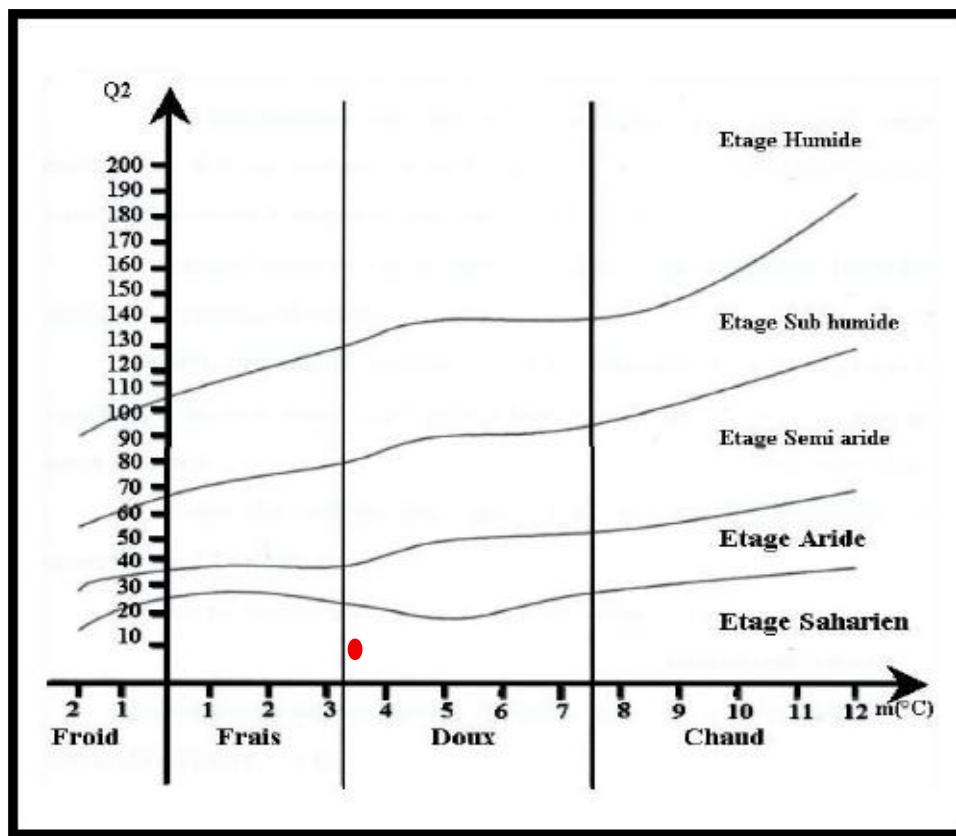
Comme suit

- $Q_2$  : Quotient pluviothermique d'EMBERGER ;
- $P$  : Précipitations moyennes annuelles en mm ; **40,76**
- $M$  : La température maximale du mois le plus chaud en °C ; **45,34**
- $m$  : La température minimale du mois le plus froid en °C ; **6,92**
- 3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

D'après la formule, Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux

et son quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) est de **3.63**. (Fig.03).

$$(3,43 \cdot 40,76) / (45,34 - 6,92) = 3.63$$



**Figure 03.** Etage bioclimatique de Ghardaïa selon climigramme d'EMBERGER (2013 – 2023).

#### 4. Géomorphologie

Le territoire de la commune de Mansoura présente une géomorphologie saharienne typique, structurée en bandes naturelles orientées principalement du nord vers le sud. On distingue trois grandes unités géomorphologiques aux caractéristiques bien distinctes.

##### 4.1. Les regs et plateaux du Nord

La partie nord de la commune est dominée par des **regs** (surfaces caillouteuses) et des **plateaux pierreux**, généralement légèrement ondulés. Ces zones font partie des extensions méridionales du socle du M'Zab et offrent un relief relativement stable, bien que pauvre en matière organique. Cette région, bien que aride, est utilisée ponctuellement pour des activités pastorales extensives, (C., 1959 ; Houichiti, M., 2009)

##### 4.2. La zone centrale sablonneuse

La zone médiane du territoire est constituée d'étendues sablonneuses intercalées par

des interfluves faiblement marqués, sur lesquels on retrouve les principales activités agricoles de la région, notamment la céréaliculture. Le substrat y est meuble, et les sols sont peu profonds, ce qui rend la gestion de l'eau et de la fertilité particulièrement difficile. (C.C.F.A., 1960 ; Houichiti, M., 2009 ; Belkheiri, A., 2015)

### 4.3. Les ergs et plaines sableuses du Sud

Au sud, on observe l'expansion des **ergs** – dunes de sable formées par l'action continue des vents dominants du nord-est. Ces formations couvrent une large superficie et témoignent de processus éoliens intenses. Elles représentent un obstacle naturel à l'extension des zones agricoles, mais offrent des indices importants sur l'évolution géologique et climatique régionale. Mainguet, (M., 1999 ; Houichiti, M., 2009)

## 5. Géologie

Le territoire de Mansoura repose sur un socle sédimentaire composé de formations anciennes du Crétacé supérieur (Sénonien) au nord, dominées par des calcaires et des marnes, témoignant d'anciennes mers (Benhadi, 2008). Le centre et le sud sont dominés par des dépôts plus récents du Quaternaire, comprenant des alluvions, des dunes éoliennes et des dépressions, formés par l'action des rivières et du vent dans un climat aride (Roubier, 1984). À l'est, des traces de poudingues calcaires du Pliocène sont visibles, témoignant de milieux lacustres anciens (Derradji, 1997). Cette diversité géologique reflète une évolution complexe influencée par des cycles climatiques et géomorphologiques dans un environnement saharien (Benchaabane et al., 2010).

## 6. Hydrographie

Les oueds sahariens sont des réseaux qui sillonnent avec une netteté remarquable le Sahara algérien. Ils datent de la période quaternaire, époque d'humidité relative, où le Sahara était parcouru par de grandes rivières, dont l'érosion a marqué d'une forte empreinte le modèle du sol (CAPOT-REY, 1953). La région de Mansoura, située dans le sud de la wilaya de Ghardaïa, est également jalonnée par un grand réseau d'oueds. Parmi les principaux oueds de la région, on trouve : oued Mansoura, oued Aouf, oued Tafraoui, oued M'Zab et oued Zegrir (A.N.R.H., 2011). Les oueds traversant la commune de Mansoura se divisent en deux types :

### Vallées de la partie occidentale

- **Oued Mansoura** : Il prend son origine dans les montagnes des djebels du nord de Mansoura et s'étend sur une vallée relativement étroite, pour déboucher sur la zone d'erg à environ 200 km de son origine (DUBIEF, 1953).
- **Oued Aouf** : D'une longueur d'environ 130 km, sa vallée est assez large et souvent envahie par des dunes mobiles. Après une bifurcation, il se dirige vers l'Est pour rejoindre l'oued M'Zab, qui marque la frontière naturelle de la vallée (DUBIEF, 1953).

## Oueds de la région de Mansoura.

Selon CAPOT-REY (1953), ces oueds sont très ramifiés, constituant une multitude de petits ravinéaux et cours d'eau intermittents. Dans la circonscription de Mansoura, on trouve :

- Oueds Sidi Aïssa, oued Ichemoul et oued Tadjart au Nord-Ouest ;
- Oued M'Zab, qui prend sa source dans les montagnes de Metlili et traverse l'oasis de M'Zab, se dirigeant vers l'Est pour confluer avec l'oued Mansoura ;
- Oued Sebseb qui serpente sur environ 100 km vers l'Est avant de rejoindre la Sebkha de Tamenrasset. Un ancien itinéraire relie l'oued Sebseb à l'oued Metlili en traversant l'oasis de M'Zab.

Le régime d'écoulement de ces oueds est irrégulier, alternant entre périodes de fortes crues et longues périodes de sécheresse. Les délages, bien que rares, sont parfois localisés, et les faibles précipitations sont compensées par une vitesse de ruissellement généralement suffisante pour générer des crues importantes (DUBIEF, 1953).

### 6.1. Importance des ruissellements

Les crues des oueds jouent un rôle primordial dans le régime des puits. À chaque crue, le niveau de la nappe phréatique s'élève. En cas de sécheresse, l'eau s'abaisse plus ou moins lentement, pour arriver à son minimum ; parfois même, l'eau disparaît complètement. Sans ruissellement, les faibles précipitations ne pourraient humecter suffisamment les sols profondément desséchés, pour alimenter la nappe d'eau profonde (DUBIEF, 1953). Ces ruissellements ont également des effets sur les propriétés du sol, grâce aux éléments fins d'épandage.

## 7. Hydrogéologie

Deux nappes différentes sont exploitées par la population de la commune de **Mansoura** : l'une depuis des siècles, **la nappe phréatique**, l'autre plus récemment, **la nappe du Continental Intercalaire**, grand réservoir souterrain du Sahara.

### 7.1. Nappe phréatique

La présence d'eaux souterraines dans la région du M'Zab, y compris dans la zone de Mansoura, s'explique par la présence de couches marneuses imperméables du Cénomanien, situées sous les calcaires turoniens de la Chebka (MOULIAS, 1927).

En général, l'eau est captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne, pouvant atteindre plus de 50 m. Cette eau est utilisée principalement pour l'irrigation des cultures pérennes, notamment les palmiers dattiers.

Le comportement hydrogéologique de cette nappe est étroitement lié au régime pluviométrique. Elle constitue la principale source d'irrigation dans la commune. La profondeur

de captage augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Dans la commune de Mansoura, les puits sont aussi situés en dehors de l'oasis, ce qui les rend essentiels pour les pasteurs nomades. Ces puits servent non seulement de points d'eau, mais aussi de repères pour les itinéraires et les zones de parcours (HOUICHITI, 2009).

Les eaux phréatiques dans la commune de Mansoura n'ont pas connu de surexploitation excessive comme dans d'autres régions, ce qui leur confère une relative stabilité en qualité et en quantité.

L'eau d'irrigation exploitée de cette nappe est utilisée essentiellement pour les besoins agricoles traditionnels.

La nappe du Continental Intercalaire draine généralement les formations gréseuses et grèso-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée à des profondeurs variant entre 250 m et 1000 m selon les zones.

L'écoulement des eaux s'effectue localement d'Ouest en Est. L'alimentation de cette nappe, bien que très faible, provient des précipitations infiltrées au niveau des piémonts de l'Atlas Saharien, grâce à la faille sud-atlasique (A.N.R.H., 2011).

Les eaux de la nappe albienne dans la commune de Mansoura se caractérisent par une salinité modérée à éléver, comprise entre 2,5 et 5 dS/m à 25°C, avec une moyenne d'environ 3,8 dS/m.

Tous les forages analysés appartiennent à la classe C3-S1 selon les normes de qualité des eaux d'irrigation, ce qui signifie qu'elles sont modérément salines et peuvent être utilisées pour l'irrigation à condition d'un bon drainage et de cultures tolérantes au sel.

## 8. Occupation du sol

Le territoire communal de **Mansoura** est réparti comme suit :

- **Les terres nues** : Elles englobent tous les terrains rocheux et accidentés ainsi que les terrains urbains ;
- **Les zones dunaires et ensablées** : On rencontre des zones ensablées sous forme d'accumulations dunaires ou erg ;
- **Les zones pastorales** : La majorité des vallées sont des zones pastorales ;
- **Les zones agricoles** : Les zones agricoles existantes dans cette région sont essentiellement localisées dans les fonds d'oueds, notamment autour de l'oued Mansoura et ses affluents. Ces terres sont exploitées pour des cultures traditionnelles comme le palmier dattier, les céréales (orge principalement), ainsi que quelques cultures maraîchères saisonnières lorsque l'eau est disponible.

## 9. Productions agricole

Les principales productions agricoles dans la commune de **Mansoura** sont :

## **9.1. Phoeniciculture**

La phoeniciculture, ou culture du palmier dattier, constitue l'activité agricole dominante dans la commune. Elle est pratiquée dans les oasis traditionnelles et les zones irriguées par les eaux souterraines.

### **9.1.1. Importance**

Le palmier dattier joue un rôle socio-économique essentiel. Il fournit non seulement les dattes, produit de base de l'alimentation locale et source de revenus, mais il crée aussi un microclimat favorable pour les cultures secondaires. Les variétés les plus répandues sont Deglet Nour, Ghars, et Degla Beïda.

## **9.2. Arboriculture fruitière**

En complément de la phoeniciculture, on trouve des plantations d'arbres fruitiers adaptés au climat aride, tels que le grenadier, le figuier, l'amandier, et dans une moindre mesure, l'olivier. Ces espèces sont cultivées dans les mêmes périmètres irrigués que les palmiers.

## **9.3. Maraîchage**

**9.4. Le maraîchage** est pratiqué de manière saisonnière, principalement en automne et en hiver, grâce à l'irrigation par puits. Les cultures les plus courantes sont les oignons, la pomme de terre, les carottes, et les tomates. Cette activité reste limitée en superficie à cause de la rareté de l'eau.

## **9.5. Cultures fourragères**

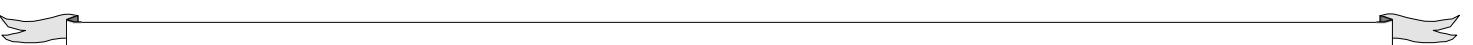
Les cultures fourragères, bien que peu étendues, jouent un rôle important pour l'alimentation du cheptel local. On cultive principalement l'orge, la luzerne, et parfois le sorgho dans les zones où l'eau est disponible.

## **9.6. Production animale**

La production animale dans la commune de Mansoura est principalement de type extensif, adaptée aux conditions sahariennes. L'élevage ovin (notamment la race Ouled Djellal) est le plus répandu, suivi par les caprins et, dans une moindre mesure, les camelin



## *Chapitr II. Matériel et Méthode*



## Chapitre II Matériel et Méthodes D'études

### 1.Approche méthodologique

Nous avons choisi la commune de Mansoura pour les raisons suivantes :

- La diversité des systèmes agricoles (culture céréalière, phoeniciculture, etc.) ;
- L'importance de la zone du point de vue agroécologique.

Dans le site d'étude, nous avons sélectionné des zones représentatives des principales pratiques agricoles pour analyser l'effet de ces pratiques sur la matière organique et d'autres caractéristiques physico-chimiques des sols.



**Figure 04.** Les pivots de céréale (Mansoura).



**Figure 05.** Localisation du site d'étude (Achour. Mekechti 2025).

## 2. Echantillonnage

Nous avons réalisé sur le terrain des prélèvements systématiques de sol à profondeur (0-30 cm) pour caractériser la texture, la teneur en matière organique, et d'autres paramètres pertinents à l'étude de l'impact des systèmes agricoles.

Nous avons procédé à un échantillonnage systématique le long de transects suivant des critères d'occupation du sol (RAYEN et al., 2003),



**Figure 06.** Prélèvement de sol avec une profondeur 0\_30 cm.

### 3. Méthode d'analyse du sol :

#### 3.1. Mesure du pH :

Il s'agit d'une technique analytique essentielle permettant de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Elle repose sur l'évaluation de la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) dans le milieu, exprimée sur une échelle logarithmique allant de 0 (très acide) à 14 (très basique), avec 7 correspondants à la neutralité.

#### 3.1.1. 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, bêchers de 50ml (1 par échantillons), pH-mètre + électrodes, agitateur magnétique et barreaux aimantés.

#### 3.1.2. Réactifs :

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

#### 3.1.3. Méthode :

Mesuré au pH.

- Peser 20 g de sol dans un bêcher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau distillée.
- Agiter durant 2h.
- Laisser reposer 2h.
- 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 07.** Ph mètre

### 3.2. Mesure de la conductivité électrique (C.E.) :

#### 3.2.1. Matériel :

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

#### 3.2.2. Réactifs :

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

#### 3.2.3. Méthode :

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

- Peser 10 g de sol dans un bêcher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau distillée
- Agiter durant 2h.
- Laisser pendant 2h.
- 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 08.** Conductimètre.

### 3.1. Analyse du calcaire (teneur en carbonate de calcium)

Méthode fondée sur la réaction du carbonate de calcium avec un acide, produisant un dégagement de CO<sub>2</sub> mesurable.

#### 3.1.1. Matériel :

Balance de précision à 0,1 mg, bêchers de 100 ml, éprouvettes graduées, entonnoir, agitateur en verre, pissette souple de 250 ml, verre de montre, pipette graduée, dispositif calcimétrique (type Bernard), spatule.

#### 3.3.2. Réactifs :

- Eau déminéralisée
- Acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10% ou 1N.
- Carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) anhydre

#### 3.3.3. Méthode :

- Peser 5 g de sol tamisé ( $\leq 2$  mm) et introduire dans la fiole a doigt.
- Ajouter lentement 10 ml d'acide chlorhydrique à 10%.
- Ajuster volume a 0.
- Incliner l'rlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Attendre que la réaction soit complète et lire le volume dégager.



**Figure 09.** Calcimétrique (type Bernard)

### 3.3.4. Calculs :

Afin d'éviter les corrections de  $T^{\circ}$  on peut étalonner l'appareil chaque jour avant chaque série de mesures avec 0.3g de carbonate de calcium par le même procédé que les mesures proprement dites ; soit  $V_4$  le volume de  $\text{CO}_2$  obtenu. Mais ce procédé est long.

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

$$0.3/V_{40} = P_x/V_{3100}$$

$$X = 30 V_3/V_4 P \quad \text{dans laquelle } X = \% \text{ de carbonate de calcium}$$

P : prise d'essai en g

$V_3$  : volume de  $\text{CO}_2$  en ml dégagé par le carbonate de calcium contenu dans la prise de terre P,

$V_4$  : volume de  $\text{CO}_2$  en ml dégagé par 0,3 g de carbonate de calcium.

Pour que le résultat soit correct, il est nécessaire que  $V_3$  et  $V_4$  soient du même ordre de grandeur.

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

Nous avons déterminé le carbone organique par la méthode Walkley-Black

#### 3.2.1. Matériel et Réactifs :

- Eau déminéralisée
- Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Bichromate de potassium p.a ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ).
  
- Sulfate d'ammonium-fer (II) hexahydraté ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) < sel de mohr>

Phénantroline 1-10 (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O).

### 3.2.2. Préparations des solutions :

#### ❖ Solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)0. 25mol.L<sup>-1</sup>

Dans une fiole jaugée de 2000ml contenant environ 900 ml d'eau déminéralisée ; ajouter lentement 28 ml d'acide sulfurique. Ajuster au volume. Homogénéiser.

#### ❖ Solution de Bichromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub>),0.1666 mol. L<sup>-1</sup> :

Dans une fiole jaugée de 1000ml contenant environ 700 ml d'eau déminéralisée ; dissoudre 49.00g de Bichromate de potassium. Ajuster au volume. Homogénéiser.

#### ❖ Solution de sulfate d'ammonium-fer (1) hexahydraté ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Fe (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 6H<sub>2</sub>O) sel de Mohr.0. 5mol.L<sup>-1</sup> :

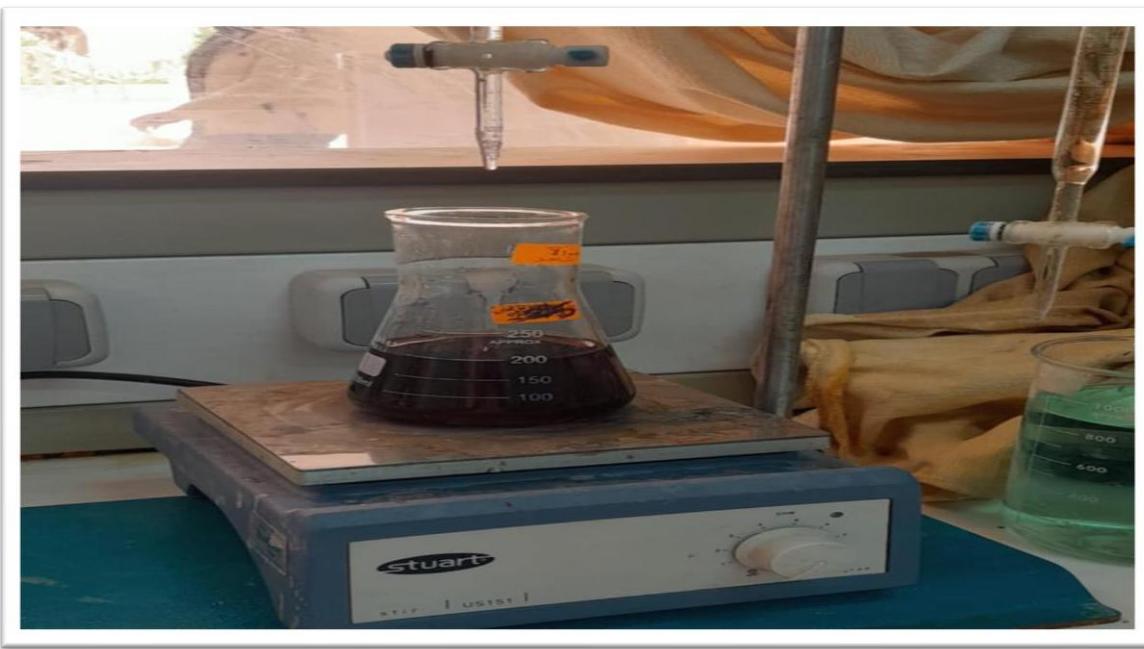
Dans une fiole jaugée de 2000ml contenant environ 1000 ml d'acide sulfurique ; dissoudre 392.160g de sel Mohr. Ajuster au volume avec la solution d'acide sulfurique. Homogénéiser. Se conserve au maximum 2 semaines.

#### ❖ Féroïen (indicateur rédox) :

Dans une fiole jaugée de 100ml contenant environ 90 ml d'eau déminéralisée : dissoudre 0.974g de\* sel Mohr\* et 1.485g de phénantroline 1-10. Ajuster au volume. Homogénéiser.

### 3.2.3. Méthode :

- Peser 1g du sol.
- Ajouter 10ml de solution de bichromate de potassium.
- Ajouter 20 ml de solution d'acide sulfurique et laisser reposer pendent 30min.
- Ajouter 6 gouttes de féroïen.
- Ajouter 200ml d'eau distille.
- Dans une burette de 50ml nous avons ajouté 50ml de solution de sulfate d'ammonium.
- Laisser la burette titre jusqu'à obtenir un virage de couleur et stopper le titrage.



**Figure 10.** Dosage de carbone organique

#### 3.4.4 Calculs :

P : poids de la prise de terre en g

V : volumes versés de solution de sel de Mohr

t : la concentration de sel de Mohr ( $t = 10/T$ )

T: ml versé de solution de sel de Mohr pour le témoin

T': T10ml (quantité oxydation + excès) le volume de bichromate de potassium.

### 3.3. Analyse granulométrique du sol (par sédimentation à l'hydromètre)

Cette méthode permet de déterminer la répartition granulométrique des particules fines (limons et argiles) du sol, en fonction de leur vitesse de décantation dans un liquide selon la loi de Stokes.

#### 3.3.1. Matériel :

Balance de précision, tamis de 2 mm, bêchers de 1 L, éprouvettes graduées de 1 L, agitateur mécanique ou manuel, densimètre (hydromètre de sédimentation), thermomètre, chronomètre, baguette agitatrice.

#### 3.3.2. Réactifs :

- Eau oxygénée ( $H_2O_2$ ).
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Hexamétaphosphate de sodium ( $NaPO_3$ ).

#### 3.3.3. Méthode :

- Peser 50 g de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm.
- Placer l'échantillon dans un bêcher d'un litre.

- Éliminer la matière organique par ajout progressif d'eau oxygénée concentrée (attention aux réactions effervescentes).
- Attaquer les carbonates, s'il y en a, à l'aide de HCl dilué pour détruire les agents liants.
- Après la réaction, rincer abondamment à l'eau distillée.
- Verser le résidu dans une éprouvette graduée de 1 L.
- Ajouter 100 ml d'hexamétaphosphate de sodium comme agent dispersant.
- Agiter énergiquement pendant une minute pour bien séparer les particules.
- Compléter le volume à 1 L avec de l'eau distillée.
- Agiter à nouveau pendant une minute pour homogénéiser la suspension.
- Déposer l'éprouvette sur une table et déclencher simultanément le chronomètre.
- Introduire délicatement l'hydromètre dans la suspension. Après 40 secondes, noter
- La lecture du densimètre  $d$ .
- La température de la suspension (en °C).  $t$
- Noter l'heure exacte de fin de l'agitation.
- Retirer l'hydromètre, agiter de nouveau la suspension pendant une minute.
- Laisser reposer pendant 2 heures.
- Réintroduire soigneusement l'hydromètre dans la suspension.
- Noter à nouveau :
- La lecture du densimètre.  $d'$
- La température de la suspension.  $t'$

### 3.3.4. Calcul :

Une fois les valeurs ( $d$  et  $d'$ ) et ( $t$  et  $t'$ ) connues, elles sont substituées dans les formules suivantes :

$$X = (d + ((1-20) * 0.36)) * (100/p) = \% \text{ de limon +argile.}$$

$$Y = (d' + ((t'-20) * 0.36)) * (100/p) = \% \text{ d'argile.}$$

$X - Y$  est le % de limon.

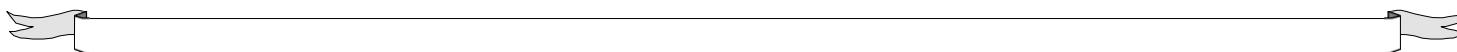
$100 - X$  est le % de sable.

P- poids de sol en grammes.

0.36 facteur de correction en degré de différence de température. On suppose que la température de contraste du densimètre de bouyoucos est 20°C.



## *Chapitre III. Résultats et Discussions*



## Résultats et discussion

### 1. Contexte de l'étude

L'étude porte sur 9 types de sols répartis comme suit :

- 6 sols cultivés en céréales (P1 à P6),
- 2 sols arborés (Olivier, Palmier),
- 1 sol témoin non cultivé, représentant l'état naturel du sol

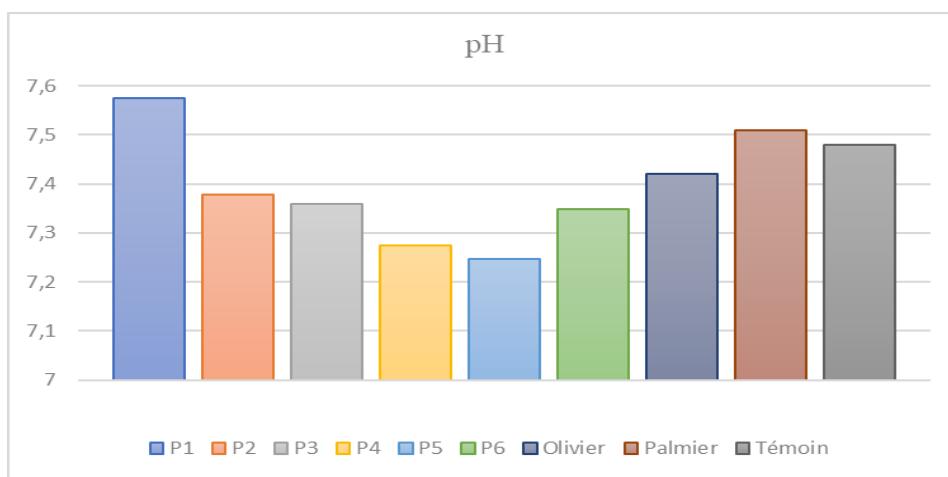
### 2. Résultats de mesure de PH :

**Tableau 2** : Paramètres statistiques du pH des sols selon les types de couverture végétale

	Max	Min	Moyen	Écart type
P1	7.695	7.465	7.575	0.087392791
P2	7.495	7.315	7.377	0.068793168
P3	7.53	7.215	7.359	0.132448103
P4	7.61	6.74	7.275	0.319558289
P5	7.37	7.185	7.246	0.076599608
P6	7.565	7.255	7.349	0.12861765
Olive	7.645	7.195	7.42	0.31
Palmier	7.795	7.24	7.51	0.39
Témoin	7.795	7.28	Moyen	0.194563614

Les résultats indiquent que l'ensemble des sols analysés présentent un pH neutre à légèrement basique, avec des valeurs comprises entre 7,185 et 7,795. Ce niveau de pH est généralement favorable à la disponibilité des éléments nutritifs et à la croissance de nombreuses cultures (Sparks, 2003 ; Brady & Weil, 2010).

### 2.1. Analyse comparative selon les systèmes d'occupation du sol



**Figure 11** : Teneur moyenne du pH selon les types d'occupation des sols

Le sol témoin, représentant un état naturel non modifié, affiche un pH moyen de 7,48 avec une variabilité modérée (écart-type = 0,195). Cette valeur est comparable à celle des parcelles céréalières (notamment P1, P2), ce qui suggère que les pratiques agricoles n'ont pas profondément modifié l'acidité du sol. Toutefois, l'absence d'intervention (amendements, remaniements) semble maintenir le sol dans un équilibre passif, sans amélioration structurelle ou chimique notable (Bardhan et al., 2023).

Les parcelles céréalières présentent des pH moyens allant de 7,246 (P5) à 7,575 (P1), soit une gamme proche de la neutralité, adaptée aux cultures céréalières (FAO, 2006). La faible variabilité observée sur certaines parcelles, notamment P1 (écart-type = 0,087), traduit une homogénéité chimique du profil du sol, probablement liée aux pratiques culturales régulières telles que le labour, les apports d'amendements et une irrigation uniforme. À l'inverse, la parcelle P4 présente une hétérogénéité marquée (écart-type = 0,320), suggérant une hétérogénéité physique ou une variation dans les pratiques de gestion.

Les parcelles arborées présentent des pH moyens relativement élevés : 7,42 pour le sol sous Olivier et 7,51 pour celui sous Palmier. Ces valeurs indiquent une tendance à une légère alcalinisation, phénomène souvent observé dans les systèmes arborés en raison de l'accumulation localisée de matière organique, de l'absence de perturbation mécanique du sol et de la décomposition lente de la litière (Xie et al., 2022). L'écart-type élevé, notamment sous Palmier (0,390), souligne une grande variabilité du pH, probablement due à la stratification verticale des exsudats racinaires et des dépôts de surface.

## 2.2. Interprétation globale : Influence des systèmes d'usage sur le pH

Les résultats suggèrent que les pratiques agricoles, notamment dans les systèmes céréaliers, tendent à stabiliser le pH du sol autour de valeurs optimales pour la culture, entre 7,2 et 7,6. Ceci est cohérent avec les observations de Bohn et al. (2001), qui soulignent l'effet tampon des amendements et des pratiques de gestion régulières sur l'acidité du sol.

Dans les systèmes arborés, la stabilité du pH moyen est également constatée, bien que marquée par une plus forte variabilité. Cette hétérogénéité pourrait résulter d'un apport non uniforme de matière organique (chute des feuilles, racines) et de l'absence de remaniement du sol, ce qui altère la distribution des éléments minéraux et du pH dans le profil.

Le sol témoin illustre un équilibre naturel, sans influence anthropique, mais montre aussi les limites d'un sol non géré, notamment en termes de dynamique organique et de variabilité chimique. Une légère tendance à l'alcalinisation observée sous couvert d'olivier pourrait à long terme affecter la disponibilité de certains micronutriments essentiels, tels que le phosphore, le zinc ou le fer (Mengel & Kirkby, 2001).

### 2.3. Conclusion

L'analyse du pH des sols montre une bonne stabilité chimique dans les systèmes céréaliers, attribuable aux pratiques culturales. En revanche, les systèmes arborés présentent une plus grande variabilité interne, liée à l'absence de travail du sol et à une distribution hétérogène des apports organiques. Le sol témoin, bien que relativement équilibré, souligne l'importance des pratiques culturales pour maintenir un pH optimal, stable et homogène.

### 3. Résultats de mesure de la Conductivité électrique :

**Tableau -03-** : Paramètres statistiques de la Conductivité électrique des sols selon les types de couverture végétale

	MAX	MIN	Moyen	Écart type
P1	0.7145	0.2885	0.4847	<b>0.202777772</b>
P2	0.4895	0.3965	0.4585	<b>0.035806773</b>
P3	2.1465	1.2505	1.709	<b>0.346776225</b>
P4	1.2725	0.524	0.7521	<b>0.301668568</b>
P5	1.764	0.5895	1.2632	<b>0.456949067</b>
P6	1.7575	0.2585	1.0013	<b>0.596926566</b>
Olive	8.595	5.89	7.24	<b>1.91</b>
Palmier	0.523	0.3905	0.45675	<b>0.093</b>
Témoins (P1-P5)	3.855	1.4705	2.8821	<b>1.090816002</b>

Les valeurs mesurées varient considérablement selon l'usage du sol, avec une conductivité allant de **0,2885 dS/m** (valeur minimale, P1) à **8,595 dS/m** (valeur maximale, Olivier), reflétant une forte hétérogénéité des conditions pédologiques et hydriques

Les parcelles céréalières présentent une CE moyenne comprise entre 0,46 dS/m (P2) et 1,71 dS/m (P3). Les faibles valeurs de CE observées dans P1 et P2 indiquent une faible salinité, compatible avec une bonne croissance des cultures (Maas & Hoffman, 1977). À l'inverse, P3, P5 et P6 révèlent des niveaux de salinité modérés à élevés. Ces dernières pourraient affecter négativement les rendements si des mesures correctives (drainage, apport équilibré en eau) ne

sont pas appliquées (Schutte et al., 2022). Les écarts-types élevés observés dans P5

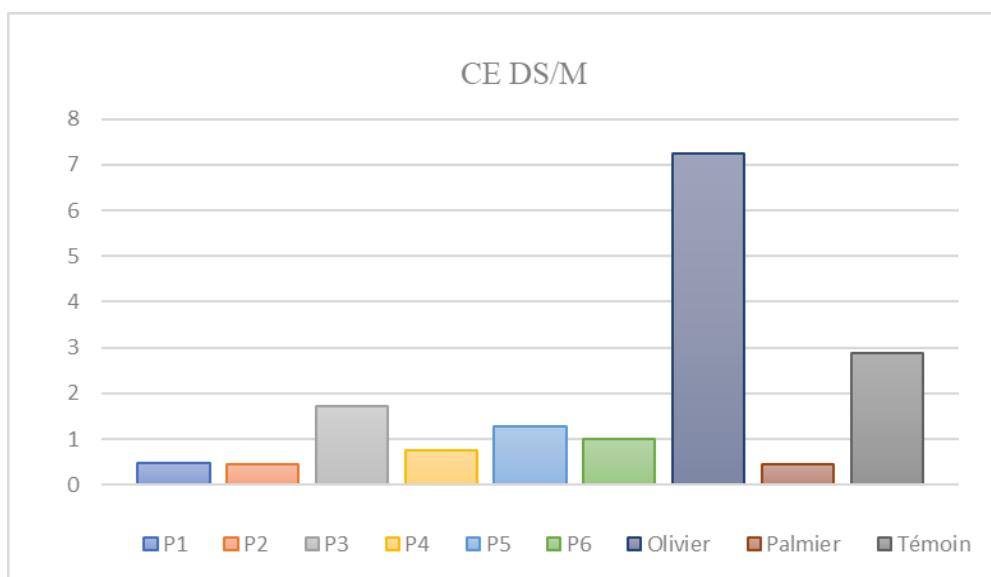
(0,457) et

P6 (0,597) témoignent d'une hétérogénéité interne, probablement liée à une irrigation non uniforme ou à une mauvaise distribution des amendements.

Le sol sous Olivier enregistre la CE moyenne la plus élevée de l'ensemble des sites (7,24 dS/m), largement supérieure au seuil critique de salinité pour la plupart des cultures (2 dS/m) selon (Ayers et Westcot, 1985). Cette accumulation pourrait résulter de l'évapotranspiration intense, du manque de drainage, ou de l'accumulation progressive de sels due à l'absence de lessivage naturel (Hillel, 2000). En revanche, la parcelle sous Palmier présente une CE très faible (0,4568 dS/m), proche de celle des meilleures parcelles céréaliers, ce qui reflète une bonne stabilité chimique du sol et une gestion agroécologique favorable (ex. couverture végétale permanente, engrangement profond).

De manière inattendue, le sol témoin présente une salinité moyenne relativement élevée (2,88 dS/m). Ce résultat suggère une accumulation naturelle des sels, probablement induite par la remontée capillaire en l'absence de perturbation agricole et de drainage artificiel (Qadir et al., 2000). La forte variabilité (écart-type = 1,09) indique une hétérogénéité verticale ou latérale des sels.

### 3.1. Analyse comparative selon la couverture végétale



**Figure 12:** Teneur moyenne de la Conductivité électrique selon les types d'occupation des sols

Les résultats révèlent une influence notable du type de couverture végétale sur la conductivité électrique :

Le sol témoin, non perturbé, bien qu'étant un état de référence naturel, montre une tendance à la salinisation passive, probablement en lien avec les conditions géo-climatiques et l'absence de pratiques de gestion.

Les sols céréaliers montrent une CE modérée à faible ( $\approx 0,94$  dS/m en moyenne),

inférieure à celle du sol témoin. Cela indique que les pratiques agricoles (rotation, irrigation contrôlée, apports d'amendements) favorisent le lessivage des sels, contribuant à limiter leur accumulation (Wang et al., 2021).

Le Palmier, en tant que système arboré bien géré, démontre une efficacité comparable aux céréales pour le maintien d'une faible salinité, ce qui met en évidence l'importance d'une couverture végétale dense et profonde pour la stabilité chimique du sol.

L'Olivier, en revanche, constitue un exemple critique de salinisation secondaire, illustrant les risques liés à une gestion inadéquate des systèmes arborés (absence d'entretien, manque de drainage, apports d'eau irréguliers).

### **3.2. Interprétation globale : Effet des années de culture sur la salinité**

Les résultats suggèrent que les pratiques culturales bien encadrées (rotation, irrigation raisonnée, apport équilibré en amendements) permettent une maîtrise efficace de la salinité du sol. En revanche, l'absence de gestion ou une couverture végétale mal entretenue (comme dans le cas de l'Olivier ou du sol témoin) favorise l'accumulation progressive des sels, pouvant détériorer la structure et la fertilité du sol à long terme (Zhang et al., 2020).

### **3.3. Conclusion**

Les sols céréaliers bien gérés montrent une salinité maîtrisée, adaptée à la production végétale. Le Palmier illustre une bonne pratique arborée, alors que l'Olivier reflète les conséquences d'un manque de gestion adéquate. Le sol témoin confirme que sans intervention anthropique, la salinisation peut survenir naturellement, surtout en climat aride ou semi-aride.

#### 4. Résultats de mesure de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3\%$ ).

**Tableau 04 :** Paramètres statistiques de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3\%$ ) des sols selon les types de couverture végétale

	MAX	MIN	Moyen	Écart type
P1	15.92308	7.153846	9.553846	<b>3.631775</b>
P2	13.15385	5.192308	7.223077	<b>3.344761</b>
P3	6	3.923077	4.846154	<b>0.803561</b>
P4	8.307692	7.730769	8.053846	<b>0.221947</b>
P5	7.038462	3.923077	6.092308	<b>1.339158</b>
P6	8.769231	6.346154	7.8	<b>1.053102</b>
Olive	14.2	11.8	13.0	<b>2.68</b>
Palmier	12.1	4.8	9.2	<b>1.33</b>
Témoins (P1-P5)	17.53846	5.653846	8.930769	<b>4.888959</b>

Les teneurs en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) mesurées dans les différents types de sols étudiés varient sensiblement, allant de 3,92 % à 17,54 %, traduisant une forte hétérogénéité des conditions pédologiques entre les sites. Cette variabilité est étroitement liée aux pratiques culturales, aux types de couvert végétal, ainsi qu'aux facteurs climatiques locaux influençant les processus de lixiviation, précipitation et rétention du carbonate dans le sol. (FAO, 2006 ; Sparks, 2003).

Les teneurs moyennes en  $\text{CaCO}_3$  se situent entre 4,85 % (P3) et 9,55 % (P1). La valeur la plus faible est enregistrée à P3 (4,85 %), tandis que la plus élevée est observée à P1 (9,55 %). Les écarts-types révèlent une variabilité significative selon les parcelles : la parcelle P4 montre une forte homogénéité (écart-type = 0,22), traduisant une distribution relativement uniforme du carbonate dans le profil. À l'inverse, P1 et P2 présentent des écarts-types élevés (3,63 et 3,34), indiquant une hétérogénéité marquée dans la répartition du carbonate, sans doute en lien avec des pratiques agricoles différencierées ou des variations de structure du sol (Zhou et al., 2020).

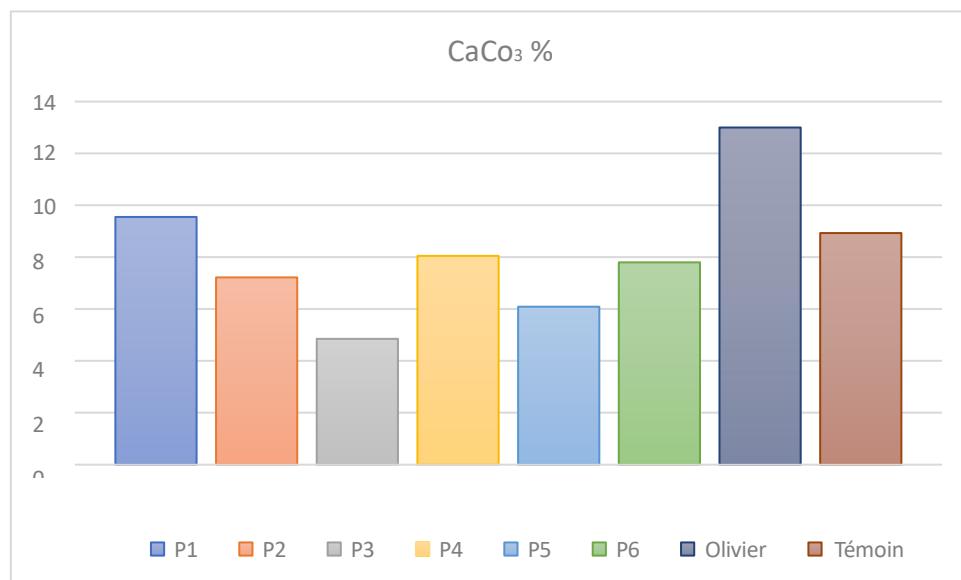
Les résultats obtenus sur les sols sous olivier affichent une teneur moyenne élevée en carbonate de calcium (13,0 %), la plus importante parmi l'ensemble des échantillons analysés (hors sol témoin). L'écart-type modéré (2,68) laisse entrevoir une certaine hétérogénéité, probablement liée à des accumulations localisées de carbonate favorisées par l'évapotranspiration élevée et l'absence de remaniement mécanique du sol (Yuan, J., et al. 2021.).

Les résultats des sols sous palmier révèlent une teneur en carbonate de calcium de 11,82 %, relativement élevée par rapport aux autres types de sol (hors témoin). L'écart-type de 2,10

indique une variabilité modérée, probablement induite par la structure du système racinaire et un régime hydrique favorisant une accumulation différentielle des carbonates.

Le sol témoin, non cultivé, présente une moyenne de 8,93 %, mais avec un écart-type très élevé (4,89), traduisant une hétérogénéité extrême. Les valeurs varient de 5,65 % à 17,54 %, couvrant ainsi les extrêmes observés dans l'ensemble des sols étudiés. Cette forte variabilité peut être attribuée à des processus naturels non régulés, tels que la remontée capillaire, le lessivage limité, ou encore l'érosion différentielle (Sparks, 2003).

#### 4.1. Comparaison selon le type de couverture végétale



**Figure 13 :** Teneur moyenne en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) (%) selon les types d'occupation des sols

Le sol témoin, non cultivé, se caractérise par une teneur élevée et très variable en carbonate de calcium (moyenne = 8,93 %, max = 17,54 %), ce qui reflète l'état naturel du sol, sans exportation significative de carbonates. L'absence de labour ou d'irrigation limite les déplacements du carbonate dans le profil (Lal, 2004 ; FAO, 2006).

Les sols cultivés en céréales présentent une variabilité modérée à forte, avec des moyennes comprises entre 4,85 % (P3) et 9,55 % (P1). En général, les teneurs y sont inférieures à celles du sol témoin ou des parcelles arborées, ce qui pourrait s'expliquer par une dilution ou un appauvrissement en carbonate, consécutifs aux pratiques agricoles telles que l'irrigation, le travail du sol ou l'exportation par les récoltes (Brady & Weil, 2010).

Le sol sous olivier présente la plus forte teneur moyenne en CaCO<sub>3</sub> (13 %), probablement en lien avec une accumulation progressive du carbonate dans un système faiblement perturbé : absence de labour, forte évaporation favorisant la précipitation de carbonates, et système racinaire profond remobilisant les éléments calciques (Zhou, Y., et al. 2020.).

Le sol sous palmier (valeur : 11,82 %) affiche également une teneur élevée, traduisant un fonctionnement similaire à celui observé sous olivier, bien que la variabilité y soit légèrement moindre.

#### **4.2. Interprétation globale : Effet des années de culture sur la dynamique du CaCO<sub>3</sub>**

Les résultats suggèrent que :

Les données confirment que les cultures céralières intensives entraînent une réduction progressive des teneurs en CaCO<sub>3</sub>, principalement en raison de :

- L'intensification du lessivage liée à l'irrigation régulière, surtout en l'absence de mesures de gestion adaptées ;
- La solubilisation du carbonate provoquée par l'utilisation d'engrais azotés à effet acidifiant;
- Le travail mécanique du sol (labour), qui favorise la désintégration et la redistribution du carbonate de calcium (Lal, 2004 ; FAO, 2006 ; Brady & Weil, 2010).

À l'inverse, les systèmes peu perturbés (sols sous olivier ou témoin) tendent à conserver ou accumuler les carbonates. Ce comportement confirme les conclusions de Lal (2004) et FAO (2006), selon lesquelles les systèmes agricoles extensifs ou non perturbés contribuent au maintien ou à l'enrichissement en éléments minéraux, notamment les carbonates.

#### **4.3. Conclusion**

Les sols cultivés montrent une tendance à l'appauvrissement en carbonate de calcium, en fonction de l'intensité et de la nature des pratiques culturales mises en œuvre.

Les sols arborés, en particulier sous olivier, montrent une accumulation notable de CaCO<sub>3</sub>, traduisant une dynamique pédologique plus stable et moins sujette au lessivage.

Le sol témoin constitue une référence précieuse pour comprendre l'évolution naturelle des carbonates en l'absence d'interventions anthropiques.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une gestion agronomique raisonnée, visant à préserver la fertilité chimique des sols tout en limitant la déminéralisation à long terme.

### **5. Résultats de mesure de Matière organique.**

**Tableau 05 :** Paramètres statistiques de la Matière organique des sols selon les types de couverture végétale

	MAX	MIN	Moyen	Écart type
P1	2.8446	2.7153	2.81874	<b>0.057824718</b>
P2	2.9739	0.7758	2.30154	<b>0.888320172</b>
P3	2.9739	2.7153	2.8446	<b>0.1293</b>
P4	2.9739	2.8446	2.89632	<b>0.070820527</b>
P5	3.1032	3.1032	3.1032	<b>0</b>
P6	3.1032	2.7153	2.8446	<b>0.158359512</b>
Olive	2.3274	2.4567	2.39	<b>0.092</b>
Palmier	2.1981	2.0688	2.13	<b>0.086</b>
Témoins (P1-P5)	2.8446	1.6809	2.4567	<b>0.447908339</b>

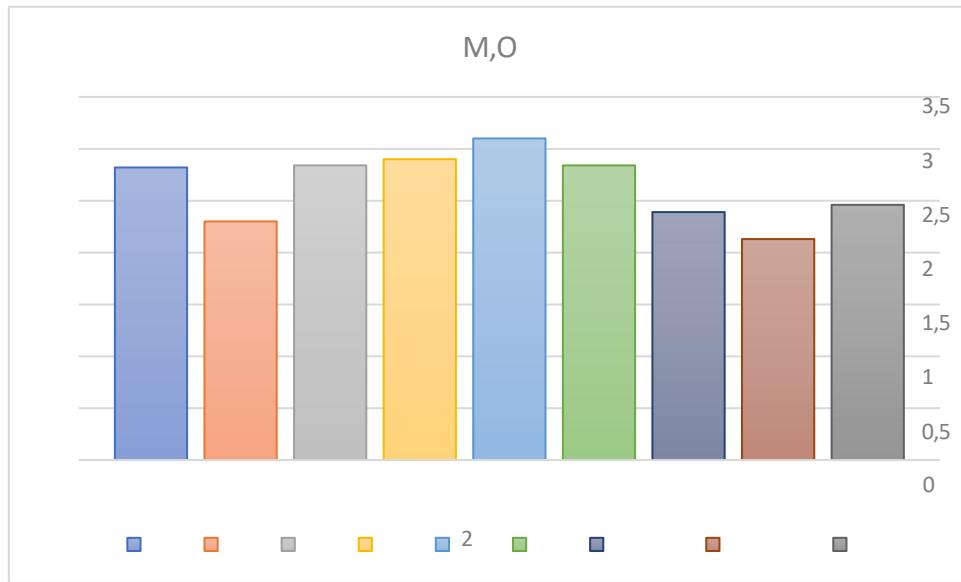
Les résultats de la mesure de la matière organique (MO) révèlent une variabilité notable des teneurs, comprises entre 2,13 % et 3,10 %, témoignant des effets différenciés des modes de gestion et des conditions pédoclimatiques locales (Brady & Weil, 2010 ; FAO, 2006).

Les teneurs en MO dans les sols cultivés en céréales présentent de légères variations entre les différentes parcelles, oscillant entre 2,30 % (P2) et 3,10 % (P5). La parcelle P5 affiche la teneur moyenne la plus élevée (3,10 %), probablement en lien avec une accumulation de matière organique consécutive à des pratiques culturales favorables (par exemple, restitution des résidus ou apports organiques).

La parcelle P2 présente la plus forte variabilité intra-parcellaire, avec un écart-type de 0,88, ce qui indique une distribution hétérogène de la matière organique. En revanche, les parcelles P3, P4, P6 et P1 présentent des valeurs assez homogènes, comprises entre 2,70 % et 2,84 %, ce qui suggère une gestion culturelle relativement uniforme.

La teneur moyenne en matière organique du sol sous olivier est de 2,39 %, soit une valeur légèrement inférieure à celle de certaines parcelles céréaliers. Quant au sol sous palmier, il enregistre la valeur la plus basse parmi tous les sites étudiés, avec une moyenne de 2,13 %, ce qui peut traduire un déficit d'apports organiques ou une dégradation plus rapide de la matière organique en conditions arides ou semi-arides (Zhao, Q., et al. 2024). Moyenne en MO de 2,46 %, traduisant un équilibre relatif en l'absence de perturbations agricoles. Cette valeur, intermédiaire, reflète la dynamique naturelle de la matière organique en contexte non anthropisé (Tautges et al., 2022).

## 5.1. Comparaison selon le type de couverture végétale



**Figure 14 :** Teneur moyenne de la Matière organique selon les types d’occupation des sols

Le sol témoin non cultivé présente une teneur plus stable (2,46 %), ce qui reflète une dynamique naturelle de la MO, sans influence des pratiques agricoles. Ce résultat conforte l’idée que l’absence de perturbations mécaniques et chimiques favorise la préservation du stock organique dans les sols (Lal, 2004).

Les sols cultivés en céréales présentent une variation modérée de la teneur en matière organique (jusqu’à 3,10 %), mais une tendance à la diminution par rapport au sol témoin. Cela suggère que les années de culture peuvent altérer la dynamique de la matière organique, principalement à travers, le travail mécanique du sol (labour), et l’absence d’apports organiques suffisants (FAO, 2006 ; Palm et al., 2014).

Les sols sous couvert arboré (olivier et palmier) montrent des teneurs en MO inférieures ou comparables à celles des parcelles cultivées, à l’exception de P5. Ce constat pourrait s’expliquer par des apports organiques limités, une lente décomposition de la litière, ou encore une minéralisation accrue liée aux conditions environnementales. Le sol sous palmier, en particulier, affiche une valeur nettement inférieure, indiquant la nécessité de repenser les modalités de gestion pour favoriser la conservation de la matière organique.

Le sol témoin non cultivé présente une teneur plus stable (2,46 %), ce qui reflète une dynamique naturelle de la MO, sans influence des pratiques agricoles. Ce résultat conforte l’idée que l’absence de perturbations mécaniques et chimiques favorise la préservation du stock organique dans les sols (Lal, 2004).

## 5.2. Interprétation globale : Effet des années de culture sur la matière organique

Les résultats suggèrent que les cultures céréalières intensives tendent à réduire les stocks de matière organique, particulièrement en l'absence d'enrichissement organique, ou dans les systèmes où les résidus végétaux ne sont pas restitués au sol.

Toutefois, certaines pratiques (comme dans la parcelle P5) montrent que l'ajout d'amendements organiques ou la réduction du travail du sol peuvent favoriser le maintien, voire l'augmentation, du taux de MO (Brady & Weil, 2010 ; FAO, 2006).

Les systèmes sous couvert arboré (notamment l'olivier) montrent des résultats intermédiaires, avec une certaine capacité à stabiliser la MO en raison de la présence permanente du couvert végétal, bien qu'ils ne permettent pas toujours d'atteindre les niveaux observés dans les sols bien gérés. En revanche, le système sous palmier affiche une faible teneur, suggérant une efficacité limitée dans la rétention ou l'accumulation de matière organique.

Les sols témoins non cultivés illustrent une situation d'équilibre naturel, soutenant l'idée selon laquelle l'agriculture, en l'absence de gestion durable, peut induire une dégradation progressive des teneurs en matière organique.

## 5.3. Conclusion

Les sols cultivés, en particulier dans un contexte d'agriculture intensive, tendent à montrer une réduction progressive de la teneur en MO, à moins qu'une gestion appropriée ne soit mise en œuvre (apports organiques, rotations culturales, non-labour).

À l'inverse, les sols sous couvert arboré (notamment sous olivier) et les sols non cultivés présentent des niveaux plus stables ou modérément supérieurs, soulignant l'importance des pratiques agricoles durables pour assurer la préservation de la matière organique, indispensable à la fertilité et à la stabilité des écosystèmes pédologiques.

## 6. Résultats de granulométrie

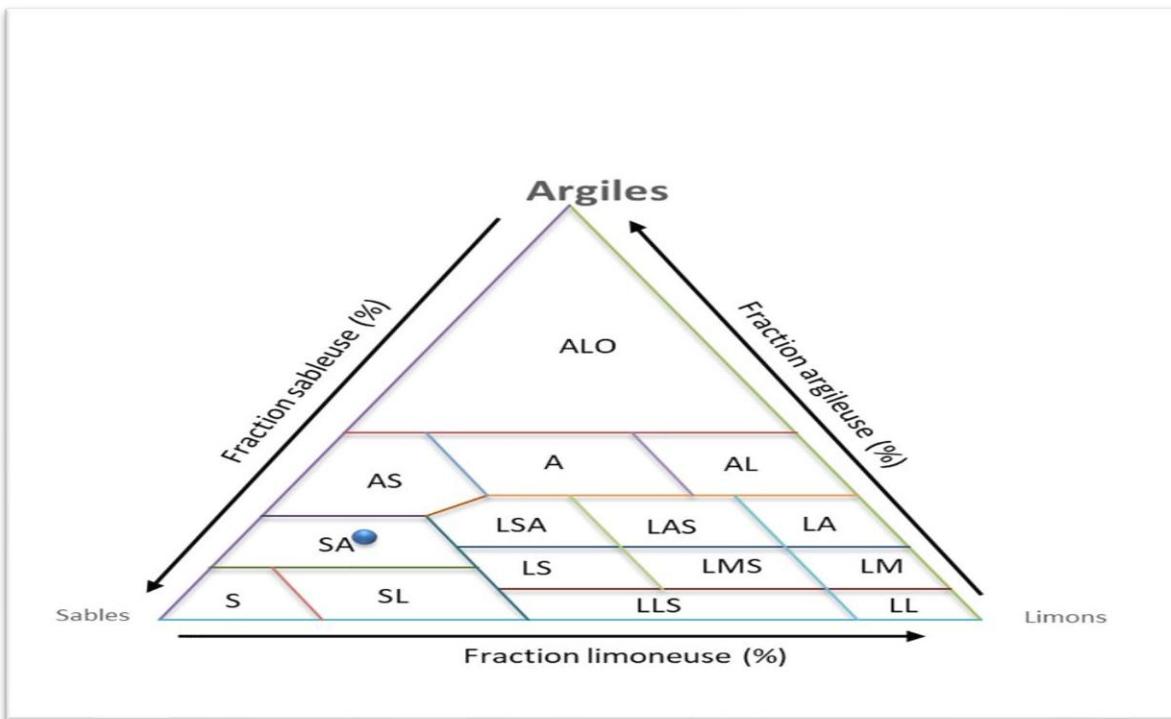


Figure 15 : les résultats de granulométrie (P1)

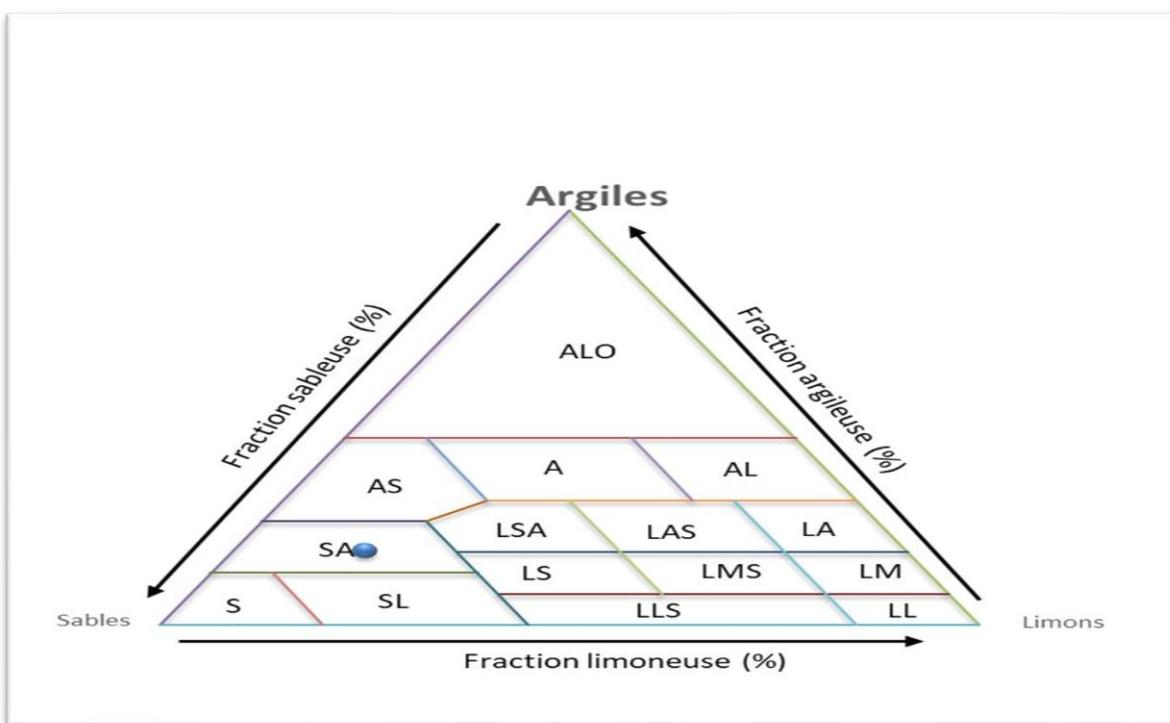


Figure 16 : les résultats de granulométrie (témoin

L'analyse granulométrique réalisée sur les échantillons de sol cultivé et non cultivé (témoin) révèle une structure assez homogène dans les deux types de sols, avec les caractéristiques suivantes :

- Les données montrent une prédominance nette de la fraction sableuse, suivie par les argiles, puis les limons.
- En se basant sur le triangle textural USDA (français), les proportions observées permettent de classer les deux sols dans la même classe texturale : sable argileux (SA).

### 6.1. Comparaison entre sol cultivé et sol témoin

Malgré leur différence d'utilisation, les deux sols présentent une texture très similaire, indiquant une origine pédologique commune ou très proche (même matériau parental, même dynamique de formation initiale). Avec une faible influence apparente des pratiques agricoles sur la répartition granulométrique des particules, du moins à l'échelle observée ici.

Le sol cultivé montre une très légère réduction de la fraction sableuse (65 % vs 66 %), qui peut être due à une perte de matière sableuse plus grossière par érosion, surtout en surface. Toutefois, ces écarts sont minimes et ne modifient pas la classe texturale du sol.

### 6.2. Interprétation globale : effet des années de culture sur la texture du sol

La texture du sol (rapport sable/limon/argile) est une caractéristique physique stable, déterminée principalement par la nature du matériau parental, les conditions de pédogenèse (climat, végétation, topographie, temps). En conséquence la texture ne change pas rapidement sous l'effet des pratiques agricoles, (Bormann, H., & Klaassen, K. 2021). sauf en cas d'érosion intense ou d'apports massifs (ex. remblais). Ici, l'absence de différence significative entre les deux types de sol montre que les années de culture n'ont pas modifié la granulométrie de manière notable.

Toutefois les pratiques agricoles peuvent influencer les propriétés physiques associées à la texture (Nimmo, J.R. 2020) comme :

- La structure du sol (agrégation, porosité)
- La capacité de rétention d'eau
- La perméabilité et la résistance à l'érosion
- Des labours fréquents ou une absence de couverture végétale peuvent accentuer l'érosion sélective, entraînant à long terme une perte des particules fines (limons et argiles) et un appauvrissement du sol en éléments fertiles.
- L'irrigation et le compactage par passage d'engins peuvent aussi altérer la structure sans modifier la texture.

### **6.3. Conclusion**

Les deux sols (cultivé et témoin) appartiennent à la même classe texturale sable argileux (SA), avec des proportions quasi identiques de sable, limon et argile. Cela indique que les années de culture n'ont pas altéré la texture du sol, mais d'autres propriétés (structure, stabilité, érosion, lessivage) peuvent être progressivement affectées par les pratiques culturales. Il est donc essentiel de conserver la structure et de limiter l'érosion pour préserver la fertilité à long terme.

# *Conclusion*

## **Conclusion**

Cette étude réalisée dans la région aride de Mansoura, au sud de la wilaya de Ghardaïa, avait pour objectif d'évaluer les propriétés physico-chimiques des sols agricoles et d'analyser l'impact des systèmes de culture sur leur qualité, en se concentrant sur des paramètres essentiels tels que le pH, la salinité, la teneur en calcaire, la matière organique et la texture.

Les résultats obtenus révèlent une hétérogénéité marquée entre les différentes parcelles étudiées. Les sols présentent globalement un pH neutre à légèrement alcalin, caractéristique des zones arides, avec des variations notables en fonction des types d'occupation du sol et des pratiques agricoles associées. La conductivité électrique indique des niveaux de salinité parfois élevés, en particulier dans les parcelles plantées d'oliviers, ce qui souligne l'urgence d'une gestion rationnelle de l'irrigation et du drainage.

La teneur en carbonate de calcium varie fortement d'un site à l'autre, traduisant l'influence des matériaux parentaux et des conditions pédogénétiques locales. La matière organique reste généralement faible, mais une amélioration est observée dans certaines parcelles où des pratiques agricoles durables ont été mises en œuvre. L'analyse granulométrique montre une prédominance de textures sableuses à sable-argileuses, limitant la capacité de rétention d'eau et constituant ainsi un facteur limitant pour la durabilité des cultures.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une connaissance approfondie des sols pour ajuster les pratiques agricoles, améliorer la productivité et préserver la qualité des sols dans les environnements arides.

Afin de prolonger et valoriser cette étude, plusieurs pistes peuvent être envisagées :

- ❖ Mettre en place un suivi à long terme de l'évolution des propriétés des sols en lien avec les pratiques agricoles, afin de mieux comprendre les dynamiques de dégradation ou d'amélioration.
- ❖ Expérimenter et promouvoir des techniques agricoles adaptées aux conditions arides, telles que l'irrigation localisée, le paillage, l'agroforesterie ou l'amendement organique, pour améliorer la structure du sol et sa fertilité.
- ❖ Élargir l'échantillonnage à d'autres zones agricoles voisines afin d'établir une cartographie plus représentative des sols régionaux.

- ❖ Renforcer la formation des agriculteurs sur la gestion durable des sols et les inciter à adopter des pratiques respectueuses de l'environnement.
- ❖ Intégrer des analyses biologiques (activité microbienne, biodiversité du sol) pour compléter l'évaluation physico-chimique et mieux appréhender la santé globale des sols.

Enfin, cette étude constitue une base précieuse pour initier des actions concrètes en faveur d'une agriculture durable dans les zones arides sahariennes, tout en contribuant à la sécurité alimentaire et à la préservation des ressources naturelles.



## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

- A.N.R.H. (2011).** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques : Données hydrologiques et climatiques de la région de Ghardaïa.
- Bagnouls, F., & Gaussem, H. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 88, 193-239.
- Bardhan, M., Gupta, A., & Sahoo, R. N. (2023).** Soil pH buffering mechanisms and their significance in sustainable agriculture. \*Soil Systems, 7\*(2), 56.
- Benhadi, F. (2008).** *Étude géologique de la région de Ghardaïa*. Mémoire de Magister, Université d'Oran.
- Benchaabane, A., Amrane, M., & Khelifa, S. (2010).** Évolution géomorphologique et climatique du Sahara algérien. African Journal of Earth Sciences, 58(4), 321-334.
- Bormann, H., & Klaassen, K. (2021).** Effects of long-term tillage on soil structure and texture in arid climates. \*Geoderma, 381\*, 114738.
- Bouma, J. (1982).** Measuring the hydraulic conductivity of soil horizons with the double-ring infiltrometer. \*Soil Science Society of America Journal, 46\*(6), 1216–1219.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010).** \*Elements of the Nature and Properties of Soils\* (3rd ed.). Pearson Education.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016).** \*The Nature and Properties of Soils\* (15th ed.). Pearson Education.
- Brussaard, L., de Ruiter, P. C., & Brown, G. G. (2012).** Soil biodiversity for agricultural sustainability. \*Agriculture, Ecosystems & Environment, 121\*(3), 233–244.
- Capot-Rey, R. (1953).** Le Sahara français : Étude géographique. Presses Universitaires de France, Paris.
- C.C.F.A. (1960).** Carte des formations alluviales du Sahara septentrional. Service Géologique de l'Algérie.

- Chotte, J. L. (2005).** \*Les matières organiques du sol : un capital pour l'avenir\*. IRD Éditions.
- Cote, M. (1998).** L'Algérie ou l'espace retourné. CNRS Éditions, Paris.
- Dajoz, R. (1985).** Précis d'écologie. Dunod, Paris.
- Dajoz, R. (2003).** Les écosystèmes et l'écologie. Dunod, Paris.
- D.P.A.T. (2014).** *Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, Wilaya de Ghardaïa.*
- Derradji, A. (1997).** *Les formations du Pliocène dans le Sahara septentrional.* Revue des Sciences de la Terre, 42(3), 55-66.
- Dexter, A. R. (2004).** Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. \*Geoderma, 120\*(3–4), 201–214.
- FAO. (2006, 2010, 2017).** \*Guidelines for Soil Description\*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2010).** \*Managing soils for climate-smart agriculture\*. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2017).** \*Global assessment of soil salinization and sodification\*. Food and Agriculture Organization.
- Faurie, C., Ferra, M., & Ponge, J. F. (1980).** Écologie : Approche scientifique et pratique. Masson, Paris.
- Foth, H. D., & Ellis, B. G. (1997).** \*Soil Fertility\* (2nd ed.). CRC Press.
- Fernández-Escobar, R., Moreno, R., & García-Creus, M. (2009).** Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. \*Scientia Horticulturae, 121\*(3), 336–341.
- Gillet, A., & Le Bissonnais, Y. (2010).** Effets des pratiques culturales sur la qualité des sols : synthèse bibliographique. \*INRA\*.
- Hillel, D. (1998).** \*Environmental Soil Physics\*. Academic Press.

- HAMEL, I., 2023.** Caractérisation et cartographie des propriétés physico chimiques des sols de la région de Ghardaïa (Cas de la palmeraie de Zelfana) (p. 7).
- Houichiti, M. (2009).** La dynamique éolienne et les formations sableuses dans la région de Ghardaïa. Thèse de Doctorat, Université d'Alger.
- Jones, D. L. (2001).** Organic acids in the rhizosphere – a critical review. \*Plant and Soil, 205\*(1), 25–44.
- Lal, R. (2001).** Soil degradation by erosion. \*Land Degradation & Development, 12\*(6), 519– 539.
- Lal, R. (2004).** Soil carbon sequestration to mitigate climate change. \*Geoderma, 123\*(1–2), 1– 22.
- Lal, R. (2004).** Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. \*Science, 304\*(5677), 1623–1627.
- Lal, R. (2009).** Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. \*Food Security, 1\*(1), 45– 57.
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2021).** The contentious nature of soil organic matter. \*Nature, 528\*, 60– 68.
- Liu, W., Chen, X., & Zhang, H. (2023).** Calcium carbonate dynamics in semi-arid soils under different vegetation. \*Geoderma Regional, 35\*, e00648.
- Mainguet, M. (1999).** *Arid lands: Land use, land cover, and desertification*. Springer, Berlin
- Montgomery, D. R. (2007).** \*Dirt: The Erosion of Civilizations\*. University of California Press.
- Nimmo, J. R. (2020).** Soil texture and its effect on water retention and erosion. \*Soil Science Society of America Journal, 84\*(3), 345–360.
- Palm, C. A., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., & Grace, P. (2014).** Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. \*Agriculture, Ecosystems & Environment 187\*, 87– 105.
- Pretty, J. (2008).** Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. \*Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363\*(1491), 447–465.

- Roubier, G. (1984).** Géologie des terrains sahariens du Crétacé supérieur. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie, 31(2), 211-230.
- Rowell, D. L. (1994).** \*Soil Science: Methods and Applications\*. Longman Scientific & Technical.
- Schutte, B. J., Rains, G. C., & Hook, J. E. (2022).** Salinity thresholds for crop production in dryland agriculture. \*Agronomy Journal, 114\*(1), 101–115.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002).** Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. \*Plant and Soil, 241\*(2), 155–176.
- Smith, K. A., & Mullins, C. E. (2000).** \*Soil and Environmental Analysis: Physical Methods\* (2nd ed.). CRC Press.
- Stewart, J. (1969).** Climatologie de l'Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger.
- Stipho, A. (1992).** Les vents de sable et leur impact sur l'agriculture au Sahara. Revue des Sciences du Sol, 12(3), 45-58.
- Tan, K. H. (2010).** \*Principles of Soil Chemistry\* (4th ed.). CRC Press.
- Tautges, N. E., Chiartas, J. L., & Scow, K. M. (2022).** Organic amendments and reduced tillage enhance soil carbon in arid cereal systems. \*Agriculture, Ecosystems & Environment, 326\*, 107823.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2011).** Agricultural sustainability and intensive production practices. \*Nature, 418\*(6898), 671–677.
- TUTIEMPO .,2025.** Climat Ghardaïa – Donnée climatique. In : fr.tutiempo.net [en ligne 10/02/2025]. Disponible à l'adresse : [https://fr.tutiempo.net/climat/ws\\_605660.html](https://fr.tutiempo.net/climat/ws_605660.html)
- USDA. (2017).** \*Soil Survey Manual\*. United States Department of Agriculture, Natural Resources. Conservation Service.
- Wall, D. H., Nielsen, U. N., & Six, J. (2015).** Soil biodiversity and human health. \*Nature, 528\*, 69–76.
- Wang, Y., Zhang, X., & Zhao, J. (2021).** Spatiotemporal variation of soil salinity and its influencing factors under different land uses. \*Agricultural Water Management, 254\*, 106972
- Xie, Z., Liu, B., & Zhang, X. (2022).** Impact of vegetation cover on pH and soil nutrient dynamic

in semi-arid regions. \*Journal of Arid Land Studies, 32\*(4), 301–316.

**Yuan, J., Wang, X., & Wu, Y. (2021).** Carbonate accumulation and root-induced changes in calcareous soils. \*Soil & Tillage Research, 208\*, 104873.

**Zhang, J., Yu, Q., & Wang, Z. (2020).** Salinization risk in arid irrigated systems.

\*Environmental Research Letters, 15\*(4), 045001.

**Zhao, Q., Li, X., & Zhang, Y. (2024).** Soil microbial diversity loss reduces organic carbon stability. \*Scientific Reports, 14\*, Article 98009.

**Zhou, Y., Wang, D., & Chen, L. (2020).** Effects of irrigation and fertilization on calcium carbonate distribution in cultivated soils. \*Catena, 195\*, 104892.