

**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**

**Filière : Ecologie et environnement**

**Spécialité : Ecologie**

**Par : LANOUAR Hafsa**

**Thème**

**Caractérisation physico-chimique du sol entourant la zone  
humide du lac El-Maleh (Wilaya d'El-Menia).**

**Évalué le     /     /     ,**

**Devant le jury composé de :**

M. KHELLAF Khoudir	MCB	Univ.Ghardaia	Président
M. BOUNAB Choayb	MCB	Univ.Ghardaia	Encadreur
Mme. BIAD Radhia	Doctorante	Univ. 8 Mai 1945 Guelma	Co-encadreur
M. BENSLAMA Abderraouf	MAB	Univ.Ghardaia	Examineur

**Année universitaire : 2021 2022**

## Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

En premier lieu, J'envoie ma gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur Mr. BOUNAB Choayb Maitre de conférences B., à l'université de Ghardaïa et Melle BIAD Radhia, doctorante à l'université 8 Mai 1945 de Guelma pour avoir encadré ce travail, pour son appui, disponibilité et pour m'avoir fait profiter de son connaissance.

Par la même occasion, je tiens à remercier Mr. KHELLAF Khoudir Maitre de conférences B, à l'Université de Ghardaïa pour toute son aide et conseil, son critique constructive et renseignements durant toute la période de la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier Mme Radia de m'avoir aidé à chaque étape de l'accomplissement de ce travail.

Ainsi je remercie MOULAY ABDALLAH Bachir laborantin au laboratoire de l'université Ghardaïa, pour ses aides, soutiens, ses conseils et sa grande patience.

Je tiens à remercier aussi l'équipe de conservation de forêts d'El-Menia, surtout Mr. Toufik et Mr. Mustapha qui m'ont aidé lors de la collecte d'informations et m'ont guidé dans les sorties.

Enfin un grand merci à mes enseignants, pour tout ce qu'ils m'ont offert comme Enseignements et conseils durant ce long cycle de formation.

Et tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous

**Hafsa**

## Dédicace

Je dédié ce travail :

A mon cher père qui m'a tout appris, et avec toute la douleur et les sacrifices qu'il a faits pour me voir réussir dans la vie.

Maman, aussi expressive que soient les phrases, ne peut pas montrer le degré d'amour et d'affection que je ressens pour toi. Tu m'as comblé de ta tendresse et de ton affection tout au long de mon parcours. Tu as toujours été à mes côtés pour me calmer en cas de besoin.

Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie

A ceux que j'aime et je respecte:

Mes frères et sœurs : Souhila, Rachida, Meriem, Zineb, Sabah, Kelthoum, Mustapha, Omar, Abdelkader, Ahmed

Aux femmes de mes frères : Dehiba, Nawal, Hanane

Je n'oublie pas les petits-enfants de la famille qui ont ajouté du plaisir à mes journées et avec qui notre petite famille s'est agrandie.

Ma grand-mère qui m'encourage toujours à aller de l'avant afin de réaliser mes objectifs.

Kassem

A mes chères : Sara, Asma, Safaa, Jahida, Roumissa, Donia, Noura  
Tous les membres de ma famille.

Et a tous mes amis avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.

**Hafsa**

## المخلص:

الهدف من العمل هو دراسة خصائص تربة بحيرة المالح الواقعة في المنبوعة والتي تعتبر من الأراضي الرطبة ذات أهمية دولية ومصنفة وفق اتفاقية رامسار. لتحقيق هذا الهدف تم اخذ عينات للتربة من السطح إلى أعماق أفق أمكن الوصول إليه، وأجرينا على مستوى المختبر (تحليل الوزن الكيميائي للتربة والناقلية الكهربائية..... الخ)، النتائج تبين أن التربة في موقع الدراسة ذات درجة حموضة قلوية معتدلة، كما تبين نتائج التحاليل للناقلية الكهربائية في البحيرة العليا أنها ذات تربة مالحة قليلا وكذا غنية بالمواد العضوية مقارنة بالبحيرة السفلية التي تتميز بتربة مالحة وقل وفرة من المواد العضوية، و أظهر تحليل الوزن الكيميائي أنها ذات قوام طمي رملي في كلا حوضي البحيرة. أظهرت هذه الدراسة أن تربة البحيرة والمناطق الرطبة الصحراوية هي تربة فقيرة بالمواد العضوية وذات قوام طيني.

**الكلمات المفتاحية:** التربة ، بحيرة المالح، المناطق الرطبة، التحليل الفيزيائي و الكيميائي، المنبوعة

## Résumé

Le but de ce travail est l'étude des propriétés du sol du lac salé situé à EL-MENIA, connu, comme une zone humide d'importance internationale et classé suivant l'accord ou convention de Ramsar".

Pour réaliser ce travail, nous avons pris des échantillons depuis la surface jusqu'à une profondeur le plus possible. Et nous avons fait au niveau du laboratoire (l'analyses chimico-pondérale du sol et la conductivité électrique, .... Etc). Les résultats ont montré que le sol du site a un "pH " moyennement alcalin, une conductivité électrique légèrement salée dans le lac supérieur, riche en matière organique dans le lac supérieur qu'est légèrement salé, Par contre le lac inférieur caractérisé par un sol salé, est pauvre en matière organique. Et l'analyses chimico-pondérale, donner une texture limono sableuse pour les deux bassins du lac.

Cette étude a montré que les sols du lac et les sols des zones humides sahariennes sont des sols pauvres en matière organique, peu argileux.

**Mot clés :** Sol, Lac El-Maleh, zones humides, analyses physico-chimiques, El-Menia

## **Abstract**

The objective of this work is to study the soil of Lake Maleh characteristics located in El-Menia, which is regarded as wetlands of international importance and classified according to Ramsar Convention. To achieve this goal, the soil has been sampled from the surface to the deepest possible horizon and we conducted at the laboratory level (analysis of the chemical weight of the soil and the electric conveyor..... etc.), the results show that the soil at the study site has a moderate alkaline pH. The results of the analysis of the upper lake's electrolyte show that it has a slightly salty soil as well as rich organic material compared to the lower lake with salty soil and less abundant organic material. The chemical weight analysis showed that it has a sandy clay texture in both lake basins. This study showed that the soil of the lake and the desert wet areas are organic poor soil with a clay texture.

**Keyword:** soil, Maleh Lake, wetlands, physical and chemical analysis, El-Menia

## Liste des figures

Figure	N <sup>o</sup>
01: Fonctions des zones humides, effets et perceptions (BARNAUD et FUSTEC, 2007)...	7
02: Répartition du nombre des sites dans le monde selon la région (GUEDDOUL, 2019)...	9
03: Répartition des zones humides classées Ramsar en Algérie (GUEDDOUL, 2019).....	10
04: Situation géographique d'El-Menia .....	13
05: Bassin inférieur .....	14
06: Bassin supérieur.....	17
07: Températures mensuelles moyennes de la région d'El-Menia pour la période de 2012_2021.....	18
08: Vitesses du vent en km/h de la région d'El-Menia pour la période de 2012-2021.....	19
09: Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Menia pour la période de 2012-2021..	20
10: Positionnement de la station d'El-Menia dans le climagramme d'EMBERGER durant la période de 2012_2021 .....	24
11: Site de lac El-Maleh (GOOGLE maps, 2022).....	25
12: Tarière.....	25
13: Faucille.....	25
14: Sachets en plastique.....	25
15: GPS GARMIN ETREX 20X.....	25
16: Appareil photo numérique(SAMSUNG).....	25
17: Agitateur rotatif (STUART).....	26
18 : Balance digitale.....	26
19: PH-mètre (ADWA).....	26
20: Conductimètre.....	26
21: Protocole d'analyse de calcaire total dans le calcimètre de Bernard.....	27
22: Protocole d'analyse de la matière organique.....	28
23: Préparation des échantillons pour l'analyse de la matière organique.....	30
24: Mesure de la densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos.....	31
25: Carte de positionnement des profils d'investigation et les points d'échantillonnage....	33
26: Description visuelle de différents profils pédologiques du lac d'El-Maleh (1 à 6 : Profils du lac supérieur. 7 à 12 : Profils du lac inférieur).....	35

27: Mode de prélèvement des échantillons à l'aide de tarière manuelle.....	<b>36</b>
28: Variation de pH en fonction des points du lac supérieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>37</b>
29: Variation de pH en fonction des points du lac inférieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>37</b>
30: Variation de la Conductivité Electrique (CE) du lac supérieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>39</b>
31: Variation de la Conductivité Electrique (CE) du lac inférieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>39</b>
32: Variation de la matière organique (MO) dans le sol du lac supérieur d'El-Maleh en fonction des points .....	<b>40</b>
33: Variation de la matière organique (MO) dans le sol du lac inférieur d'El-Maleh en fonction des points.....	<b>40</b>
34: Variation du calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ) dans le sol du lac supérieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>45</b>
35: Variation du calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ) dans le sol du lac inférieur d'El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>45</b>
36: Représentation des résultats sur le triangle de classification de sols examinés du lac supérieur d'El-Maleh.....	<b>48</b>
37 : Représentation des résultats sur le triangle de classification de sols examinés du lac inférieur d'El-Maleh.....	<b>48</b>
38: Corrélation entre l'argile et le limon.....	<b>50</b>
39: Corrélation entre le sable et l'argile.....	<b>50</b>
40 : Corrélation entre le sable et le limon.....	<b>51</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>N°</b>
01 : Zones humide algériennes d'importance internationale de Sahara septentrional (ANNANI, 2013).....	<b>11</b>
02: Données climatiques de station El-Menia L'Année (2012_2021).....	<b>16</b>
03: Liste des espèces floristiques .....	<b>21</b>
04: Description visuelle et comparative des profils pédologiques du lac El-Maleh.....	<b>34</b>
05: Variation du pH du sol de lac El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>36</b>
06: Résultats de mesures de la Conductivité Electrique (CE) du lac El-Maleh en fonction de profondeur.....	<b>38</b>
07: Résultats de mesure de la matière organique (MO) dans le sol du lac El-Maleh.....	<b>41</b>
08 : Résultats d'analyse du calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ) dans le sol du lac El-Maleh en fonction de profondeur .....	<b>44</b>
09: Résultats d'analyse granulométrique de sols examinés du lac d'El-Maleh.....	<b>47</b>
10: Corrélation entre l'Argile, limon et Sable .....	<b>49</b>

## Liste des symboles et des abréviations

% : Pourcentage

° : Degré

°C : Degré Celsius

pH: Potentiel Hydrogène

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

cm : Centimètre

d : Mesure du densimètre

d' : Mesure du densimètre deux heures après

E : Est

g : Gramme

P : Prise de Terre (poids)

MedWet : Méditerranéen Wetland, zones humides méditerranéennes

## Table des matières

Dedicace

Remerciements

الملخص

Resumé

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles et des abreviations

Introduction

### Chapitre I : Généralités sur les zones humides

<b>1. Définition des zones humides.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Définition des zones humides .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Cadre juridique international des zones humides .....</b>	<b>5</b>
3.1. CONVENTION DE RAMSAR .....	5
3.2. MEDWET : CONVENTION A L'ECHELLE MEDITERRANEENNE .....	5
<b>4. Types des zones humides: .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Caracteristiques des zones humides: .....</b>	<b>6</b>
<b>6. Fonctions et valeurs des zones humides : .....</b>	<b>7</b>
6.1. FONCTIONS.....	7
6.2. VALEURS DES ZONES HUMIDES.....	8
<b>7. Mesures de protection et de conservation des zones humides: .....</b>	<b>8</b>
<b>8. Zones humides d'importance internationale (les sites ramsar) :.....</b>	<b>8</b>
8.1. ZONES HUMIDES DANS LE MONDE .....	8
8.2. ZONES HUMIDES EN ALGERIE .....	9
8.2.1. Zones humides du Bas Sahara .....	10

### Chapitre II : Matériel et Méthodes

<b>1. Description de la region el-Menia .....</b>	<b>13</b>
1.1. DESCRIPTION DE LA ZONE HUMIDE LAC EL-MALEH .....	13
<b>2. Facteurs abiotiques .....</b>	<b>14</b>
2.1. TOPOGRAPHIQUE ET RELIEF.....	14
2.2. GEOLOGIE ET HYDROLOGIE .....	14
2.3. RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	15
2.3.1. <i>Nappe albienne</i> .....	15
2.3.2. <i>Nappe phréatique</i> .....	15
2.4. SOL DES REGIONS SAHARIENNES .....	15
2.5. SOL DE LA REGION D'EL-MENIA .....	16
<b>3. Climat de la region d'el-Menia.....</b>	<b>16</b>
3.1. DONNEES CLIMATIQUES DE LA REGION D'EL-MENIA .....	16
3.1.1. <i>Température</i> .....	17
3.1.2. <i>Précipitations</i> .....	17
3.1.3. <i>Vent</i> .....	18
<b>4. Synthèse climatique de la region d'el-Menia .....</b>	<b>18</b>
4.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE .....	18
4.2. CLIMAGRAMME D'EMBERGER .....	19
<b>5. Facteurs biotiques .....</b>	<b>20</b>
5.1. FLORE DE LA REGION D'EL-MENIA .....	20
5.2. FAUNE DE LA REGION D'EL-MENIA .....	21
<b>6. Generalités sur les sols .....</b>	<b>22</b>
6.1. DEFINITION DU SOL .....	22
6.2. DIVERSES PHASES DU SOL .....	22
6.2.1. <i>Phase liquide</i> .....	22
6.2.2. <i>Phase gazeuse</i> .....	22
6.2.3. <i>Phase solide</i> .....	22
6.3. PROPRIETES PHYSIQUE DU SOL .....	23
6.4. PROPRIETES CHIMIQUES DU SOL .....	23
<b>7. Methode de travail .....</b>	<b>23</b>

7.1. CHOIX DU SITE .....	23
7.2. ECHANTILLONNAGE .....	24
7.3. MATERIELS .....	24
7.4. METHODES D'ANALYSE.....	25

### **Chapitre III : Résultats et Discussions**

<b>1. Description visuelle des profils pedologiques sur terrain .....</b>	<b>33</b>
<b>2. Resultat d'analyse au laboratoire pour le sol du lac d'el-Maleh .....</b>	<b>36</b>
2.1. VARIATION DU PH DU SOL DU LAC EL-MALEH EN FONCTION DE PROFONDEUR .	36
2.2. VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE) DU LAC D'EL-MALEH EN FONCTION DE PROFONDEUR .....	38
2.3. VARIATION DE LA MATIERE ORGANIQUE (MO) DANS LE SOL DU LAC D'EL- MALEH EN FONCTION DE PROFONDEUR .....	41
2.4. VARIATION DE CALCAIRE TOTAL (CaCO <sub>3</sub> ) DANS LE SOL DU LAC EL-MALEH EN FONCTION DE PROFONDEUR .....	44
2.5. ANALYSE GRANULOMETRIQUES DE SOL DU LAC EL-MALEH EN FONCTION DE PROFONDEUR.....	47
2.6. ANALYSE ECOLOGIQUE .....	49

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**

# **INTRODUCTION**

## Introduction

Le sol est un milieu fragile et très complexe, trop longtemps considéré comme un simple support de l'agriculture (NOUMEUR, 2008). Le climat avec ses caractéristiques exerce une action sur la formation des sols du Sahara algérien. Ces sols présentent une grande hétérogénéité et diffèrent entre eux par leur texture, leur morphologie, leur mode d'évolution pédo-génétique et par leur niveau et mode de salinisation (HALITIM, 1988).

Sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches superficielles de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges qui s'y manifestent (BENABDELI, 2010).

Le Sahara est le plus vaste espace mais également le plus extrême, c'est-à-dire celui dans lequel les conditions désertiques atteignent leur plus grande âpreté (OZENDA, 1991). Elle est singularisée par un étage bioclimatique saharien et des températures élevées (SEDIRA, 2013).

Malgré les conditions climatiques rudes, le Sahara algérien renferme plusieurs zones humides. Ce sont des systèmes hydrologiques positifs à la fois dans l'espace et dans le temps, comparativement à leurs environnements plus secs (HEKER et VIVES *in* KOULL, 2015).

Ces zones humides jouent un rôle important dans les processus vitaux, et accueillant poissons et oiseaux migrateurs. Pourtant, de nombreuses menaces pèsent sur elles (RAMSAR, 2006).

Selon l'article L211-1 du Code de l'Environnement, Les zones humides sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles qui poussent en milieu humide (BERTHELINE et *al.*, 2011). Par leur richesse floristique, faunistique et leur biodiversité, les zones humides jouent un rôle important dans l'épuration des eaux, le développement de la pêche, la prévention des inondations, le captage des sédiments, la recharge des nappes phréatiques, la stabilisation des berges et l'atténuation des forces érosives (HOLLIS, 1989).

Alors de nombreuses menaces pèsent sur les zones humides algériennes que l'on continue de détruire à un rythme régulier, privées de leur eau par des pompages excessifs ou par la construction irréfléchie de barrages, elles sont même complètement drainées au profit de l'agriculture (BOUMEZBEUR, 1996).

L'objectif de notre travail de recherche est l'étude du sol de zone humide de lac El-Maleh. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'entreprendre une étude pédologique de zone combinée à des analyses physico-chimiques des sols étudiés ; les problématiques qui se posent sont :

Quelle est la composition physico- chimique du sol de zone humide lac El-Maleh?

Cette étude est divisée en quatre parties :

-La première partie présente des données bibliographiques générales sur les écosystèmes des zones humides.

-Le deuxième chapitre une présentation générale de la région d'El-Menia. Et puis la méthode du travail soit pour récupérer les échantillons sur le terrain ou au niveau de laboratoire pour réaliser les différents essais préconisés (Calcaire total, matière organique, granulométrie....etc.) et le matériel utilisé pour la réalisation de tous ces essais.

- La troisième partie qui est consacrée pour la discussion des résultats obtenus et leurs interprétations.

- Et enfin, nous finirons ce travail par une conclusion générale qui synthétise ou résume les résultats obtenus et les recommandations qui nous avons jugés utiles pour la suite du travail.

**Chapitre I**

**Généralités sur les zones**

**humides**

### 1. Définition des zones humides

Selon le Secrétariat de la Convention de Ramsar, Les zones humides sont des : «Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres»(Article 1.1).

En outre, les zones humides: « Inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide »(RAMSAR, 2006).

### 2. Cadre juridique international des zones humides

#### Convention de Ramsar

La convention de Ramsar, C'est un traité intergouvernemental qui a été adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar, sur les berges méridionale de la mer Caspienne. A pour mission : «La conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier» (RAMSAR, 2013).

Le nom officiel du traité, « Convention sur les zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau ».

#### MedWet : Convention à l'échelle méditerranéenne

Suite à la Conférence de Grado (Italie) en février 1991, l'initiative MedWet a été lancée avec pour but principal de contribuer à la conservation et à l'utilisation rationnelle des zones humides de bassin méditerranéen, elle parvient à l'amélioration des conditions de vie des populations (BENHALLOUCHE et BENDAHDANE, 2015).

MedWet se concentre sur des actions de conservation des zones humides et sur la promotion de politiques nationales concernant ces milieux. Les problèmes couramment rencontrés dans les zones humides, les solutions proposées par l'Initiative MedWet et les actions requises pour conserver les zones humides de la région incluent les activités suivantes:

- Améliorer la connaissance de l'écologie et du fonctionnement des zones humides.
- Comprendre et estimer les services et la valeur des zones humides.
- Utiliser les ressources des zones humides de façon durable.

- Gérer les ressources en eau des zones humides.
- Maintenir et amplifier la biodiversité des zones humides.
- Réaliser la gestion intégrée de certaines zones humides.
- Développer et mettre en œuvre les politiques et des stratégies nationales sur les zones humides.
- Renforcer les collaborations nationales et internationales.

### 3. Types des zones humides

Selon le Secrétariat de la Convention de Ramsar (2013), cinq types principaux de zones humides :

- **Marines** (zones humides côtières comprenant des lagunes côtières, des berges rocheuses et des récifs coralliens).
- **Estuariennes** (y compris des deltas, des marais cotidaux et des marécages à mangroves).
- **Lacustres** (zones humides associées à des lacs).
- **Riveraines** (zones humides bordant des rivières et des cours d'eau).
- **Palustres** qui signifie « marécageuses » – marais, marécages et tourbières.

La Convention de Ramsar a adopté une Classification des types de zones humides qui comprend 42 types groupés en trois catégories : zones humides marines et côtières, zones humides continentales et zones humides artificielles.

### 4. Caractéristiques des zones humides

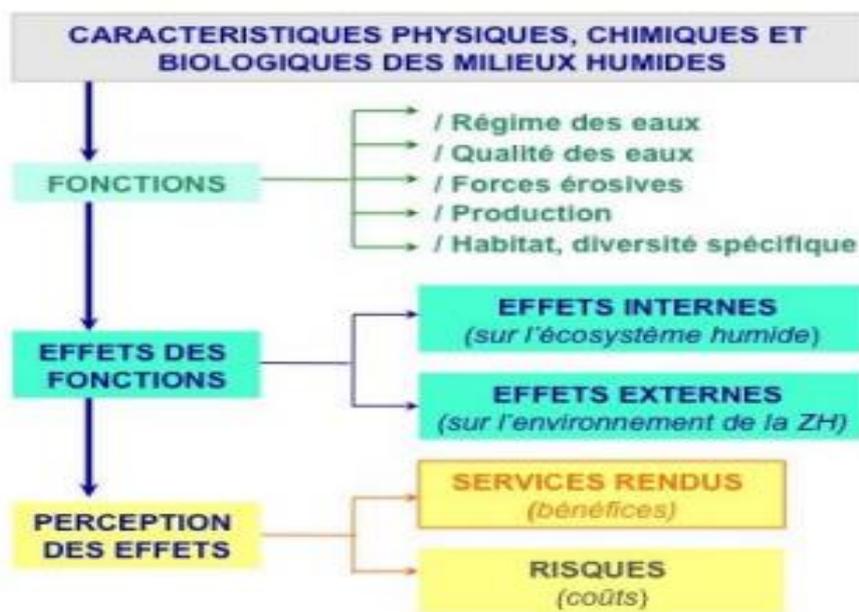
Selon (SAIFOUNI, 2009), Une zone humide est caractérisée par :

- Degré de la salinité de l'eau, celle-ci peut être douce, saumâtre ou salée.
- Niveau d'eau (élevé, faible et variable).
- Durée de submersion : une zone humide peut être permanente ou temporaire.
- Présence ou absence de végétation hygrophile.
- Composée d'espèces adaptées à la submersion ou aux sols saturés d'eau.
- Nature de la zone humide (naturelle / artificielle).
- Stabilité de l'eau dont les zones humides continentales comprennent :
  - Eaux dormantes : étangs, lacs, lagunes, mares, retenues collinaires et barrages ;
  - Eaux courantes : fleuves, rivières, ruisseaux et leurs sources.

## 5. Fonctions et valeurs des zones humides

Les zones humides sont parmi les milieux les plus productifs du monde. Elles sont le berceau de la diversité biologique et fournissent l'eau et la productivité primaire dont un nombre incalculable d'espèces de plantes et d'animaux dépendent pour leur survie. Elles entretiennent de fortes concentrations d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'amphibiens, de poissons et d'invertébrés.

En outre, les zones humides sont importantes, et parfois vitales pour la santé, le bien-être et la sécurité des populations qui vivent dans leurs limites ou à proximité parce qu'elles sont parmi les milieux les plus productifs du monde, sources de biens et services multiples et variés (RAMSAR, 2006).



**Figure 01:** Fonctions des zones humides, effets et perceptions (BARNAUD et FUSTEC, 2007)

### Fonctions

Les interactions entre les éléments physiques, biologiques et chimiques tels que les sols, l'eau, les plantes et les animaux, permettent à une zone humide de remplir de nombreuses fonctions vitales, notamment le stockage de l'eau; la protection contre les tempêtes et la maîtrise des crues; la stabilisation du littoral et la maîtrise de l'érosion; le renouvellement de la nappe phréatique; la restitution des eaux souterraines; l'épuration de l'eau; la rétention des éléments nutritifs, des sédiments et des polluants; et la stabilisation des conditions climatiques locales, en particulier du régime des précipitations et des températures(OULMANE, 2016).

### Valeurs des zones humides

Les zones humides fournissent souvent des avantages économiques considérables, tels que l'alimentation en eau ( quantité et qualité) ; les pêcheries ( plus des deux tiers de la pêche mondiale dépend de zones humides en bon état) ; l'agriculture, grâce au renouvellement des nappes phréatiques et à la rétention des matières nutritives dans les plaines d'inondation ; le bois d'œuvre et autres matériaux de construction ; les ressources énergétiques telles que la tourbe et la litière; la faune et la flore sauvages ; le transport ; toute une gamme d'autres produits des zones humides, y compris les plantes médicinales ; et dernier point mais ce n'est pas le moindre, les possibilités de loisirs et de tourisme. On estime que dans le monde, plus d'un milliard de personnes dépendent entièrement ou en grande partie des zones humides pour leurs moyens d'existence (RAMSAR, 2016).

### 6. Mesures de protection et de conservation des zones humides

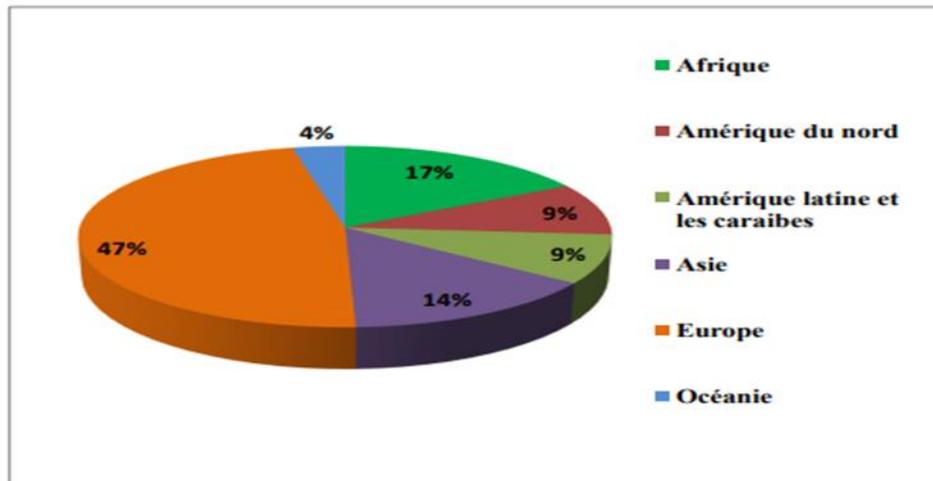
Mise en place d'un programme de protection

- Sensibilisation
- Création de secteurs d'activités
- Formation des gestionnaires
- Classement de ces zones selon leur importance
- Préservation de la diversité biologique
- Adaptation des textes législatifs
- Collaboration des organismes internationaux (A.N.R.H, 2005)

### 7. Zones humides d'importance internationale (les sites Ramsar)

#### Zones humides dans le monde

Durant les années étalant de 1975 jusqu'aujourd'hui et selon le site officiel de la convention Ramsar, les parties contractant ont inscrit sur la liste des zones humides d'importance internationale 2341 zone humides méritant une protection spécial, elles couvrent une superficie de 252 479 417,31 hectares, parmi ces sites 1102 sites se trouvent en Europe soit 47% du nombre total des sites et 396 sites en Afrique soit 17% et le reste se repartie entre Amérique du nord, Amérique latine et caraïbe, Asie et Océanie (GUEDDOUL, 2019).



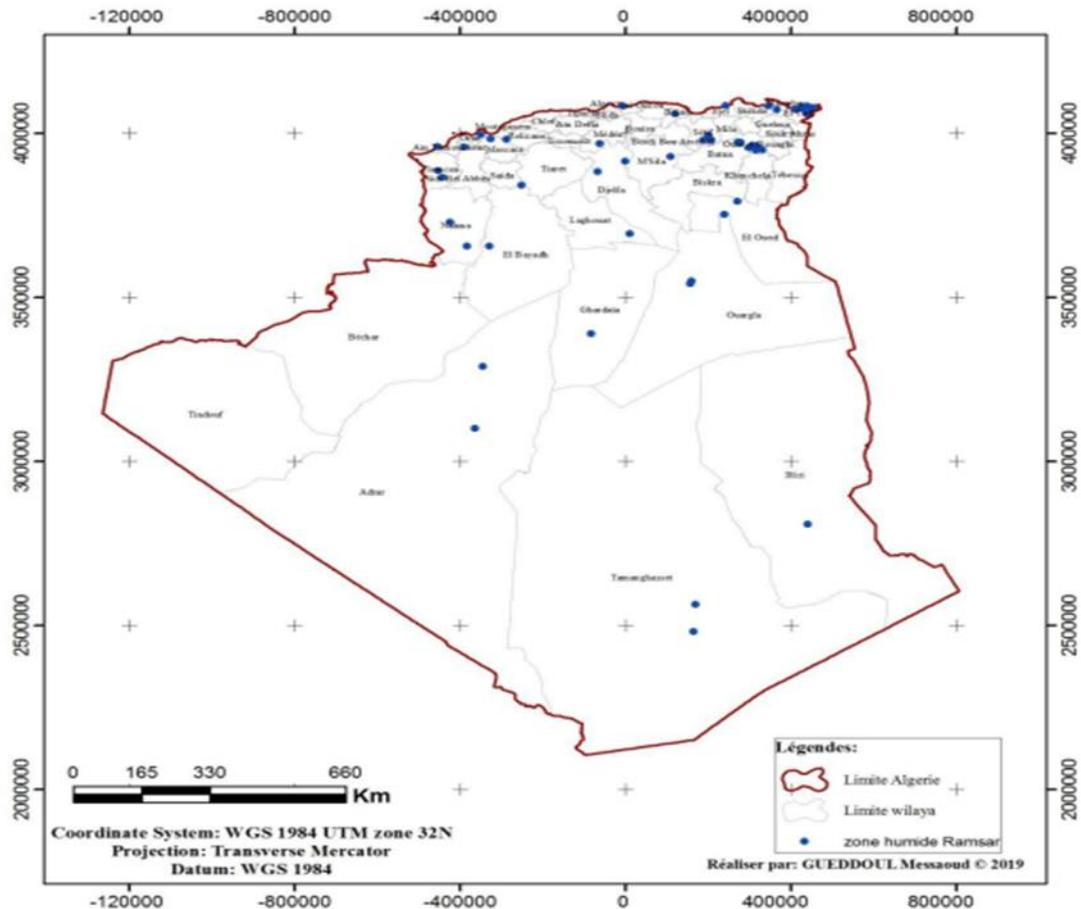
**Figure 02:** Répartition du nombre des sites dans le monde selon la région (GUEDDOUL, 2019)

### Zones humides en Algérie

L'Algérie se caractérise par une importante diversité de paysages, d'habitats et d'écosystèmes, parmi lesquels, on trouve les zones humides.

L'Algérie a adhéré à la convention de Ramsar par décret n° 82-439 du 11 décembre 1982, en proposant au classement deux sites sur la liste des zones humides d'importance internationale, à savoir le lac Tonga et le lac Oubeira situés dans le complexe des zones humides d'El-Kala (wilaya d'El -Tarf)(SAIFOUNI, 2009 ).

L'Autorité de la Convention de Ramsar en Algérie, la Direction Générale des Forêts, a classé 26 sites sur la Liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale. Deux en 1982, dix en 2001 et 13 en 2003. Si l'on compte les seize nouveaux sites dont le classement est prévu en 2004, le nombre de zones humides internationales en Algérie atteindrait 42 avec une superficie de près de 3 millions d'hectares, soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie (D.G.F., 2004).



**Figure 03:** Répartition des zones humides classées Ramsar en Algérie (GUEDDOUL, 2019).

### Zones humides du Bas Sahara

Le Sahara Algérien qui s'étend sur les 2/3 de la superficie du pays avec plus de 2 millions de Km<sup>2</sup>, recèle d'importantes ressources en eau souterraines emmagasinées dans les deux grands aquifères du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). L'eau de surface y rare et insignifiante, elle est pérenne et se limite seulement dans les zones de Sebkhass, Chotts, Gueltas situées généralement dans les bas-fonds des bassins endoréiques auprès des Oasis. La superficie globale des zones humides recensées à travers les limites du territoire du CI et CT est de 934.000 ha. Cette surface ne représente que 1,3 % de la superficie totale du Sahara septentrional. Ces zones constituent un lieu d'habitat important pour l'avifaune migratrice de la méditerranée vers le Sahara notamment en période d'hivers (A.N.R.H, 2005). Le complexe des zones humides au Bas-Sahara algérien est subdivisé en quatre entités géographiques : Ziban, Souf, Oued Righ, et Oued Mya (CHEHMA et al., 2016).

Principales zones humides du Bas Sahara

Tableau 01 : Zones humide algériennes d'importance internationale de Sahara septentrional  
(ANNANI, 2013)

Nom du site	Date de classement	Localisation(W ilaya)	Superficie (ha)	Coordonnées
<b>Chott Merrouane et Oued Khrouf</b>	02-02-2001	El Oued	337 700	33°55'N 006°10'E
<b>Oasis d'Ouled Saïd</b>	02-02-2001	Adrar	25 400	29°24'N 000°18'E
<b>Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi</b>	02-02-2001	Adrar	95 700	27°45'N 000°15'E
<b>Chott Melghir</b>	04-06-2003	El Oued, Biskra Khenchela	551 500	34°15'N 006°19'E
<b>Chott Aïn El Beïda</b>	12-12-2004	Ouargla	6 853	31°48'N 005°22'E
<b>Chott Oum El Raneb</b>	02-12-2004	Ouargla	7 155	32°02'N 005°22'E
<b>Chott Sidi Slimane</b>	12-12-2004	Ouargla	616	33°17'N 006°05'E
<b>Sebkhet El Melah</b>	12-12-2004	El Menia	18 947	30°25'N 002°55'E

# **Chapitre II**

## **Matériel et Méthodes**

## 1. Description de la région El-Menia

La wilaya d'El-Menia est Située au sud de l'Algérie. Elle est délimitée :

Nord: La Wilaya de Ghardaïa.

Est: La wilaya d'Ouargla.

Ouest: La wilaya d'El Bayadh et celle de Timimoune.

Sud: La wilaya d'In Salah.

Elle est composée d'une daïra et trois communes (El-Menia, Hassi El-Gara et Hassi Lefhel).

S'étend sur une superficie de 62.215 Km<sup>2</sup>.

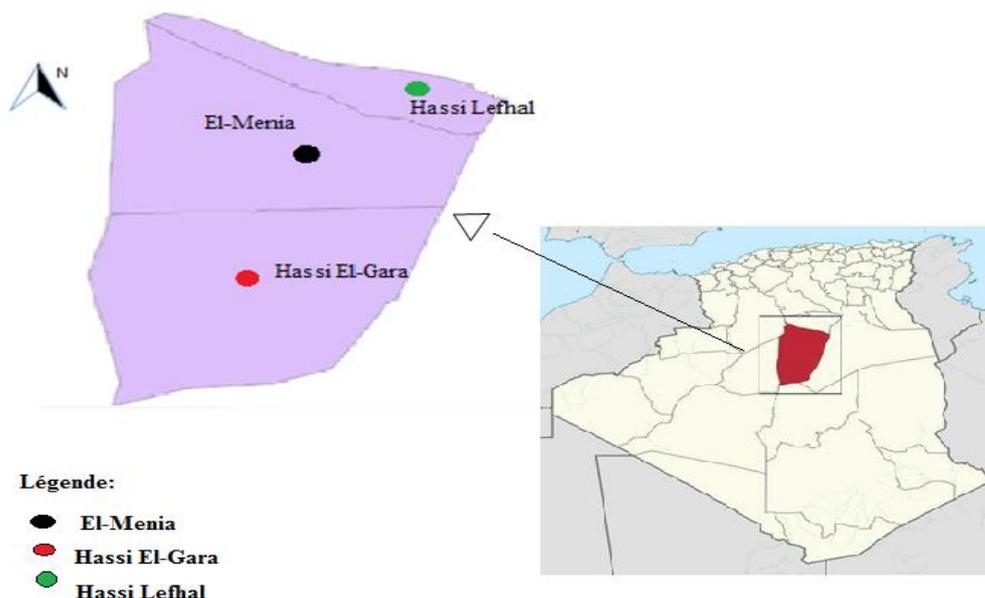
El-Menia est une oasis au centre du Sahara algérien. Elle est située à :

Altitude 397m

Latitude 30°35'N

Longitude 2°53'E

Dans une dépression de Oued Seggeur au Sud-Ouest à mi-chemin de l'axe routier Alger - Tamanrasset. Elle est limitée au Nord par Chebka du M'Zab, au Sud par le plateau de Tademaït, à l'Est par Ouargla et à l'Ouest par l'erg occidental (BOUTAIBA, 2008).



**Figure 04:** Situation géographique d'El-Menia (ArcGIS Modifié, 2022).

### 1.1. Description de la zone humide lac El-Maleh

C'est une dépression endoréique constituée de sols salés qui se compose de 2 plans d'eau, un bassin supérieur, à salinité modéré, très riche du point de vue de la diversité

biologique et s'assimilant à un étang et une sebkha, ou lac salé, dénudé dont les berges sont mangées par le sel (D.G.F., 2004).



**Figure 06:** Bassin supérieur  
(LANOUAR, 2022)



**Figure 05:** Bassin inférieur  
(LANOUAR, 2022)

### 1.2. Localisation de la zone humide lac El-Maleh

La région d'El-Menia, est une palmeraie au centre du Sahara algérien, elle est située à 870 Km au Sud d'Alger. Le site de LacEl-Maleh est situé à l'intérieur de cette palmeraie dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Altitudes varie entre : 367 m et Max 478 m

Longitude: 2°55.499' E

Latitude: 30° 29.786' N

Superficie 18.947 hectares (D.G.F, 2018).

## 2. Facteurs abiotiques

Les données édaphiques de la région d'El-Goléa se présentent comme suit : Topographie et relief, géologie, hydrologie et pédologie.

### 2.1. Topographique et relief

El-Menia est située à une altitude de 397 mètres dans les jardins de l'oasis. La falaise (Gara) qui la surplombe à une hauteur de 80 mètres, sur la berge de l'oued Seggueur, où on note l'existence des pitons en forme de tables bien caractéristiques dans le Sahara qui atteignent 100 mètres de hauteur, c'est le Ksar d' El-Goléa et Gara Tin Bouzid (REZIG, 2011).

### 2.2. Géologie et Hydrologie

La région d'El-Menia est caractérisée par les facteurs géologiques et hydrologiques Suivants :

-Présence des intercalations calcaires (encroûtement, assises) dans certaines formations géologiques.

-Mauvais drainage naturel (drainabilité interne des sols).

-Présence d'une nappe phréatique à faible profondeur (moins d'un mètre).

- Malgré leur abondance dans cette oasis et quel que soit son origine, la qualité chimique de l'eau reste une contrainte de restriction pour certain nombre de cultures et ceci du point de vue salinité et alcalinité (GOUSKOV, in BOUKHALIFA et DOUAR, 2001).

### **2.3. Réseau hydrographique**

Les principaux affluents qui participent à l'alimentation du lac sont les eaux usées qui proviennent des deux communes situées en amont du lac. La faible pluviométrie est compensée par les eaux souterraines qui sont considérées comme la principale source d'eau de la région d'El-Menia (BERRIMI, 2009). On distingue :

#### **2.3.1. Nappe albienne**

Le CI est un immense réservoir d'eau ; il est constitué de sables à grain moyen à grossier, couvrant plus de 30 000 kilomètres carrés sur une bande allant du plateau du Tinrhert au sud de la Libye. Elle est profonde d'environ 200 m, à El-Menia. Il est alimenté par l'eau de pluie qui tombe au nord, et s'infiltre à l'aide de l'erg occidental, cet erg est un ensemble de dunes de sable très perméable d'une grande surface, allant d'El-Menia à l'Est, de Bechar à l'Ouest, et Timimoune au Sud (BENBITOUR et BABAAMER, 2019).

#### **2.3.2. Nappe phréatique**

Elle est proche de la surface, 0,65 m au lac Supérieur, et varie selon les endroits, elle culmine à 1,40 m au quartier de Bel-Bachir, et 0,7 m à Hassi El-Gara (BENBITOUR et BABAAMER, 2019).

### **2.4. Sol des régions sahariennes**

Les sols peuvent être classés grossièrement en trois groupes :

-Sols désertiques (regs) : sols sablonneux et graveleux.

-Sols limono-argileux : terrasses des vallées,...

-Sols salés (halomorphe), sebkha,...

Généralement les sols sahariens ont une texture sablo limoneuse avec une faible teneur en phosphore, azote et oligo-éléments. Les sols sont aussi caractérisée par un pH élevé qui réduit la disponibilité des oligo-éléments et un taux de calcaire total élevé ayant un effet

négalif sur l'assimilation du phosphore, potassium et l'azote par la plante au niveau du sol. On note aussi une faible teneur en matière organique d'où une faible capacité d'échange cationique (<5 méq/100g du sol) (BELERAGUEB, 1996).

### 2.5. Sol de la région d'El-Menia

El-Menia est caractérisé par des sols peu productifs, leur couverture pédologique est entièrement sableuse, pauvre en humus, traversée le plus souvent par des encroûtements ou des lits en blocs ou en gravier, certaine caractéristique de ces sol ont posé un problème quand à leur aptitude culturale (REZIG, 2011).

## 3. Climat de la région d'El-Menia

La région saharienne se caractérise par un climat de type aride avec de fortes amplitudes entre le jour et la nuit et entre l'Eté et l'Hiver. L'oasis d'El-Goléa est définie comme zone désertique ou l'évaporation potentielle excède toujours les précipitations ; elle est caractérisée par son hiver rigoureux et froid et son "Eté" Sec et chaud (BELERAGUEB, 1996).

### 3.1. Données climatiques de la région d'El-Menia

Pour une analyse climatique de la région d'El-Menia, nous avons utilisé les données climatiques sur une période de 10 ans allant de 2012 à 2021 (Tableau02).

Les paramètres climatiques retenues sont les précipitations P (mm), les températures (°c), Humidité relative (H), le vent (V) (Tableau02).

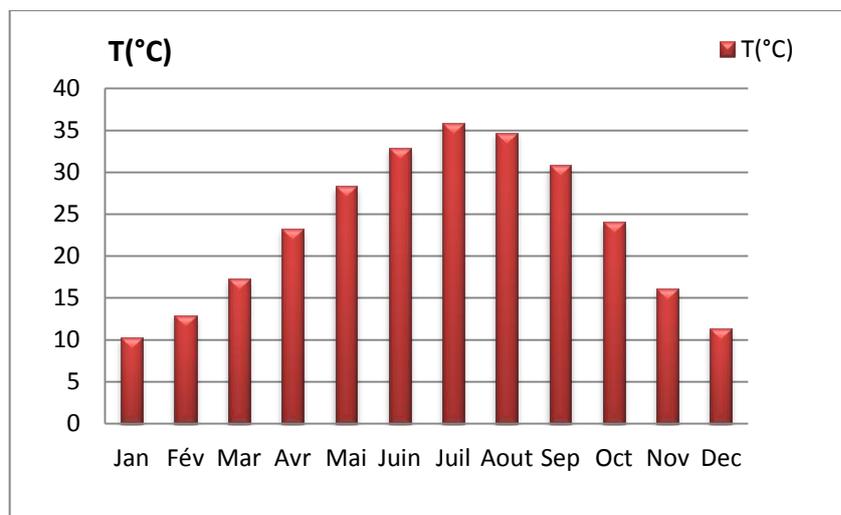
**Tableau 02:** Données climatiques de la région El-Menia pour l'Année 2012\_2021  
(TUTTIEMPO, 2021)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin
<b>T (°C)</b>	10,29	12,96	17,24	23,2	28,37	32,96
<b>TM (°C)</b>	17,82	19,97	24,35	30,28	35,16	37,03
<b>Tm (°C)</b>	2,74	5,33	8,93	14,66	19,9	24,09
<b>H (%)</b>	50,31	41,38	35,2	28,5	24,63	20,75
<b>P (mm)</b>	4,142	2,845	5,207	0,915	5,945	0,33
<b>V (Km/h)</b>	8,79	10,41	10,77	12,12	10,88	10,12
	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>T (°C)</b>	35,84	34,72	30,89	24,08	16,07	11,38
<b>TM (°C)</b>	42,86	41,55	37,84	31,05	23,21	18,01
<b>Tm (°C)</b>	27	26,42	23,21	16,51	8,71	4,81
<b>H (%)</b>	18,27	21,23	29,03	37,35	47,09	56,74
<b>P (mm)</b>	0	0,432	4,647	1,601	5,208	8,51
<b>V (Km/h)</b>	8,6	9,34	8,75	8,44	8,92	8,6

### 3.1.1. Température

La température de l'air est l'un des paramètres ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est en fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons (OZENDA, 1982) et de la topologie (TOUBAL, 1986).

Les températures enregistrées durant les dix ans, au niveau de la région d'El-Menia, montre que les températures sont élevées où elles peuvent dépasser les 33°C. Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 10,29 °C et le mois le plus chaud est représenté par le mois juillet avec une température de l'ordre de 35,84 °C (Figure 07).

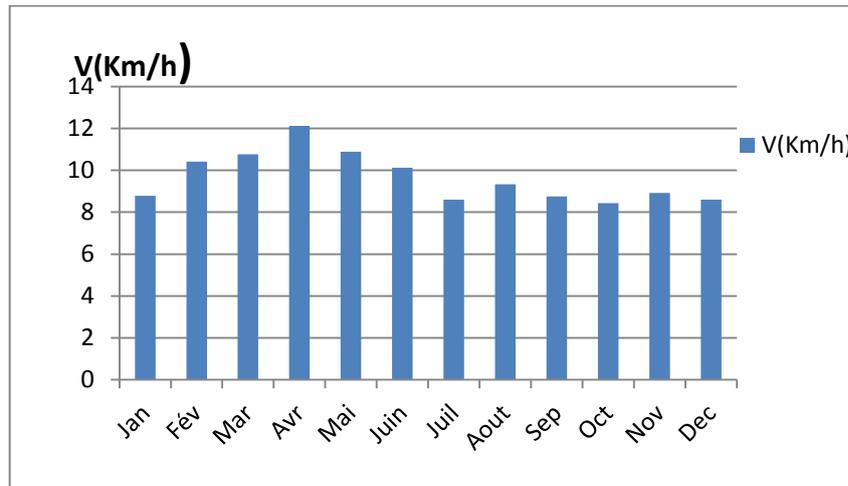


**Figure 07:** Température mensuelle moyenne de la région d'El-Menia pour la période de 2012\_2021 (TUTTIEMPO, 2021)

### 3.1.2. Précipitations

L'analyse des relevés mensuels durant les dernières années (2012-2021), montre bien que les précipitations ont des valeurs faibles durant toutes les années avec un maximum atteint de 8,51mm de pluie au mois décembre (Tableau 02).

### 3.1.3. Vent



**Figure 08:** Vitesses du vent en km/h dans la région d'El-Menia pour la période 2012-2021(TUTITEMPO, 2021)

Le vent Nord-est est le vent le plus dominant dans les régions sahariennes, il intervient habituellement au mois de février et se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril, Ainsi le siroco provoqué par les vents Sud-ouest posent particulièrement des problèmes où ils peuvent, avec la température, accentuer l'aridité de climat (BEDRA, 2011).

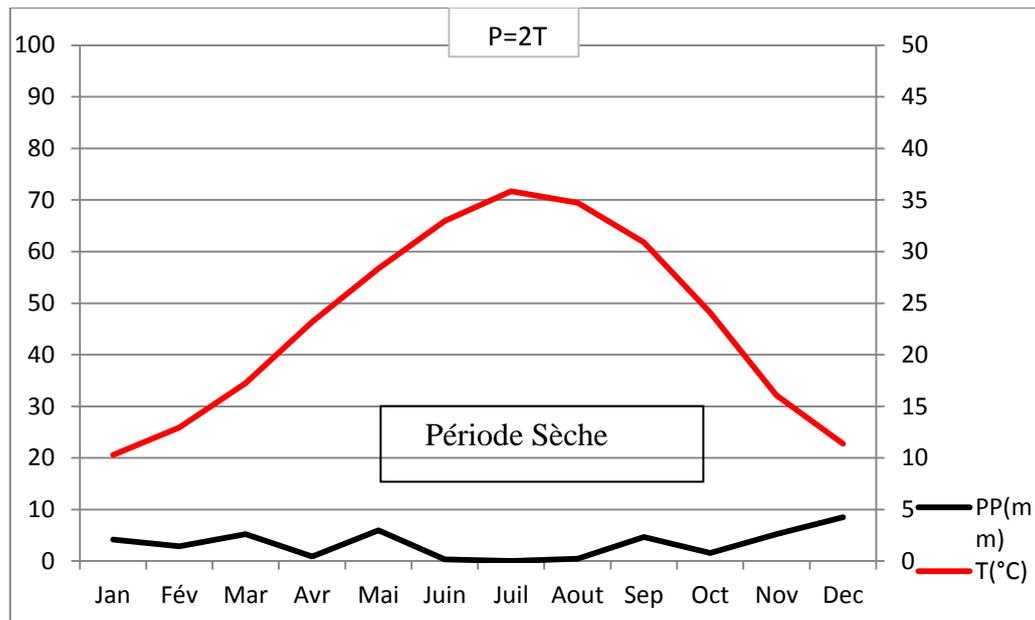
Les résultats mentionnés dans la figure au-dessus montre que les vents de la région d'El-Menia atteignent une vitesse maximale au mois Avril de 12.12km/h et une vitesse minimale en juillet et décembre avec une valeur de 8,6 km/h.

## 4. Synthèse climatique de la région d'El-Menia

Pour déterminer les caractéristiques climatiques de la région de lac El-Maleh (El-Menia) nous basées sur les principaux paramètres qui sont la température et les précipitations pour tracer le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson et climagramme d'Emberger.

### 4.1. Diagramme ombrothermique

BAGNOULS & GAUSSEN en 1953, considèrent qu'un mois est sec quand le total de précipitation exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température (T) exprimé en degré centigrades ( $P$  inférieur ou égale  $2T$ ).



**Figure 09:** Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Menia pour la période 2012-2021(TUTIEMPO, 2021)

La période sèche correspond la partie pour laquelle la courbe de température est au-dessus de la courbe pluviométrique.

D'après la figure la période sèche de la région lac El-Maleh est représentée durant tous les mois d'année (2012-2021).

#### 4.2. Climagramme d'EMBERGER

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (DAJOZ, 1982). Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{3,43 P}{M - m}$$

**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluviothermique d'EMBERGER.

**P** : Précipitation annuelle en mm.

**M**: Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°C).

**m**: moyenne des maximums du mois le plus froid (°C).

**Pour la station d'El-Menia :**

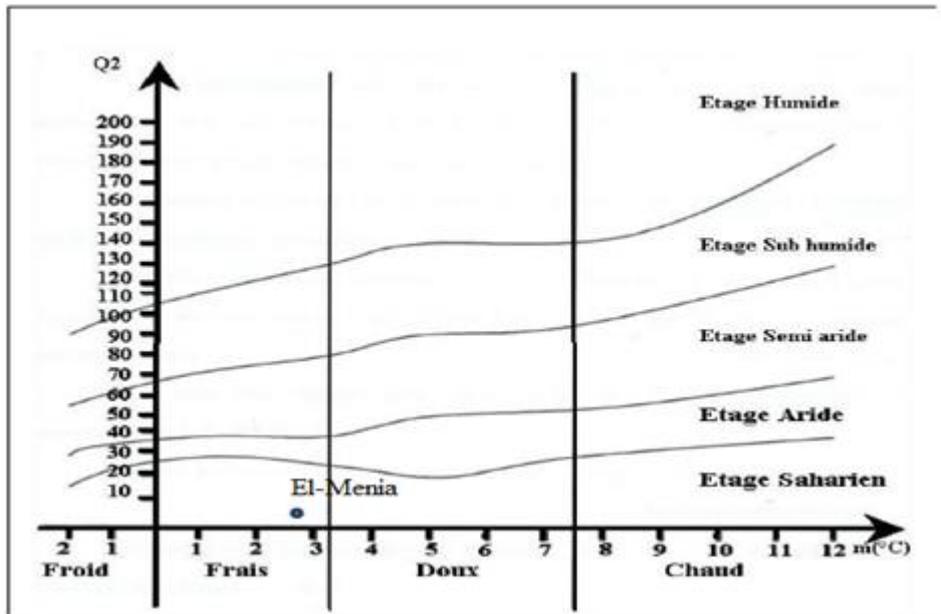
P= 39,78 mm

M= 42,86 + 273= 315,86 °K

M= 2,74 + 273= 275,74 °K

$$Q_2 = 3,40$$

Le  $Q_2$  étant égale à **3.40** montre l'appartenance de région à l'étage saharien à hiver frais. Ces résultats sont représentés dans la figure.



**Figure 10.** Positionnement de la région d'El Menia dans le climatogramme d'EEMBERGER durant la période de 2012 -2021

La région d'El-Menia est située au centre de l'Algérie, caractérisée par un climat saharien.

## 5. Facteurs biotiques

### 5.1. Flore de la région d'El-Menia

Les études montrent une grande diversité des peuplements végétaux formés par des espèces appartenant à différentes familles botaniques, telles que :

**Tableau 03:**Liste des espèces floristiques (D.G.F., 2004)

Nombre	Espèce
1.	Phoenix dactylifera
2.	Imperatcyclindica
3.	Tamarixgallica
4.	Limonum sp.
5.	Phragmites communis
6.	Zygophyllum sp.
7.	Limoniastrumguyogonium
8.	Dikpadisp.
9.	Typha angustifolia
10.	Androcymbiumsp.
11.	Juncus actus
12.	Oudneaafricana
13.	Ampelodesmatenax

### 5.2. Faune de la région d'El-Menia

El-Goléa présente une grande richesse faunistique faisant partie de différentes classes, telles que celle des Gasterpoda avec des Lymnaeidae , des Planorbidae, des Grustacea avec des Daphnidae, Aleneidae , et celle des Insectes répartis entre plusieurs ordres comme ceux des Orthoptera avec les famille des Gryllidae, Acrididae et des Tetrigidae, des Hétéroptera, Homoptera, Coléoptera, Odonata, Hymenoptera et de Lepidoptera. Les classes, des oiseaux et des mammifères sont également représentées (REZIG, 2011).

## 6. Généralités sur les sols

Les sols sont des systèmes multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limon, argile, matière organique (MO), nutriments, écosystèmes,...etc.) en outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (SPOSITO, 1997).

### 6.1. Définition du sol

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes. Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques :

- La roche-mère sur laquelle s'est développé
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation (SAHNOUNE, 2014).

### 6.2. Diverses phases du sol

Un sol se décompose en 3 phases

#### 6.2.1. Phase liquide

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension.

La composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat
- Les apports anthropiques (SAHNOUNE, 2014).

#### 6.2.2. Phase gazeuse

Selon (SAHNOUNE, 2014) dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont : L'azote (78 à 80 %), L'oxygène (18 à 20 %), Le dioxyde de carbone (0,2 à 3 %).

#### 6.2.3. Phase solide

La phase solide du sol est en général majoritairement minérale qui comprend :

**Éléments grossiers:** Ce sont les éléments > 2mm classe par dimensions :

- 0,2 à 2 cm : graviers

- 2 à 5 cm : cailloux
- 5 à 20 cm : pierres
- > 20 cm : blocs

**Terre fine** : c'est la fraction de terre qu'il reste lorsqu'on retire les éléments grossiers (donc < 2 mm, au tamis). On peut classer les éléments de la terre fine par dimensions :

- 2 à 0,2 mm : sable grossiers
- 0,2 mm à 50  $\mu\text{m}$  : sable fins
- 50 à 20  $\mu\text{m}$  : limons grossiers
- 20 à 2  $\mu$  : limons fins

### 6.3. Propriétés physique du sol

**Texture** : la texture reflète la part respective des constituants triés selon leur taille. On distingue la texture minérale qui est la proportion des sables, limons et argiles mesurés par l'analyse granulométrique (GOBAT et *al*, 2010).

**Structure** : C'est un état du sol, variant à court terme, par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture mais aussi de l'état des colloïdes, de la teneur en eau ou en matière organique. ... (GOBAT et *al*, 2010).

### 6.4. Propriétés chimiques d'un sol

- **pH** : Le pH d'un sol est une mesure de l'acidité du sol, ou la concentration hydrogène ( $\text{H}^+$ ) (ABAIL, 2013).
- **Capacité d'échange cationique (CEC)** : est la capacité à fixer de façon réversible les actions échangeables ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) (BAIZE, 2004).
- **Matière organique (M.O)** : Est la matière carbonée produite en général par des êtres vivants.

## 7. Méthode de travail

### 7.1. Choix du site

Pour connaître et avoir une idée sur le site en question (Lac El-Maleh), des prospections de la zone ont été réalisées Mars 2022. Celle-ci a montré que ce site est une zone humide classée par la convention de RAMSAR et ayant une importance internationale, abritant une faune et flore assez importante.

## 7.2. Echantillonnage

Pour atteindre notre objectif, nous avons opté aléatoire 21 prélèvements pédologiques pour 6 points à déférente profondeur la long de la zone humide (0- 30cm, 30- 60 cm et 60- 90 cm, 90-120 cm), à l'aide d'une tarière manuelle. Les points prélevés ont été définis par leurs coordonnées géographiques à l'aide GPS. Ils ont été séchés à l'air libre. Les échantillons transportés au laboratoire dans des sachets bien fermés, puis broyés manuellement et tamisés avec un tamis de 2mm pour obtenir la fraction fine sur laquelle les analyses physico-chimiques seraient effectuées.

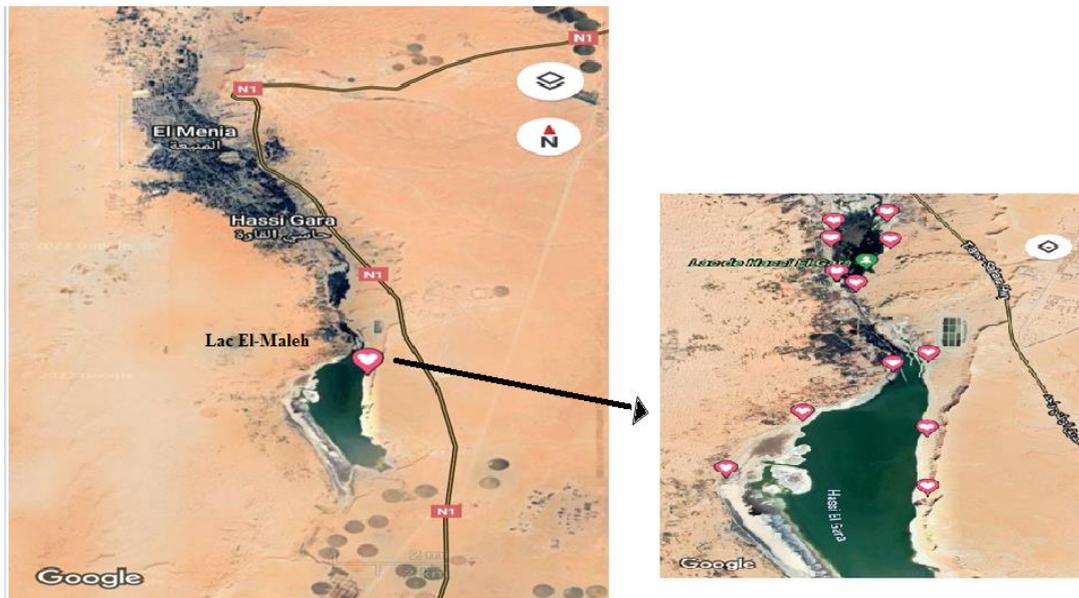


Figure 11: Site de lac El-Maleh (GOOGLE maps, 2022)

### 7.2.1. Matériel

- Tarière manuelle
- Carnet (pour prendre des notes)
- Appareil photo numérique(SAMSUNG)
- GPS : GARMIN etrex 20X.
- Faucille
- Sachets en plastique



Figure 12: Tarière



Figure 13 : Faucille



Figure 10: Sachets en plastique



Figure 15: Appareil photo numérique(SAMSUNG)



Figure 16: GPS GARMIN ETREX 20X.

### 7.2.2. Méthodes d'analyse

Les différentes analyses physico-chimiques des sols ont été réalisées au niveau de laboratoire de pédologie à l'université de Ghardaïa sont :

- a) **Le pH du sol** : La valeur du pH de sol est déterminée par l'analyse de la concentration en ions  $H^+$  à l'état dissocié, dans le liquide surnageant de la solution (terre/eau) (1/5) par un pH-mètre (MATHIEU et *al.*, 2003).

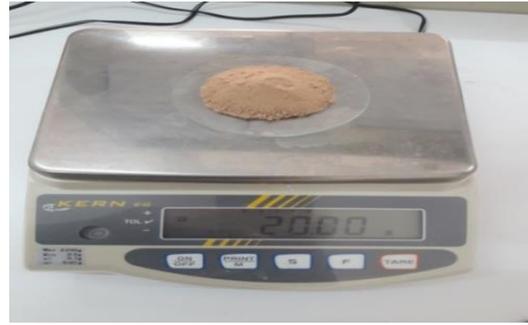
**Matérielle utilisé** : on à utiliser un pH-mètre, un Mélange de sol, une Balance digitale, un Agitateur rotatif et un bécchers.

#### Mode opératoire

- Peser 40 g de terre (<2mm) séchée à 40 C° dans un bécher.
- Ajouter 100 ml de solution d'eau déminéralisée et Agiter durant 2 h par l'agitateur rotatif.
- Laisser reposer 2 h. plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer le messer. Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes.



**Figure 17:** Agitateur rotatif (STUART)



**Figure 18 :** Balance digitale

**b) La conductivité électrique :** (par extrait aqueux 1/5) : Pour mesurer la CE, un conductimètre de type (JENWAY 3540) a été utilisé dans un l'extrait aqueux (terre/eau) (1/5) (MATHIEU et *al.*, 2003).

**Matérielle utilisé :** on à utiliser un Conductimètre, un mélange de sol, une balance digitale, un flacon bouché, un agitateur rotatif et un béciers (250 ml).

**Mode opératoire :** on a :

- Prend 50 g de sol sec (<2 mm) et on l'introduire dans un flacon bouché de 1000 ml.
- Ajoute 25 ml d'eau déminéralisée au sol dans le flacon
- Agiter durant 2h à l'aide d'un agitateur rotatif.
- Laisse de reposer jusqu'à ce qu'il y ait sédimentation du sol.
- Transvaser le liquide surnageant dans un bécier de 250 ml.
- En fin on mesure leur conductivité à l'aide d'un Conductimètre.



**Figure 19:** PH-mètre (ADWA)



**Figure 20:** Conductimètre

c) **dosage de calcaire total** : Le dosage du calcaire total est estimé à l'aide du calcimètre de Bernard. Son principe est basé sur la mesure de  $\text{CO}_2$  dégagé suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique sur un point connu de l'échantillon (BAIZE, 1988). Il est fondé sur la réaction suivante :

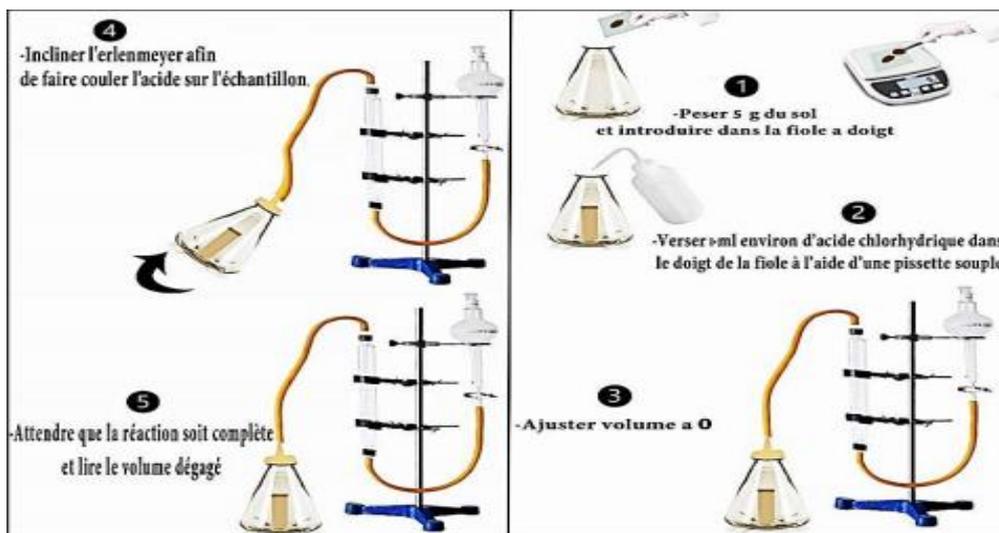


**Matérielle utilisé** : on à utiliser un Calcimètre de Bernard, une fiole à doigt, une Pissette, un Mélange du sol et un Balance digitale.

**Réactifs** :

- Eau déminéralisée
- Acide chlorhydrique technique (HCL)
- Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), anhydre ; c'est dire séché à l'étuve à 200 °Cdurant 2 heures puis refroidi au des dessiccateurs.

**Mode opératoire** : pour réaliser cet essai on a (Figure 21) :



**Figure 21:** Protocole d'analyse de calcaire total dans le calcimètre de Bernard.

**Calculs** : Afin d'éviter les corrections de  $T^\circ$  on peut étalonner l'appareil chaque jour avant chaque série de mesures avec 0.3 g 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 :

$$0.3/V_4 = P_x/V_3 * 100$$

$$X = 30 V_3/V_4 * P$$

X = % de carbonate de calcium

P : prise d'essai en g

V3 : volume de CO<sub>2</sub> en ml dégagé par le carbonate de calcium contenu dans la prise de terre P,

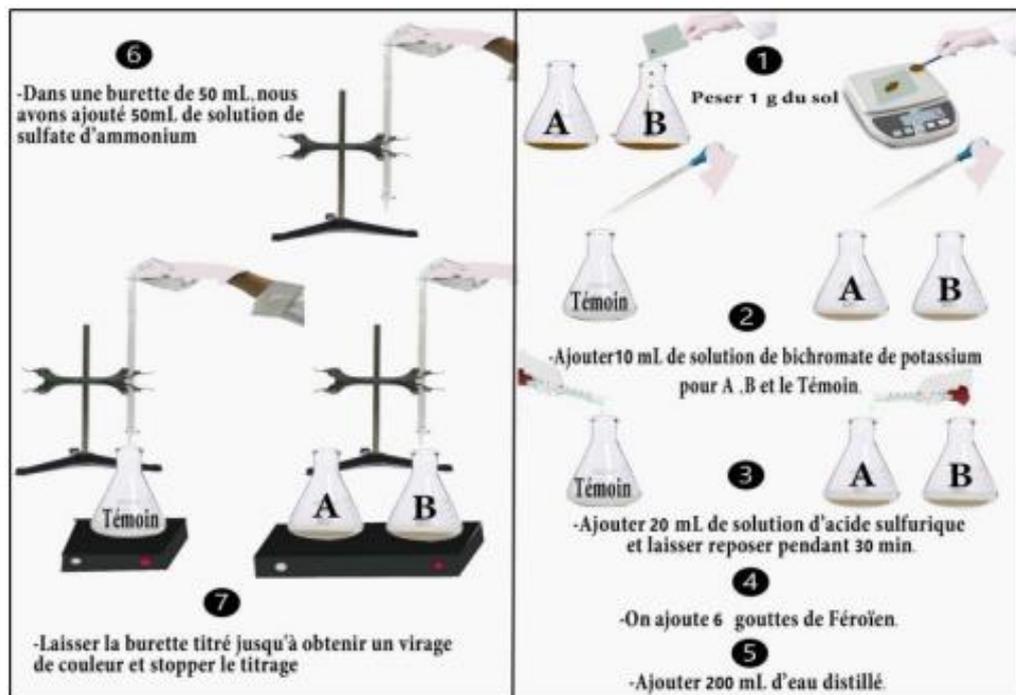
V4 : volume de CO<sub>2</sub> en ml dégagé par 0,3 g de carbonate de calcium. Pour que le résultat soit correct, il est nécessaire que V3 et V4 soient du même ordre de grandeur.

#### d) Dosage de la matière organique (MO)

Mesure du taux de la matière organique (M.O) par méthode de Walkley et black modifiée.

**Matériels utilisé** : pour mesurer le taux de la M.O on utilise une Fiole jaugée (1000 ml), un mélange de sol, une balance digitale, une Burette, l'eau déminéralisée, un Tétramètre.

**Mode opératoire** : (Figure 22)



**Figure 22:** Protocole d'analyse de la matière organique

#### Réactif :

- Eau déminéralisé
- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Bichromate de potassium p.a (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)
- Sulfate d'ammonium-fer(II) hexahydraté ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>H<sub>2</sub>O) <sel de mohr>
- Phénantroline 1-10 (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)

**Préparations des solutions**

-Solution d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ )  $0.25\text{mol.L}^{-1}$  : Dans une fiole jaugée de 1000 ml contenant environ 700 ml d'eau déminéralisée ; ajouter lentement 28 ml d'acide sulfurique. Ajuster au volume. Homogénéiser.

- Solution de Bichromate de potassium ( $K_2CrO_7$ ),  $0.1666\text{ mol.L}^{-1}$  : Dans une fiole jaugée de 1000 ml contenant environ 700 ml d'eau déminéralisée ; dissoudre 49.00g de Bichromate de potassium. Ajuster au volume. Homogénéiser.

-Solution de sulfate d'ammonium-fer(II) hexa hydraté ( $(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2, 6H_2O$ ) \*sel de Mohr\*.  $0.5\text{mol.L}^{-1}$  : Dans une fiole jaugée de 2000 ml contenant environ 1000 ml d'acide sulfurique; dissoudre 392.160 g de sel Mohr. Ajuster au volume avec la solution d'acide sulfurique. Homogénéiser. Se conserve au maximum 2 semaines.

-Féroïen (indicateur redox) : Dans une fiole jaugée de 100 ml contenant environ 90 ml d'eau déminéralisée ; dissoudre 0.974 g de sel de Mohr et 1.485 g de phénantroline 1-10. Ajuster au volume. Homogénéiser.

**Mode opératoire :**

- Peser P g de terre broyée, séchée et tamisée à 2 et verser d'une fiole conique
- A la réaction de l'excès de bichromate avec le sel de Mohr ; il faut que la chute de ce dernier dans la burette soit compris entre 8 et 14 ml. Tout échantillon dont le premier dosage aurait donné une chute inférieure à 8 ou supérieure à 14 ml de solution se sel de Mohr sera recommencé.
- D'une manière générale pour la plus part des sols les prises d'essai varient de 0.25 à 2.50 g pour les horizons de surfaces et de 2 à 10 g pour les horizons profonds.
- Mettre la prise d'essai dans une fiole conique de 300 ml.
- Ajouter 10 ml de la solution de bichromate de potassium à la pipette. Agiter la fiole d'un mouvement de va-et-vient doucement.
- Verser d'un coup, avec l'éprouvette de 20 ml d'acide sulfurique dans la suspension. Agiter pendant 1mn. Laisse reposer 30 mn. Ainsi l'oxydation peut se développer. Au bout de 30 mn ajouter 150 ml d'eau déminéralisée pour stopper la réaction.



**Figure 23:** Préparation des échantillons pour l'analyse de la matière organique.

**Calcul :** Les paramètres sont calculés en fonction de la relation suivante :

$$\text{MO (\%)} = \% \text{ C} \times 1.724$$

$$\text{C (\%)} = 0.39 \times (10 - \text{volume de sel de Mohr} \times (t=10/T)/P$$

**Avec :**

- P: poids de la prise de terre en g
- V: volume 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' : T'= 10 ml (quantité oxydation + excès) le volume de bichromate de potassium

**e) Granulométrie :** Mesure de densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos

Cette étape se fait à l'aide du matériel suivant :

- Densimètre de Bouyoucos
- Eprouvette de Robinson
- Chronomètre
- Thermomètre
- Eau distillée

Après la préparation du matériel nous avons :

1. Placer l'échantillon dans l'éprouvette de Robinson (assurer que tout le contenu de bécher est déplacé vers l'éprouvette).
2. Ajuster par l'eau distillée à 1l et mettre leur bouchon.
3. Agiter pendant une minute pour homogénéiser le contenu.

4. L'éprouvette est laissée sur la table en même temps que le chronomètre est déclenché.

Le densimètre est soigneusement introduit dans la dispersion.

5. Quarante secondes après la cessation de l'agitation, noté :

Mesure du densimètre (d).

Température en degrés centigrades de la dispersion (t).

6. Heure à laquelle le brassage a cessé.

Retirer le densimètre de la suspension.

Remuer à nouveau pendant une minute et laisser-le reposer.

7. Deux heures après la fin de l'agitation, le densimètre est réintroduit, en notant :

Mesure du densimètre (d').

Température en degrés centigrades de la dispersion (t').

### Calcul :

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

$$X = (d + [(t-20) * 0,36]) * (100 / P) = \% \text{ (limon + argile)}$$

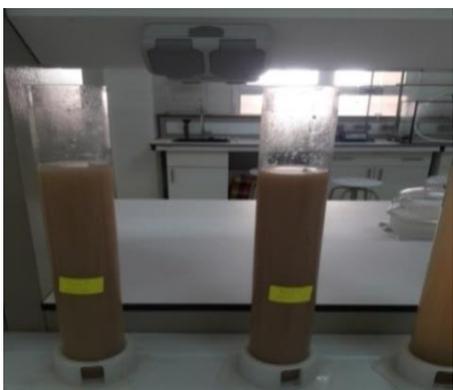
$$Y = (d' + [(t'-20) * 0,36]) * (100 / P) = \% \text{ d'argile}$$

$X - Y$  = pourcentage de limon,

$100 - X$  = pourcentage de sable,

P = poids du 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 de 20°C.



**Figure 24:** Mesure de la densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos

# **Chapitre III**

## **Résultats et Discussions**

### 1. Description visuelle des profils pédologiques sur terrain

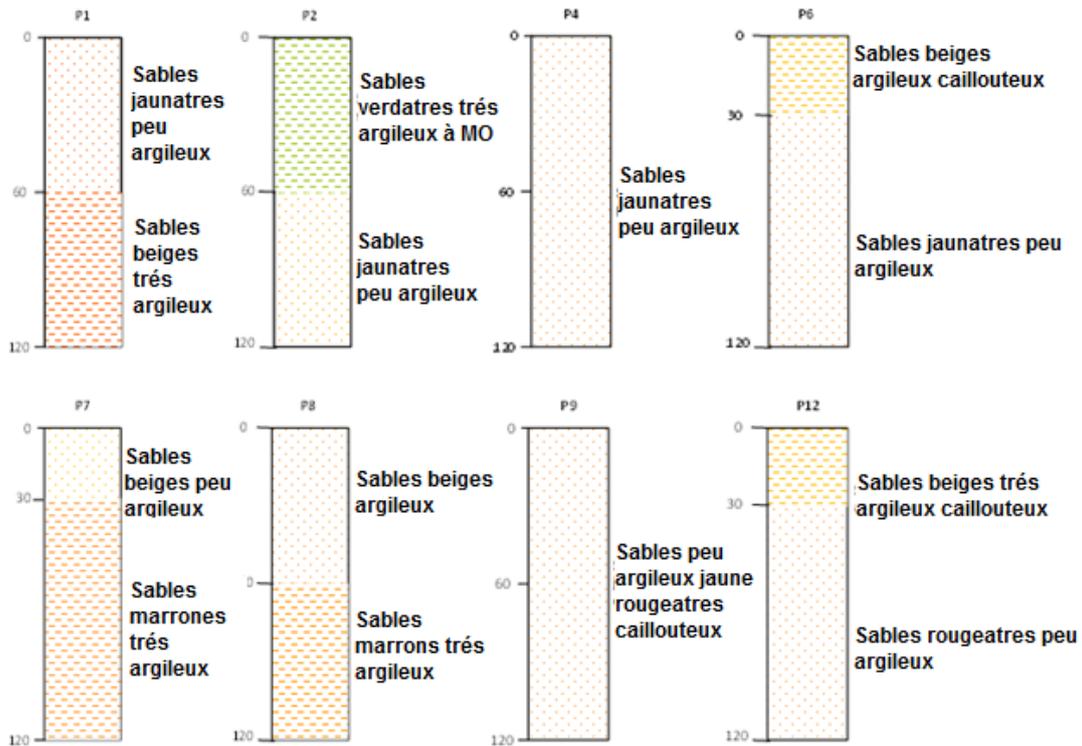
Pour déterminer la nature et les caractéristiques lithologiques et pédologiques du sol, en place (Tableau 03), du lac d'El-Maleh, nous le visitons deux fois en mois de Mars et nous l'investiguons (20 et 21/03/2022) ; où nous effectuons des profils pédologiques verticaux sur une profondeur allant de 120 cm (Figure 25) qui nous permettent de ramener des échantillons au laboratoire pour effectuer un certain nombre des essais.



**Figure 25:** Carte de positionnement des profils d'investigation et les points d'échantillonnage.

**Tableau 04:** Description visuelle et comparative des profils pédologiques du lac El-Maleh

Lac supérieur		Lac inférieur	
	Description		Description
<b>P1</b> 30°31'24.9 N 2°55'47.5 E	0 à 60 cm Sables jaunâtres peu argileux	<b>P7</b> 30°29'41.4 N 2°56'05.8 E	0 à 30cm Sables beiges peu argileux
	60 à 120cm Sables beiges très argileux		30 à 120 cm Sables très argileux marron
<b>P2</b> 30°31'04.5 N 2°55'48.8 E	0à 60cm Sables très argileux verdâtres à MO	<b>P8</b> 30°28'45.9 N 2°56'05.1 E	0 à 60cm Sables argileux beiges
	60 à 120cm Sables jaunâtre peu argileux		60 à 120cm Sables marron très argileux
<b>P3</b> 30°30'32.8 N 2°55'33.7 E	0à 60cm Sables jaunâtres peu argileux	<b>P9</b> 30°28'02.7 N 2°56'05.4 E	0 à 120cm Sables peu argileux jaune rougeâtres, caillouteux
	60 à 120cm Sables argileux beiges		0 à 30cm Sables beiges argileux
<b>P4</b> 30°31'18.5 N 2°55'24.0 E	0 à 120cm Sables jaunâtres peu argileux	<b>P10</b> 30°29'33.7 N 2°55'50.1 E	30 à 120cm Sables rougeâtres, peu argileux
<b>P5</b> 30°31'05.7 N 2°55'22.6 E	0 à 30 cm Sables beiges argileux et caillouteux	<b>P11</b> 30°28'57.7 N 2°55'10.1 E	0 à 30 cm Sables argileux beiges et caillouteux
	30 à 120 cm Sables jaunâtres peu argileux		30 à 120 cm Sables rougeâtres peu argileux
<b>P6</b> 30°30'41.0 N 2°55'25.2 E	0 à 120 cm Sables jaunâtres peu argileux	<b>P12</b> 30°28'16.2 N 2°54'36.2 E	0 à 30 cm Sables beiges très argileux caillouteux
			30 à 120 cm Sables rougeâtres peu argileux



**Figure 26:** Description visuelle de différents profils pédologiques du lac d'El-Maleh  
(1 à 6 : Profils du lac supérieur. 7 à 12 : Profils du lac inférieur)

L'investigation du lac d'El-Maleh, a donné pour l'ensemble profils pédologiques verticaux un ou deux horizons de différentes profondeurs (Figure 26) ; que ce soit pour la partie supérieure du lac ou la partie inférieure. Ces horizons sont caractérisés par la prédominance des sables avec certaines variétés comme : des sables beiges parfois marron peu à très argileux pour les profils qui ont des horizons de 0 à 30 cm, des sables jaune à rougeâtres parfois marron peu à argileux très argileux pour les profils qui ont des horizons de 30 à 120 cm, Sables jaunâtre, marron et parfois beiges peu à très argileux pour les profils qui ont de sont des horizons de 60 à 120 cm et des sables jaunâtres à rougeâtres peu argileux et parfois caillouteux pour les profils qui ont des ont des horizons de 0 à 120 cm.



**Figure 27:** Mode de prélèvement des échantillons à l'aide de tarière manuelle (LANOUAR, 2022).

## 2. Résultat d'analyse au laboratoire pour le sol du Lac d'El-Maleh

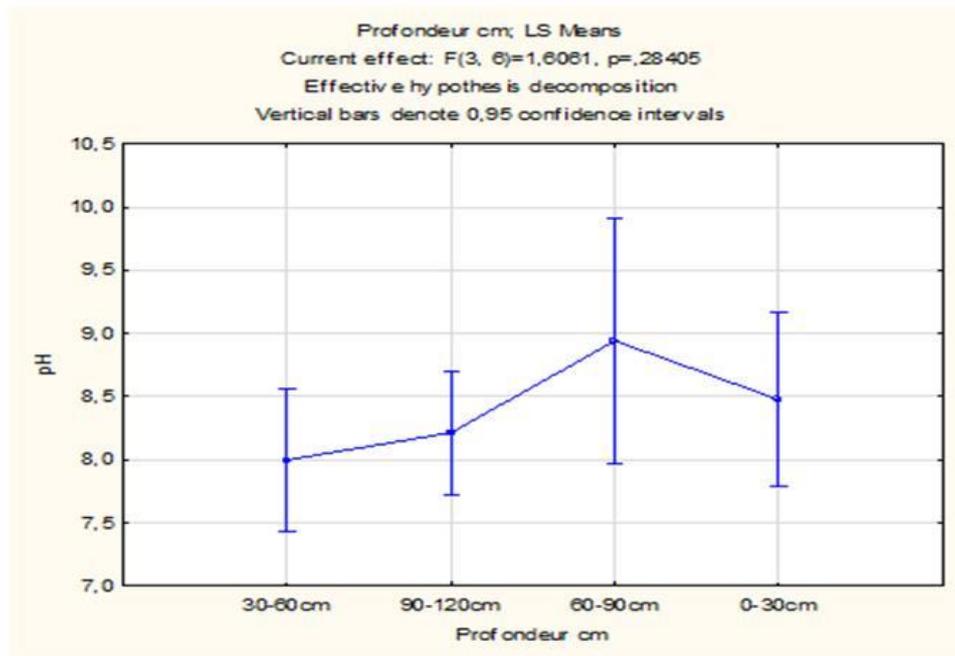
Les différentes analyses physico-chimiques effectuées sur le sol du lac d'El-Maleh sont:

### 2.1. Variation du pH du sol du lac El-Maleh en fonction de profondeur

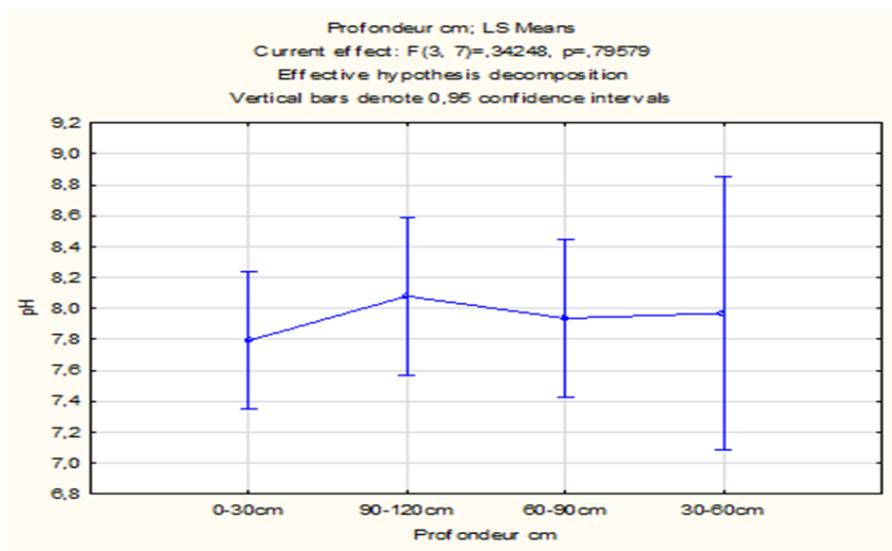
Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans le tableau (04) et sont interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 28, 29) :

**Tableau 05 :** Variation du pH du sol de lac El-Maleh en fonction de profondeur

lac supérieur			Lac inférieur		
Points	Profondeur (cm)	pH	Points	Profondeur (cm)	pH
P1	30 à 60	7,41	P7	0-30	8,03
	90 à 120	7,8		90-120	8
P2	30 à 60	7,97	P8	0-30	8,04
	90 à 120	8,37	P9	90-120	8,26
P3	30 à 60	8,61	P10	60-90	8,35
	90 à 120	8,3		0-30	7,17
P4	60 à 90	8,94	P11	60-90	7,45
P5	0 à 30	8,44		30-60	7,97
	90 à 120	8,39	P12	90-120	7,98
P6	0 à 30	8,51	0-30	7,93	
			60-90	8,01	



**Figure 28:** Variation du pH du sol de lac supérieur d'El-Maleh en fonction de profondeur



**Figure 29:** Variation du pH du sol de lac inférieur d'El-Maleh en fonction de profondeur

L'analyse du sol du lac supérieur d'El-Maleh (saumâtre), ramené au laboratoire, a montré un pH de 8.44 à 8.51 pour l'horizon superficiel (0 à 30 cm), de 7.41 à 8.61 pour l'horizon de profondeur de 30 à 60 cm, de 7.97 à 8.94 pour l'horizon de 60 à 90 et de 7.8 à 8.39 pour l'horizon de 90 à 120 cm (Tableau 04). L'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 28) montre que le pH des sols analysés n'a pas révélé un effet significatif du facteur point ( $p = 0,19 > 0,05$ ). Par contre l'analyse du sol de la partie inférieure du lac d'El-Maleh (sallé), a montré un pH de 7.17 à 8.04

pour l'horizon 0 à 30 cm, de 7.97 pour l'horizon de 30 à 60 cm, de 7.45 à 8.35 pour l'horizon de 60 à 90 et de 7.97 à 8.03 pour l'horizon de 90 à 120 cm (Tableau 04). L'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 29) montre que le pH des sols analysés n'a pas révélé un effet significatif du facteur point ( $p = 0,85 > 0,05$ ).

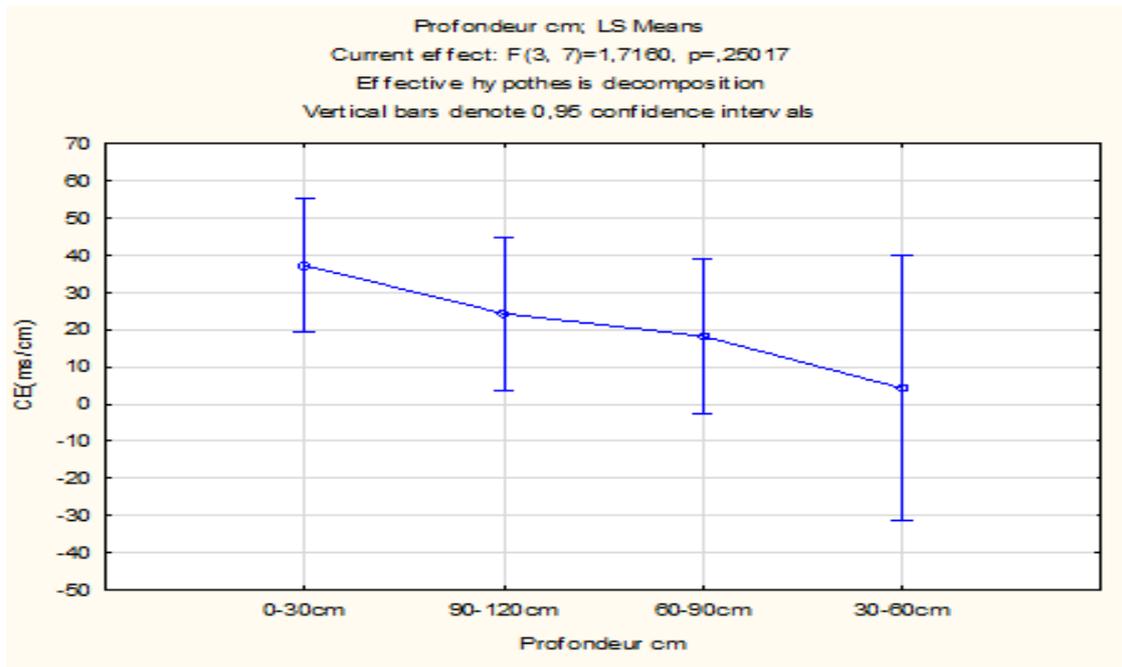
Les travaux de Sofrani et Ramdani en 2021, sur le sol de la région de Kaf Dokhan, ont montré un pH qui varie de 7,60 et 8,20 pour avant la station d'épuration (sol non pollué) avec une moyenne de 7,81 et de 7,2 à 7,9 pour des points après cette station (sol pollué en eau usée) avec une moyenne de 7,5 à 7,7, où l'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA d'un seul facteur a montré que le pH des sols analysés n'a pas révélé un effet significatif du facteur point ( $p = 0,89 > 0,05$ ). La même remarque a été établie par Chenini et Elgueroui (2019) pour le sol de Dayat Oum Soud (pas d'effet significatif du facteur profondeur ( $p = 0,42 > 0,05$ ), mais d'un pH qui varie entre 7,90 et 8,20 pour l'horizon 0 à 30 cm, 7,96 et 8,26 pour l'horizon de 30 à 60 cm et 8,04, 8,35 pour l'horizon 60 à 90 cm avec une moyenne de 8,05, 8,1 et 8,19 respectivement pour chaque horizon.

## 2.2. Variation de la Conductivité Electrique (CE) du lac d'El-Malehen fonction de profondeur

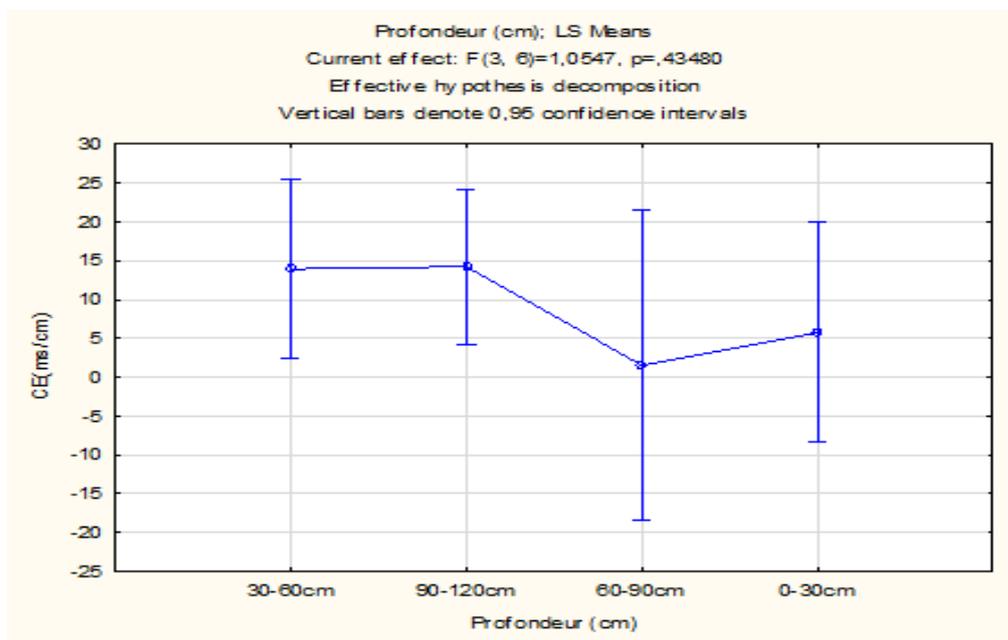
Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans les tableaux (05) et sont interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 30 et 31)

**Tableau 06:** Résultats de mesures de la Conductivité Electrique (CE) du lac El-Maleh en fonction de profondeur

lac supérieur			Lac inférieur		
Point	Profondeur (cm)	CE (ms/cm)	Point	Profondeur (cm)	CE (ms/cm)
P1	30-60	18,71	P7	0-30	36,4
	90-120	24,9		90-120	32,7
P2	30-60	16,3	P8	0-30	40,8
	90-120	9,76		90-120	36,8
P3	30-60	6,78	P9	60-90	5,5
	90-120	20,1	P10	0-30	18,66
P4	60-90	1,535		60-90	18,68
P5	0-30	3,58	P11	30-60	4,25
	90-120	2,2		90-120	3,55
P6	0-30	7,93	P12	0-30	53,5
				60-90	30,6



**Figure 30:** Variation de la Conductivité Electrique (CE) du lac inferieur d'El-Maleh en fonction de profondeur



**Figure 31:** Variation de la Conductivité Electrique (CE) du lac superieur d'El-Maleh en fonction de profondeur

Les mesures valeurs de la Conductivité Electrique (CE) des sols du lac supérieur d'El-Maleh, ont donné des valeurs de 7,93 à 3,58 ms/cm pour l'horizon superficiel de 0 à 30 cm (P5 et P6), pour l'horizon de 30 à 60 cm de P1, P2 et P3 on note 18,71 16,3 et 6,78 ms/cm respectivement pour chaque horizon de point. Cependant, ces mesures ont donné, pour l'horizon de 60 à 90cm ; des valeurs variées de 1,535 ms/cm pour le P4 et pour les sols qui se situent entre 90 et 120 cm, on note des valeurs variées de 24,9 ms/cm pour P1, de 9,76 ms/cm pour P2, de 20,1 ms/cm pour P3 et de 2,2 ms/cm pour P5 (Tableau 05). L'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA permet de constater que les valeurs de CE sont assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ( $p= 0,26 > 0,05$ ). Si nous considérons l'ensemble des valeurs de CE des quatre horizons ; une moyenne de 5.1 ms/cm a été notée pour les sols de l'horizon 0-30 cm avec un maximum de 20 ms/cm et un minimum de -7 ms/cm. Pour les sols qui se situent dans les horizons de 30 à 60 cm et 60 à 90 cm, la valeur moyenne de CE est de 2 à 14 ms/cm, dont le maximum est atteint de 25 ms/cm et le minimum est de -18 à 3 ms/cm. Pour l'horizon le plus profond (90 à 120 cm) la moyenne est de 14 ms/cm avec un maximum de 24 ms/cm et un minimum de 4 ms/cm (Figure 30). Par contre, les mesures des valeurs de ce paramètre (CE) des sols de lac inférieur d'El-Maleh, ont donné 36.4, 40.8, 18.55 et 53.5 ms/cm pour l'horizon superficiel P7, P8, P10 et P12 (0 à 30 cm), pour l'horizon profond P11 (30 à 60 cm) on a noté (4.25 ms/cm). Cependant, ces mesures ont donné, pour les sols qui se situent entre les horizons (60 à 90 cm) des valeurs variées de 5.5 , 18.55 et 30.6 ms/cm pour les points P9, P10 et P12) respectivement pour chaque horizons et pour les sols qui se situent entre les horizons (90 à 120 cm) dans les points P7, P8 et P12 des valeurs variées de 32.7 ms/cm (P7), 36.8 ms/cm (P8), 3.55 ms/cm (P12).

Les travaux de Sofrani et Ramdani sur la région de Kaf Dokhan en 2021 et Chenini et Elgueroui sur les sols de Dayat Oum Soud en 2019, ont donné les mêmes constatations. Lessols de la région de le Kaf Dokhan ont montré des valeurs de la CE assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ( $p= 0,87 > 0,05$ ), avec une moyenne de 1300  $\mu\text{S/cm}$  notée pour le premier point (P1), un maximum de 1800.10  $\mu\text{S/cm}$  et un minimum de 800  $\mu\text{S/cm}$ . En revanche, la moyenne la plus élevée de 1400  $\mu\text{S/cm}$  a été notée dans le point le plus éloigné de la station d'épuration (20 km) ; où le maximum le plus élevé est de 1900  $\mu\text{S/cm}$  avec un minimum de 890  $\mu\text{S/cm}$ . Les sols de Dayat Oum Soud présentent aussides valeurs de la CE assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ( $p = 0,76 >$

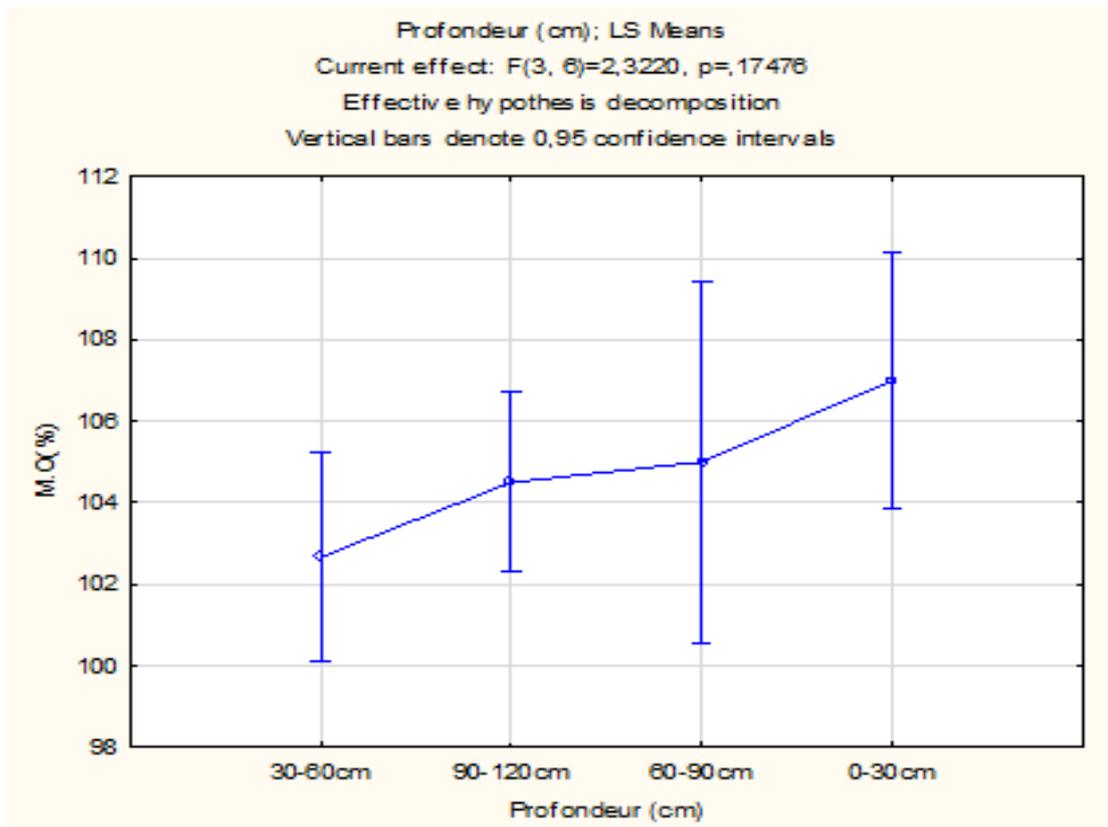
0,05) avec une moyenne de 1681.77  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'horizon (0-30 cm) avec un maximum de 2314,88  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et un minimum de 1060,20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Une moyenne de 1932,19  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un maximum de 2564,88  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et un minimum de 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'horizon de 60 à 90 cm. En revanche, la moyenne la plus élevée est celle notée dans l'horizon 60 à 90 cm (1990,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) avec un maximum et un minimum de 2624,82  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 1359,94  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement.

### 2.3. Variation de la matière Organique (MO) dans le sol du lac d'El-Maleh en fonction de profondeur

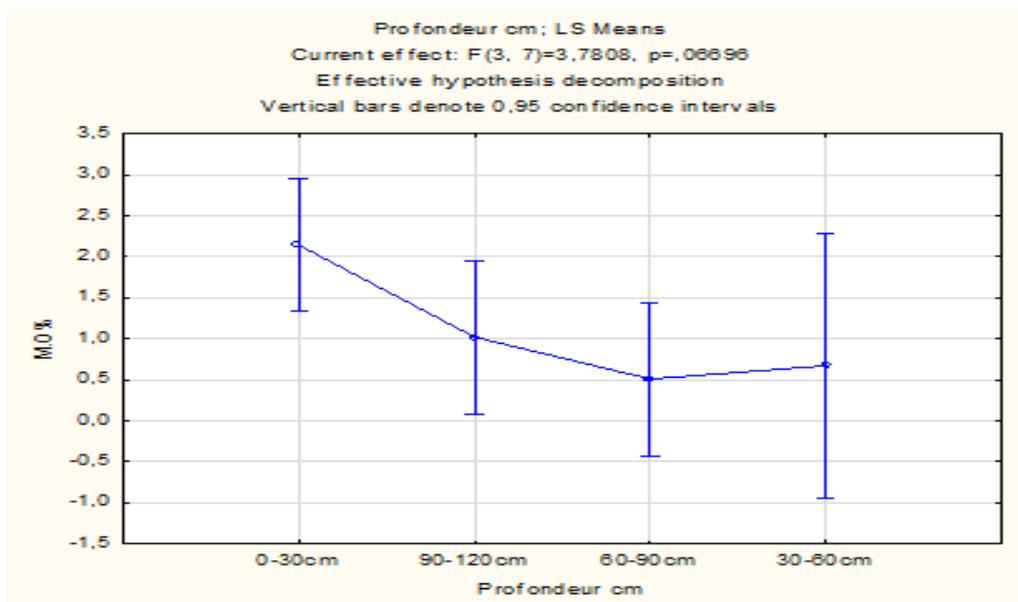
Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans le tableau (08 et 09) et son interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 32 et 33) :

**Tableau 07:** Résultats de mesure de la matière organique (MO) dans le sol du lac El-Maleh

lac supérieur			Lac inférieur		
Point	Profondeur (cm)	MO (%)	Point	Profondeur (cm)	MO (%)
P1	0-30	19,5	P7	0-30	1,398
	30-60	19,75		90-120	1,236
	90-120	14,75	P8	0-30	2,205
P2	30-60	19,75		90-120	0,833
	90-120	18,75	P9	60-90	0,672
P3	30-60	19,75	P10	0-30	3,576
	90-120	18,75		60-90	0,43
P4	60-90	18,75	P11	30-60	0,672
P5	0-30	17,5		90-120	0,995
	90-120	17,25	P12	0-30	1,398
P6	0-30	9		60-90	0,43



**Figure 32:** Variation de la matière organique (MO) dans le sol du lac supérieur d’El-Maleh en fonction des points



**Figure 33:** Variation de la matière organique (MO) dans le sol du lac inférieur d’El-Maleh en fonction des points

Les analyses du sol du lac supérieur d'El-Maleh, pour la matière organique, ont donné pour le P1 une teneur de 19,5 % pour l'horizon de 30 à 60 cm et de 19.75 % pour l'horizon 90 à 120 cm. Pour P2 et P3, ces analyses ont donné une teneur varie de 14.75 à 19.75 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 19.75 à 18.75 % pour l'horizon 90 à 120 m. Pour P4 la teneur en MO est de 18.75 % pour l'horizon 60 à 90 cm. Une teneur de 17,5 à 9 % a été notée dans les horizons de 0 à 30 cm dans le P5 et P6 (Tableau 06). La représentation de ces résultats sur diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 32), a montré que les valeurs de la matière organique enregistrées ont révélé une différence notable entre les six points d'échantillonnage et aucun effet assez significative ( $p= 0,63 > 0,05$ ). Néanmoins, elles présentent le maximum le plus élevé de 11.1 % et un minimum de 10.3 % pour les sols de l'horizon 0 à 30 cm. Pour l'horizon de 30 à 60 cm, le maximum est de 10.5 % et un minimum de 10 %. En revanche on note une moyenne de 10.5 et 10.3 % pour les profondeurs 60-90 et 90-120 cm respectivement. Par contre, les analyses du sol du lac inférieur d'El-Maleh, pour la matière organique, ont donné pour le point 7 et 8 d'échantillonnage une teneur de 1.398 et 2.205 % pour l'horizon 0-30 cm et 1.236 % et 0.833 pour l'horizon 90-120 cm, et le point d'échantillonnage 9 elles ont donné une teneur varie de 0.672 % pour l'horizon 60-90 cm, avec une teneur de 0.672 et 0.995 dans les profondeur 30-60 et 90-120 dans le point 11. D'autre parte pour les points 10 et 12 ont donné une teneur de 3.576 et 1.398 % pour l'horizon 0-30 cm, une teneur de 0.34 % on a noté dans les horizons de 60-90 cm (Tableau 06). L'interpolation de ces résultats sur diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 33) a donné que les valeurs de la matière organique enregistrées ont révélé une différence notable entre les six points examinés. Celle-ci n'est pas assez significative ( $p= 0,24 > 0,05$ ). Néanmoins, elles présentent le maximum le plus élevé en matière organique 2.9 % et un minimum de 1.4 % pour les sols qui se situent dans la profondeur 0 à 30 cm, on note maximale de 2.4 % et une valeur minimale de -1 % pour la profondeur 30 à 60 cm. En revanche on a noté une moyenne de 0.5 et 1 % pour les profondeurs 60 à 90 cm et 90 à 120 cm respectivement.

Bien que les teneurs de la matière organique enregistrées par l'analyse des sols de Dayat Oum Soud en 2019 (Chenini et Elgueroui) et Kaf Dokhan en 2021 (Sofrani et Ramdani) qui révèlent que la différence entre les horizons examinés n'est pas assez significative ( $p=0,13 > 0,05$ ) (sols de Dayat Oum Soud) et ( $p= 0,89 > 0,05$ ) (les sols de Kaf Dokhan). Néanmoins, le gradient décroissant de la matière organique est notée pour les deux sites, où

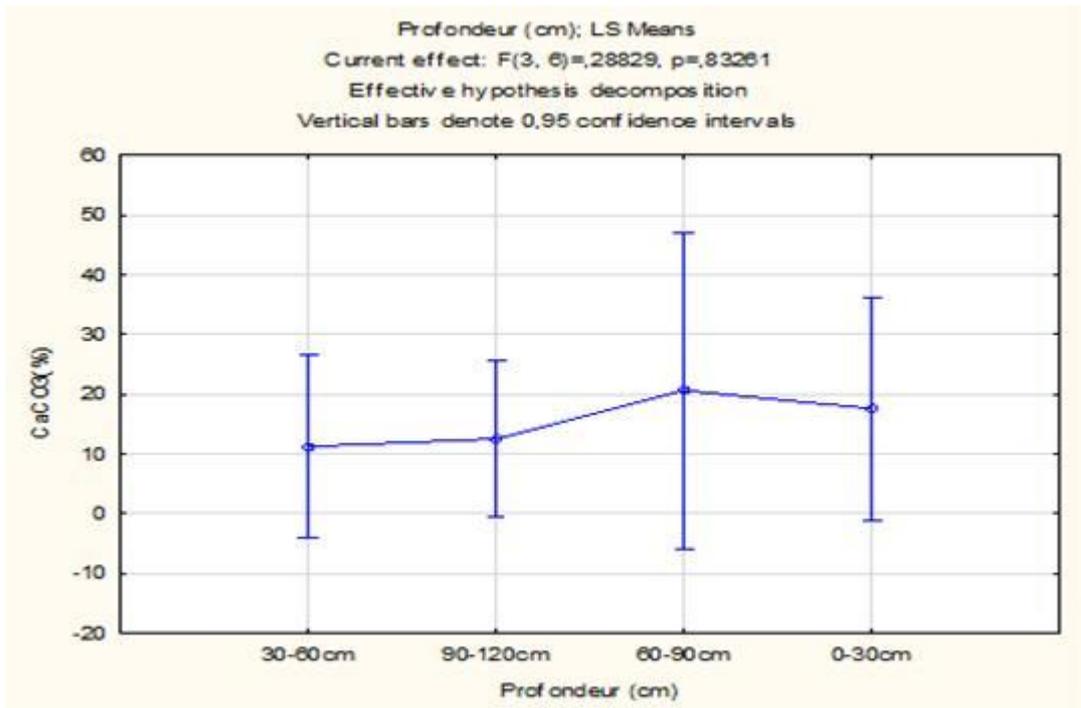
en note la teneur en MO dans les sols de Dayat Oum Souid est pour l'horizon de 0 à 30 cm elle est de 1,15 % avec une valeur maximale de 1.37 % et une valeur minimale de 0,92%, pour l'horizon 30 à 60cm elle est de 0,86 % et pour l'horizon 60 à 90 cm elle est de 0,87 %). Pour les sols de la région de Kaf Dokhan, cette paramètre pour les endroits qui se situent avant la station d'épuration, il est en maximal de 0.022 % et minimal de 0,004 % et après la station, on note que le maximum le plus élevé est de 0.025 % et le minimum est de 0.005 %.

#### 2.4. Variation de calcaire total (CaCO<sub>3</sub>) dans le sol du lac El-Maleh en fonction de profondeur

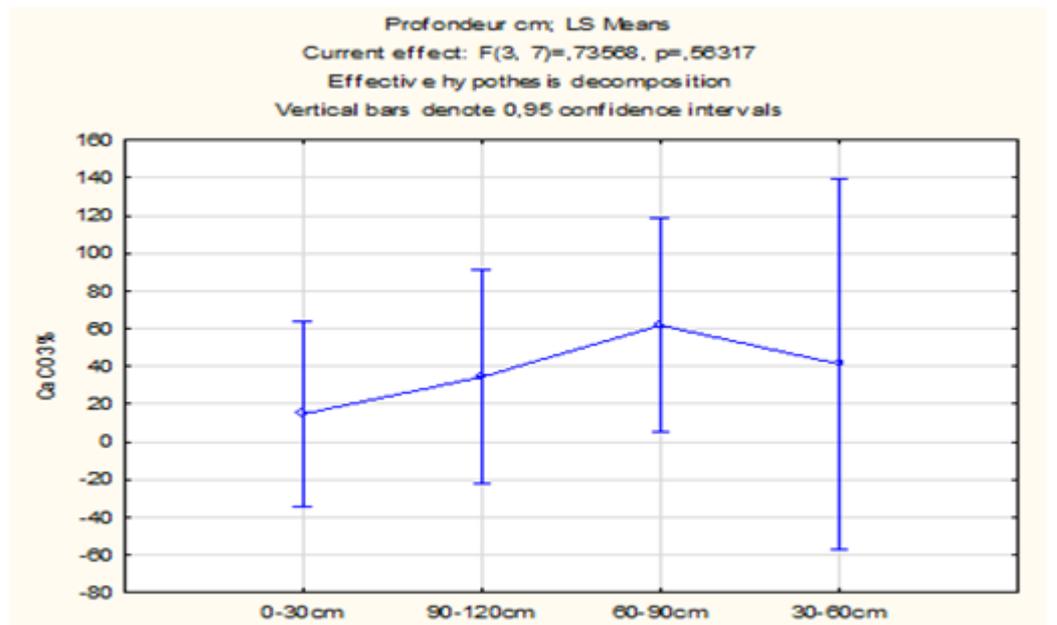
Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulé dans le tableau ci-après (Tableau 07) et sont interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur (Figure 34, 35).

**Tableau 08:** Résultats d'analyse du calcaire total (CaCO<sub>3</sub>) dans le sol du lac El-Maleh en fonction de profondeur

lac supérieur			Lac inférieur		
Point	Profondeur (cm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Point	Profondeur (cm)	CaCO <sub>3</sub> (%)
P1	30-60	16,5	P7	0-30	6,875
	90-120	7,17		90-120	3,47
P2	30-60	4,12	P8	0-30	5,79
	90-120	3,97		90-120	5,5
P3	30-60	13,2	P9	60-90	2,09
	90-120	6	P10	0-30	38,83
P4	60-90	20,62		60-90	110
P5	0-3cm	22,76	P11	30-60	41,25
	90-120	33		90-120	94,28
P6	0-30	12,45	P12	0-30	7,41
				60-90	73,33



**Figure 34:** Variation du calcaire total (CaCO<sub>3</sub>) dans le sol du lac supérieur d’El-Maleh en fonction de profondeur



**Figure 35:** Variation du calcaire total (CaCO<sub>3</sub>) dans le sol du lac inférieur d’El-Maleh en fonction de profondeur

Les résultats obtenus de l'analyse du calcaire total des sols ramenés de lac supérieur d'El-Maleh, ont montré que ce paramètre est de 16.5 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 7.17 % pour l'horizon de 90 à 120 cm pour P1 et pour P2 et P3, il est varié de 4.12 à 13.2 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 3.97 à 6 % pour l'horizon 90 à 120 cm. Pour le P4 on a noté un pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  égale 20,62 % pour la profondeur de 60 à 90 cm. En revanche le P5 et P6, le pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  est entre 12.45 et 22.76 % pour l'horizon de 0 à 30 cm et de 33 % pour l'horizon de 90 à 120 cm dans le P5 (Tableau 07 et Figure 34). L'interpolation de ces valeurs sur le diagramme ANOVA permet de constater que les valeurs de  $\text{CaCO}_3$  sont assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ( $p=0,40>0,05$ ). Si nous considérons l'ensemble des valeurs de  $\text{CaCO}_3$  des six points ; une moyenne de 18 % a été notée pour les sols qui se situent dans la profondeur 0 à 30 cm, une moyenne de 11, 20 et 26 % pour les profondeurs 30 à 60, 60 à 90 et 90 à 120 respectivement. Par contre, les résultats obtenus de l'analyse du calcaire total des sols ramenés de lac inférieur d'El-Maleh montrent que ce paramètre est de 6.875, 5.79, 38.83 et 7.41 % pour l'horizon 0 à 30 cm dans (P7, P8, P10 et P12), et de 2.09, 110 et 73.33 % pour l'horizon 60 à 90 cm du point d'échantillonnage (9, 10 et 12) et pour les points (7, 8 et 11) il est varié de 3.74, 5.5 et 94.28 % pour l'horizon 90 à 120 cm. Pour le P11 on a noté un pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  également 41.25 % dans la profondeur 30-60 cm (Tableau 07). L'interpolation de ces valeurs sur le diagramme ANOVA permet de constater que les valeurs de  $\text{CaCO}_3$  sont assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ( $p= 0,77 > 0,05$ ). Si nous considérons l'ensemble des valeurs de  $\text{CaCO}_3$  des six points une moyenne de 18 % a été notée pour les sols qui se situent dans la profondeur 0-30 cm, et une moyenne de 40, 60 et 39 % pour les profondeurs 30 à 60, 60 à 90 et 90 à 120 respectivement (Figure 35).

Comparativement aux travaux de Sofrani et Ramdani en 2021 sur les sols de Kaf Dokhan et de Chenini et Elgueroui en 2019 sur les sols de Dayat Oum Soud, ce paramètre est :

- De 5,23 % avant la station d'épuration et il est varié de 8.37 à 12.91 % pour l'horizon 0 à 40 cm, de 4.53 à 26.16 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 4.53 à 8.37 % pour l'horizon 60 à 90 cm, après la station (dans les sols de Kaf Dokhan).
- Il est varié de 1,16 à 13,6 % pour l'horizon de 0 à 30 cm, de 0.29 à 10,5 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 0 à 11.68 % pour l'horizon 60 à 90 cm (dans les sols de Dayat Oum Soud).

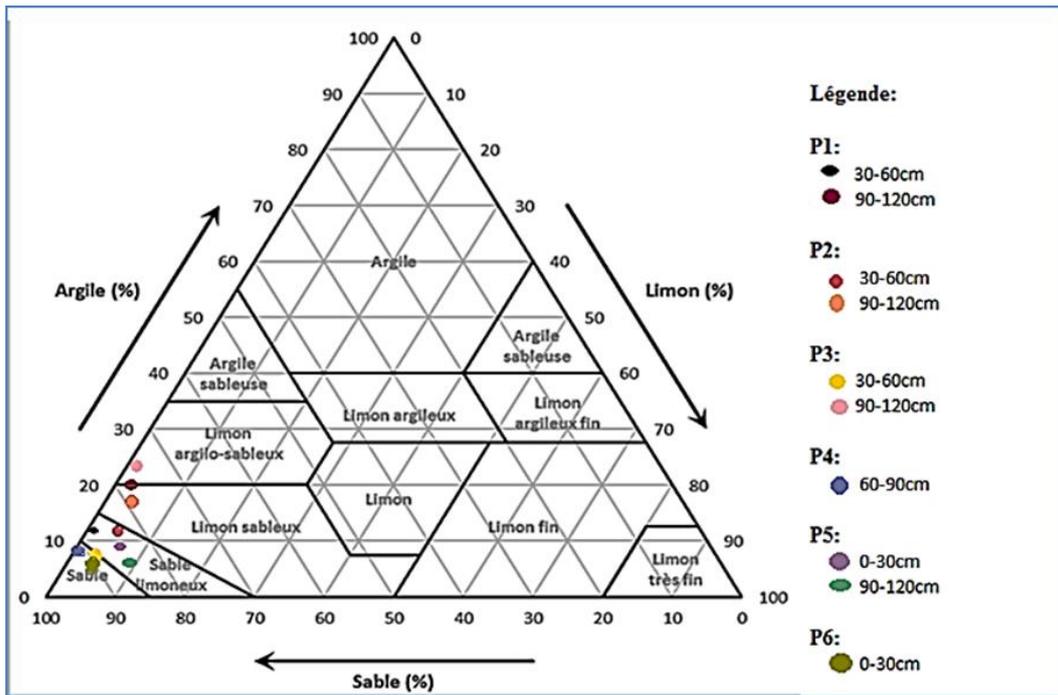
### 2.5. Analyse granulométriques de sol du lac El-Maleh en fonction de profondeur

Après l'achèvement des essais et le calcul de différents paramètres, les résultats obtenus sont résumés dans des tableaux (Tableau 08) et sont représentés sur des triangles de classification des sols (Figure 36, 37).

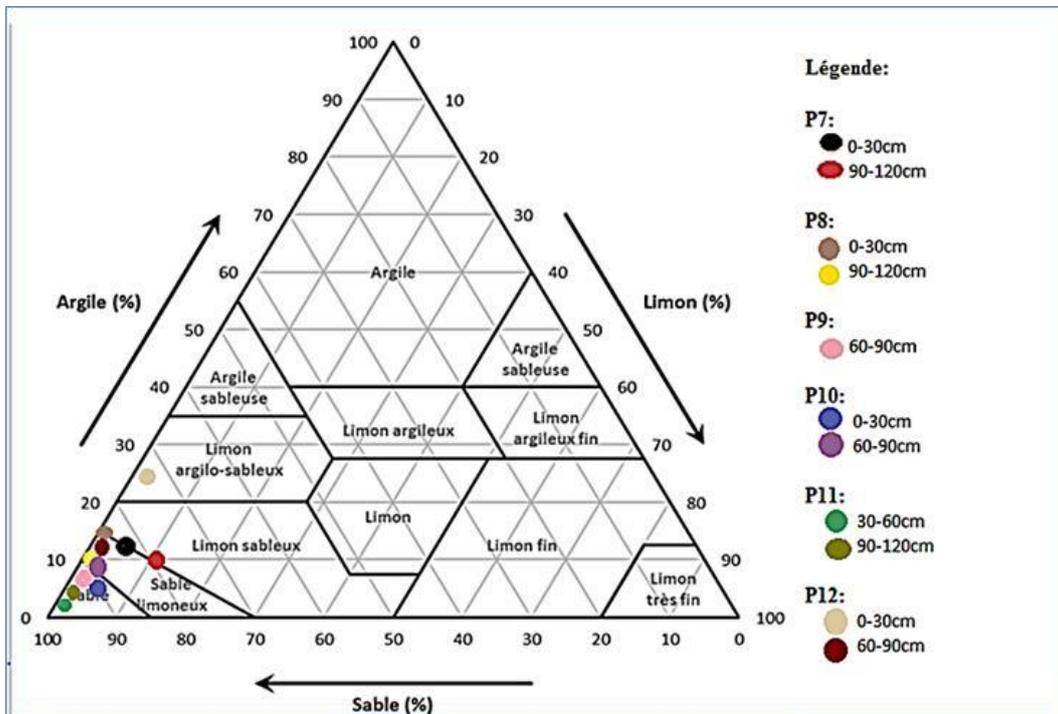
**Tableau 09:** Résultats d'analyse granulométrique de sols examinés du lac d'El-Maleh

lac supérieur				
Point	Profondeur (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
P1	30-60	12.72	0.72	86.56
	90-120	20.72	2	77.28
P2	30-60	12.72	4	83.28
	90-120	18	4.72	77.28
P3	30-60	6.72	4	89.28
	90-120	23.44	1.28	75.28
P4	60-90	8.72	0.72	90.56
P5	0-30	9.44	6.56	84
	90-120	6.72	10	83.28
P6	0-30	6.72	4.72	88.56

lac inférieur				
point	Profondeur (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
P7	0-30	14.16	6.56	79.28
	90-120	13.44	11.28	75.28
P8	0-30	15.44	1.28	79.28
	90-120	10	0.72	75.28
P9	60-90	8.72	1.28	89.28
P10	0-30	7.44	3.28	75.28
	60-90	10.72	2	91.28
P11	30-60	2.72	2	95.28
	90-120	4	0.72	93.28
P12	0-30	24.16	3.82	67.28
	60-90	14.16	1.84	79.28



**Figure 36:** Représentation des résultats sur le triangle de classification de sols examinés du lac supérieur d'El-Maleh



**Figure 37 :** Représentation des résultats sur le triangle de classification de sols examinés du lac inférieur d'El-Maleh

La représentation des résultats obtenus de l'analyse chimico-pondérale, par la méthode de Bouyoucos, sur les diagrammes de classification des sols, a donné, en général, pour les échantillons de sols examinés dans le lac supérieur d'El-Maleh : Pour le P1 à une profondeur de 30 à 60 cm sont des sables limoneux, à une profondeur de 90 à 120 cm, des limons argileux-sableux. Pour le P2 à une profondeur de 30 à 60 cm sont des sables limoneux, à une profondeur de 90 à 120 cm, des limons sableux. Pour le P3 à une profondeur de 30 à 60 cm, des sables, et à une profondeur de 90 à 120 cm, des limons argileux-sableux. Pour l'échantillon P4, des sables. Des sables limoneux pour le P5 aux profondeurs de 0 à 30 cm et de 90 à 12 cm. Pour l'échantillon P6 à une profondeur de 0 à 30 cm, des sables (Figure 36).

Pour les échantillons de sols examinés dans le lac inférieur d'El-Maleh: Pour le P7 aux profondeurs de 0 à 30 cm et de 90 à 20 cm, des sables-limoneux. Pour le P8 à une profondeur de 0 à 30 cm, des limons sableux, et des sables limoneux à une profondeur de 90 à 120 cm. Pour le P9 à une profondeur de 60 à 90 cm, des sables. Pour le P10, des sables, à une profondeur de 0 à 30 cm, et des sables limoneux à une profondeur de 60 à 90 cm. Pour le P11, des sables aux profondeurs de 30 à 60 cm et de 90 à 120 cm. Pour le P12 à une profondeur de 0 à 30 cm, des limons argilo-sableux, et des sables limoneux à une profondeur de 60 à 90 cm (Figure 37).

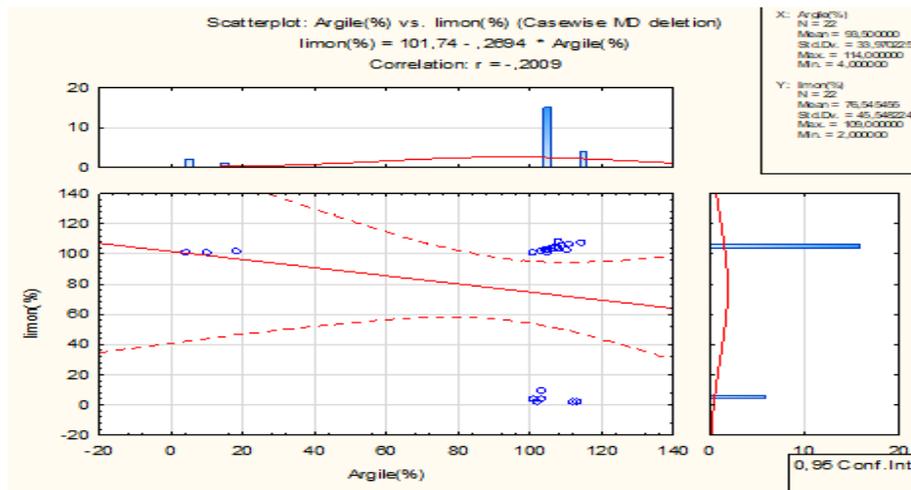
L'analyse chimico-pondérale de sols examinés dans le lac d'El-Maleh par la méthode moderne (densimètre de Bouyoucos) a donné: Pour le lac supérieur d'El-Maleh; un taux d'argile varie de 6,72 à 23,44%, un taux de limon de 0,72 à 10% et un taux de sable de 75,28 à 90,56% (Tableau 08). Pour les sols de lac inférieur d'El-Maleh a montré des taux un peu plus proches; un taux d'argile est de 2,72 à 24,16%, le taux de limon de 0,72 à 11,28 % et un taux de sable est de 67,28 à 95,28 % (Tableau 08).

### Analyse écologique

Les résultats de corrélation entre le poids des trois composants (Argile, limon et sable) dans les échantillons testés sont illustrés dans le tableau suivant (Tableau 09) et présentés dans les figures 38, 39 et 40.

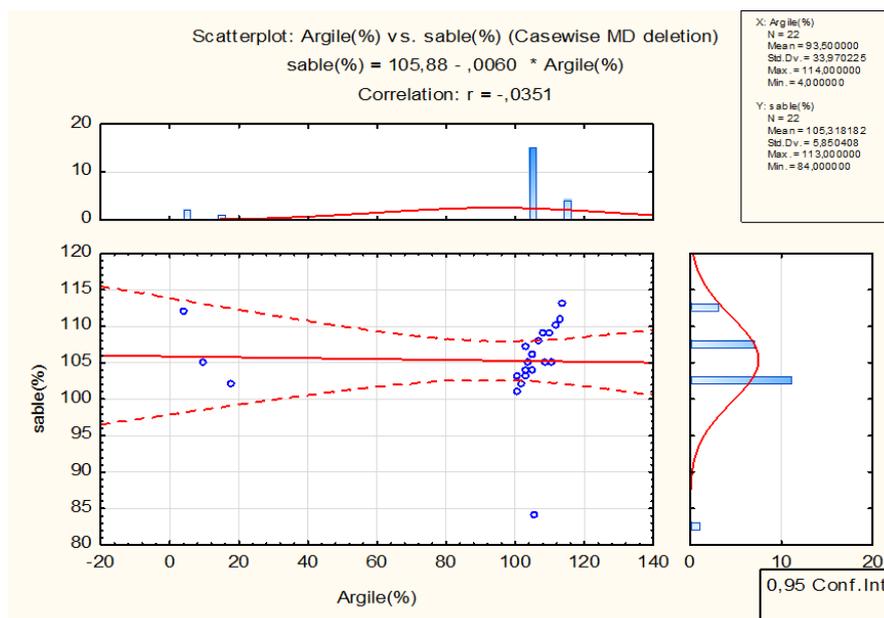
**Tableau 10:** Corrélation entre l'Argile, limon et Sable

	Means	Std.Dev.	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
Argile (%)	93,5000	33,97023	1,000000	-0,200936	-0,035102
Limon (%)	76,5455	45,54822	-0,200936	1,000000	-0,016765
Sable (%)	105,3182	5,85041	-0,035102	-0,016765	1,000000



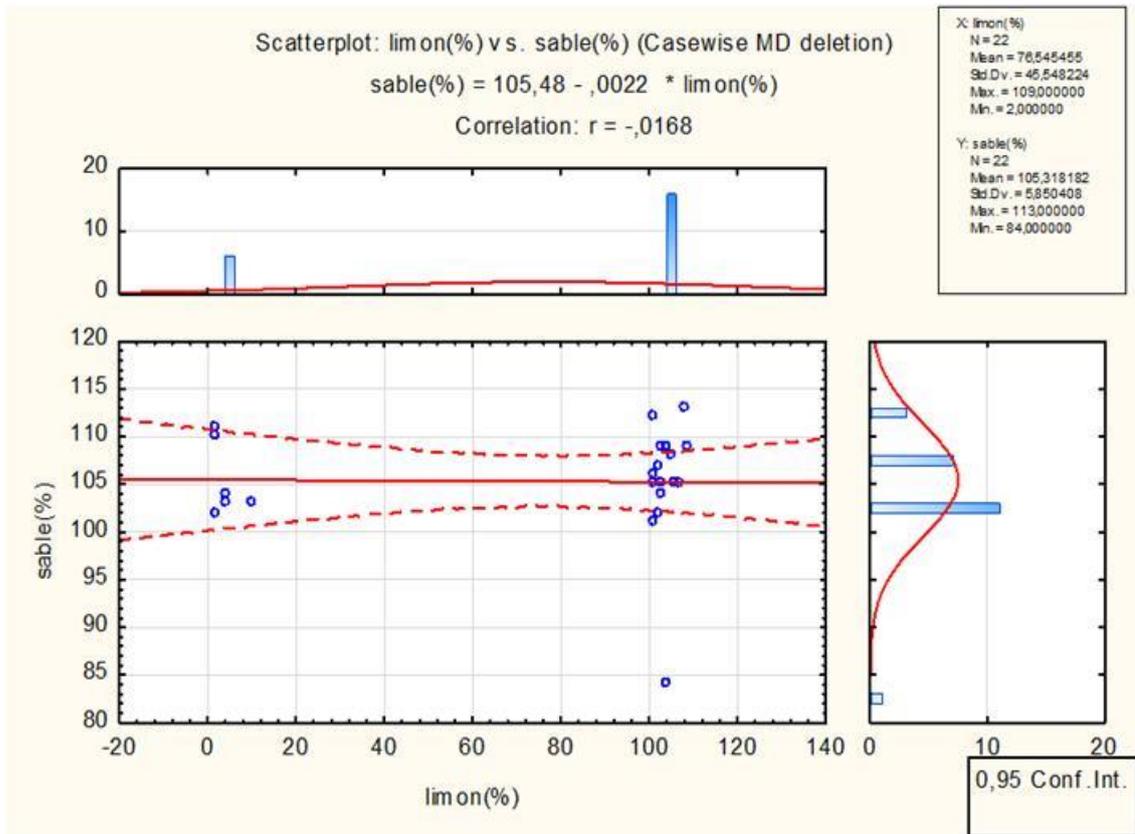
**Figure 38:** Corrélation entre l’argile et le limon.

La figure montre que l’argile est corrélé négativement et significativement avec le limon ( $r = -0,2009$  ;  $N = 22$  ;  $p < 0,05000$ ) ce qui signifie qu’il existe une relation proportionnelle inverse entre l’argile et le limon.



**Figure 39:** Corrélation entre le sable et l’argile.

Une corrélation négative et significative été observé entre le sable et l’argile ( $r = -0,0351$  ;  $N = 22$  ;  $p < 0,05000$ ) ce qui signifie qu’il existe une relation proportionnelle inverse entre le sable et l’argile.



**Figure 40 :** Corrélation entre le sable et le limon.

Il existe aussi une corrélation négative et significative entre le sable et le limon ( $r = 0,0168$  ;  $N = 22$  ;  $p < 0,05000$ ).

# **CONCLUSION**

### Conclusion

Le Sahara renferme des zones humides qui jouent un rôle écologique important, caractérise par la biodiversité floristique et faunistique. Cette zone humide est fréquentée par des oiseaux migrateurs.

Cette étude permet de mieux connaître le sol du lac El-Maleh à El-Menia se situant dans le Sahara algérien.

L'observation des résultats d'analyses de pH ont montré un sol moyennement alcalin (7,8 et 8,94). Montré aussi que le sol est riche en matière organique dans le lac supérieur qu'est légèrement salé dans les horizons du profil.

Par contre le lac inférieur caractérisé par un sol salé, est pauvre en matière organique (inférieur de 1 %).

Les résultats d'analyse granulométrique des sols du lac donner une texture limono sableuse pour les deux bassins du lac.

Cette étude qui a menée sur une petite surface du Lac El-Maleh a montré que les sols du lac et les sols des zones humides sahariennes sont des sols peu argileux, peu calcaire, et pauvre en matière organique.

Les résultats obtenus sont des résultats préliminaires qui ont permis de la première fois d'étudier les caractéristiques physico-chimiques des sols du Lac El-Maleh. Ces résultats doivent être confortés par la prise en compte de toutes les prochaines études.

Pour mieux comprendre les caractéristiques du sol de zone humide lac El-Maleh essayi de réaliser d'autre méthode et d'autre paramètre dans l'étude d'analyse.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

### Références Bibliographiques

1. **ABAIL, Z., (2013).** Notions sur les propriétés chimiques du sol et la nutrition des plantes. 35p.
2. **ANNANI, F., (2013).** Essai De Biotypologie Des Zones Humides Du Constantinois.
3. **Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) (2005).**Zones humides au sahara septentrional : Caractérisation et propositions d'aménagement. Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara - C I R E S S -. Ouargla, 12 et 13 décembre 2005, 22p.
4. **BAIZE, D., (1988).** Guide des analyses courantes en pédologie (éd. Inra). Paris.
5. **BAIZE, D., (2004).** Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation Interprétation. 2eme Ed INRA, Paris, 257p.
6. **BARNAUD, G.et FUSTEC, E., (2007),** conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ? Editions Quae
7. **BEDRA, R., (2011).** Contribution à l'étude de l'influence des types et doses d'engrais phosphaté sur une culture de blé dur (variété carioca) au niveau région d'El Goléa, UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA.94p
8. **BELERAGUEB, M., (1996).** Monographie agricole. Direction des services agricole, wilaya de Ghardaïa ; daïra El-Goléa ; commune El-Goléa. Pp : 1-6
9. **BENABDELI, K., (2010).** 50 Connaissances pour préserver l'environnement, 51p.
10. **BENBITOUR, S. ET BABAAMER, Z., (2019).** Study of the physico-chemical parameters characterizing the quality of El'menia Lake. Algeria, university of Ghardaïa, algeria.13p
11. **BENHALLOUCHE, et BENDAHMANE, I., (2015).** Ecologie de la reproduction des oiseaux d'eau adayet el-ferd (w. tlemcen). universiteabou-bekrbelkaid í tlemcen\_ doctorat, 20p, 123p
12. **BERRIMI, N., (2009).** utilisation des plumes comme indicateurs d'impregnation des oiseaux par les metaux dans le lac d'el golea, universite des sciences et de la technologie houari boumediene « usthb », magister.119p
13. **BERTHELIN, J. ; GIRARD, M. ; MICHAL, C. ; MOREL- JEAN, L. ; REMY, J. ; WALTER, C., (2011).**Sols et environnement. 2éme édition, Paris, 365 p.

## Références bibliographiques

---

14. **BOUKHALIFA, H. ; DOUAR, F., (2001)** : Analyse physico-chimique, inventaire et indices démographiques des populations Zoo planctoniques et aviennes du lac d'El Goléa.p12
15. **BOUMEZBEUR, A., (1996)** : Atlas des zones humides algériennes. D.G.F.p45.
16. **BOUTAIBA, S., (2008)**. Caractérisation biochimique et moléculaire de deux activités enzymatiques ; lipase et laccase produites par des archaebactéries halophiles isolées du lac d'El-Golea. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene \_ diplôme de DOCTORAT.
17. **CHEHMA, A. KOULL, N., HAMOUDA, N., (2016)**. Qualite des Eaux des Zones Humides du Bas Sahara Algerien = Water Quality of Wetlands of Lower Algerian Sahara. Université KasdiMerba- Ouargla, Département des Sciences Biologiques.13p
18. **Direction Générale des Forêts (D.G.F.) (2018)**. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar « 3- Sebket El Melah (Wilaya de Ghardaïa) »,15 p.
19. **Direction Générale des Forêts (D.G.F.) (2004)**. Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. 4ème edition,Ed, Direction Générale des Forêts, Alger, 107p.
20. **DAJOZ, R., (2006)**. – Précis d'écologie. 8 ème Edition, Ed. Dunod, Paris, 631 p.
21. **DAJOZ, R., (1971)**. Précis d'écologie. Ed. DOUNOD, Paris, 434p.
22. **GOBAT, J.M., ARAGNO, M., MATTHEY, W., (2010)**. Le sol vivant 3ème édition. Presses polytechniques et universitaires romandes. p 51-165-168.
23. **GOUNOT, M., (1969)**. Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. Ed. Masson, Paris.314 p.
24. **GUEDDOUL, M., (2019)**. Etude phytogéographique d'une zone humide du Bas Sahara Algérien (Chott Merouane et Oued Khrouf). Université EchahidHamma Lakhdar -El OUED\_ Master Académique, 113p
25. **GUERGUEB, E., (2016)**. Importance des zones humides des hauts plateaux centraux de l'Algérie pour l'avifaune aquatique : cas du Chott El-Hodna (wilaya de M'sila).153p
26. **HALITIM, A., (1988)**. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, p 384
27. **HEKER ..... et VIVES T., (1995)**. Statut et involontaire des zones humides dans la région méditerranéen, IWR, Press, Oxford UK. 146p.
28. **HOLLIS, G.E., (1989)**. The Modelling and Management of the Internationally Important Wetland at Garaet El Ichkeul, Tunisia. IWRB, Slimbridge. 121 pp

## Références bibliographiques

---

29. **KOULL, N., (2015).** (Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ).185p.
30. **MATHIEU, C. PIELTAIN, F. et JEANROY, E., (2003).** Analyse chimique des sols: méthodes choisies. Tec & doc, 376p.
31. **NOUMEUR, S. R., (2008).** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote tellurique de la région de Hamla (Batna). Magister, I.N.A., Alger, 74p.
32. **OULMANE, K., (2016).** Inventaire et écologie de l'avifaune aquatique du Lac ElGolea - SebketEl-Maleh- (wilaya de Ghardaia)»
33. **OZENDA, P., (1982).** Les végétaux dans la biosphère. Doin. Ed: Paris, 431p.
34. **OZENDA, P., (1991).** Flore du Sahara. 3ème Edition. Edition du centre nationale des recherché scientifiques, Paris, 662p.
35. **REZIG, A., (2011).** Etude du régime alimentaire de la Foulque macroule Fulicaatra. (Linnacus, 1758) à Chott El Maleh (El Goléa), UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, Ingénieur.77p.
36. **SAHNOUNE, R., (2014).** Analyse et caractérisation physico-chimique des sols d'entreposage de la station de pétrole (Bejaia).valorisation des ressources minérales. Mémoire master Académique. Université de Bejaia, p2
37. **SAIFOUNI, A., (2009).** Etat des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie.
38. **Secrétariat de la Convention de Ramsar (SCR) (2006).** Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 4<sup>ème</sup> édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 120p.
39. **Secrétariat de la Convention de Ramsar (SCR) (2013).** Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6<sup>ème</sup> édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 120p.
40. **Secrétariat de la Convention de Ramsar (SCR) (2016)-** Manuel Ramsar: Introduction à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 5<sup>ème</sup> édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 120p.
41. **SEDIR, N., (2013) :** Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes.p23.
42. **SPOSITO, G., (1997).**The Chemical Composition Of Soils. The ChemesteryOf Soils. Oxford University Press.New-York: P3-27

## Références bibliographiques

---

43. TOUBAL, O., (1986). Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). Cartographie au 1/25 000ème, U.S.T.M. Univ. Grenoble, Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, 111p.