

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Présenté par :

GHRIGA Chames El Houda

SMANIA Souad

Thème

**Contribution à l'analyse physico-chimique des sols
de la région de Ghardaïa (Algérie) : Cas d'Oued
Noumer**

Soutenu publiquement, le .../06/2023,

Devant le jury composé de :

Mme. MEBAREK OUDINA Asmahane	MAA	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. KHELLAF Khoudir	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Mr. BOUNAB Choayb	MCB	Univ. Ghardaïa	Co-Encadreur
Mr. BENSLAMA Abdelraouf	MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Louanges à Dieu, grand et miséricordieux de nous avoir donné la patience,
le courage et la volonté pour réaliser ce travail.*

*Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude s'adressent
à notre promoteur Mr. KHELLAF Khoudir Maitre de
Conférences B. à l'Université de Ghardaïa, qui a accepté de
nous encadrer. Nous le remercions infiniment pour son aide, ses
orientations sa patience et sa correction sérieuse de ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également à notre co-promoteur Mr.
BOUNEB Choayb. Maitre de Conférences B. à l'Université de
Ghardaïa,*

*Nous souhaitons tout particulièrement remercier vivement les
membres du jury, Mme. MEBAREK OUDINA Asmahane Maitre-
Assistant A. à l'Université de Ghardaïa et Mr. BENSLAMA
Abdelraouf, Maitre de Conférences B. à l'Université de Ghardaïa,
qu'ils ont accepté d'évaluer notre travail*

*Nous remercions aussi à l'ensemble des
laboratoires de l'université de Ghardaïa.*

Merci à tous

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à :

Celui que je porte son nom, que Dieu lui accord Long vie protégé mon père Mohammed.

La plus chère personne du monde : ma mère

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A les petits enfants : Mohammed, Fares, Moaad, Loai.

*A mes fidèles amies, A les plus près au mon cœur : Maria, Khadîdja, Aicha, Yousra,
Chames.*

Pour toute ma famille : Smania, Kabouche.

*A toutes les personnes qui m'ont soutenu, m'ont inspiré ou m'ont aidé durant Me
études supérieures.*

SOUAD

Dédicace



C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

A celui qui a fait de moi une fille courageuse, mon père

*Ames chers frères : Oussama, Bahaa el dine et
mes chers sœurs ; Djihad, Manel, Hadjer*

A les petits enfants Abrar et Djoud, Açil

Et le grand merci à ma chère Souad.

*A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom Ghriga et tout
qui occupe une place dans mon cœur.*

CHAMES

ملخص

تستخدم المنطقة الغربية لواد نومر (المنطقة المراد دراستها) كمجرى لمعالجة مياه الصرف الصحي في كاف الدخان (العطف غرداية) هذه المياه تتسرب عبر التربة وليس لدينا اي فكرة عن مدى تاثيرها(التلوث) وكذا المياه الجوفيه الموجودة في المنطقة , و لمعرفة مدى تأثير هذه المياه على التربة و لتحقيق هذا الهدف قمنا بأخذ عينات من نقاط عشوائية (على عمق 1.20 م) . وقمنا باجراء مختلف التحليلات المخبرية على هذه العينات (الحجر الجيري الكلي, درجة الحموضة , الناقلية الكهربائية, المادة العضوية , تحليل الوزن الكيميائي(طريقة بويوكس)) وقد كشف تحليل الوزن الكيميائي في المختبر عن نسيج رملي طيني وقد كشفت التحاليل الفيزيولوجية لهذه التربة عن درجة حموضة قلوية الى معتدلة, كما أظهرت نتائج التحاليل للناقلية الكهربائية أن هذه التربة مالحة الى مالحة قليلا وكذا محتوى معتدل من المواد العضوية ومحتوى منخفض إلى متوسط وأحيانا مرتفع وعليه فان الجودة الفيزيائية والكيميائية لتربة واد نومر تتأثر بشدة بتلوث المياه .

الكلمات المفتاحية: التحاليل الفيزيائية والكيميائية, التربة, واد نومر , غرداية .

Résumé

La partie Ouest de la région d'Oued Noumer (l'objet de notre étude), est utilisée comme un déversoir des eaux traitées par la station d'épuration de Kaf Dokhan, (El Atteuf-Ghardaïa). Ces eaux se percolent dans le sol ; et nous n'avons aucune idée sur leur effet ou impact (la pollution) sur ce sol ou sur les eaux des nappes existantes dans la région. Pour avoir une idée sur l'influence de ces eaux sur le sol dans la région, nous avons fait, d'une part, un échantillonnage aléatoire de l'horizon superficiel à l'horizon profond le plus possible (allant 1,20 m), et d'autre part, d'effectuer les différentes analyses sur les échantillons ramenés au laboratoire comme le calcaire total (CT), la conductivité électrique (CE), le pH, la matière organique (MO) et l'analyse Chimico-pondérale (méthode de Bouyocos), les analyses Chimico-pondérale ont révélé une texture sablo-argileux et les analyses physico-chimiques de ces sols ont révélé un pH moyennement alcalin, une conductivité électrique légèrement salée à salés une teneur, en matière organique faible et un taux de calcaire total faible à moyennement et parfois fort . Donc, la qualité physique et chimique du sol d'Oued Noumer est fortement influencée par la pollution des sols et des eaux.

Mot clés : analyse physico-chimique, sol, pollution, Oued Noumer, Ghardaïa.

Abstract

The Western part of Oued Noumer region (our study object) is used as a spill way of the sewage treated by the sewage treatment plant of Kaf Dokhan (El Atteuf Ghardaia). This water percolates in the ground, and we have no idea about its effect on the soil and on the underground water that exist in the area In order to get a clear about the impact of this used water on the ground, we have; on one hand, done a random sampling from the superficial horizon to the deepest possible horizon (Ranging 1.20m), and on the other hand, have carried out the various analysis on the sample brought back to the laboratory such as the total limestone, electrical conductivity, pH, organic matter and chemical-weight analysis (Bouycos method). the physico-chemical analysis of the soil indicate a medium alkaline pH, a slightly salty to completely salty electrical conductivity, a low organic matter and a low to medium levels of total limestone and sometimes strong As a result the physical and chemical quality of the soil of Oued Noumer is strongly affected by the land and water pollution that is in the region.

Keywords: physico-chemical , analysis, soil, pollution, Oued Noumer, Ghardaïa.

Liste d'abréviations

°C : Degré Celsius

T° : Température

DPAT : Département de Planification et de l'Aménagement du Territoire.

ONM : Office National de la Météorologie

% : Pourcent

°C : Degré Celsius

PH : potentiel Hydrogène

CT : Calcaire Total

CE : Conductivité Electrique

MO : Matière Organique

µS : Micro Siemens

Q₃ : Quotient pluviothermique d'Emberger

CEC : Capacité d'Echange Cationique

DBO : Demande Biologique en Oxygène

CaCO₃ : Carbonates de Calcium

HCl : Acide Chlorhydrique

d : Mesure du densimètre

d' : Mesure du densimètre après deux heures

P : Prise de Terre (poids)

ANOVA : Analyse de la Variance Aléatoire

H₂O₂ : Eau oxygénée

Na₆O₁₈P₆ : Hexametaphosphate de Sodium

Na₂ CO₃ : Carbonates de Sodium

SA : Sable Argileux

SPA : Sable Peu Argileux

STA : Sable Très Argileux

g : Gramme

Km : Kilomètre

DCO : Demande chimique en Oxygène

MES : Matière En Suspension

Liste des figures

	Titre	Page
Figure 1	Situation de la Wilaya de Ghardaïa (modifié).....	4
Figure 2	Précipitations de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat 2020)....	5
Figure 3	Température minimale, maximale et moyenne de la région de Ghardaïa en 2020 (Info climat, 2020).....	6
Figure 4	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliquée à la région de Ghardaïa (2020).....	7
Figure 5	Carte des pentes et de relief du bassin du M'Zab (Djili, 2018).....	9
Figure 6	Carte de localisation de la région d'étude (Google earth, 2023-modifiée).....	12
Figure 7	Image satellitaire de la région d'étude montrant la position des points d'échantillonnage.....	13
Figure 8	Etapas de mesure du pH surnageant dans des flacons bouchés	14
Figure 9	Protocole expérimental de dosage du calcaire total dans le Calcimètre de Bernard.....	15
Figure10	Etapas de mesure de la densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos. 1 et 2. Emplacement de l'échantillon dans l'éprouvette de Robinson, 3. Ajustement par l'eau distillée, 4. Agitation du contenu, 5. Introduction du densimètre et 6. Emplacement de thermomètre.....	18
Figure 11	Etapas de mesure de la densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos.....	19
Figure 12	Présentation ternaire des résultats d'analyse Chimico-pondérale et classification des sols d'Oued Noumer.....	22
Figure 13	Résultats de mesures de pH des sols de la région d'Oued Noumer...	23
Figure 14	Variation de pH dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).....	23
Figure 15	Résultats de CE mesure du sol de la région d'Oued Noumer.....	24
Figure 16	Variation de la Conductivité électrique (CE) dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).....	25
Figure 17	Résultats d'analyse du calcaire total (CT) des sols de la région d'Oued Noumer.....	26
Figure 18	Variation du calcaire total (CT) dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).....	26
Figure 19	Résultats de mesure de la matière organique (MO) du sol de la région d'Oued Noumer.....	27
Figure 20	Variation de la matière organique (MO) dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).....	28

Liste des tableaux

	Titre	Page
Tableau 1	Données climatique de la région pendant l'année 2020 (ONM, 2020).....	5
Tableau 2	Description visuelle et comparative des profils pédologiques d'Oued Noumer.....	20
Tableau 3	Résultats d'analyse Chimico-pondérale de sols examines.....	21
Tableau 4	Résultats d'analyses des eaux épurées de la station d'épuration De Kaf Dokhan –Ghardaïa- (ONA, 2021).....	29

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

ملخص

Résumé

Abstract

Liste D'abréviations

Liste Des Figures

Liste Des Tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région de Ghardaïa.....	4
1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa	4
1.2. Facteurs climatiques	4
1.2.1. Climat de la région	5
1.2.2. Pluviométrie	5
1.2.3. Température	6
1.2.4. Vents	6
1.2.5. Humidité relative	6
1.2.6. Evaporation.....	7
1.2.7. Insolation	7
1.3Synthèse bioclimatique.....	7
1.3.1. Diagramme Ombrothermique de bagnoles et Gaussen	7
1.3.2. Climagramme d'Emberger	7
1.4. Géomorphologie, pédologie et géologie de Ghardaïa.....	8
2. Généralités sur les sols.....	9
2.1. Définition du sol	10

Table des matières

2.2. Diverses phases du sol	10
2.3. Propriétés physiques de sol	10
2.4. Types de sol	11
2.5. Propriétés chimiques d'un sol	11
3. Présentation de site étudié.....	11
3.1. Situation géographique d'oued noumer	11
4. Méthode de travail	12
4.1. Choix de la région d'étude	12
4.2. échantillonnage sur terrain	12
4.3. Analyse au laboratoire	13

Chapitre II : Résultats et Discussions

1. Description visuelle des profils pédologiques sur terrain.....	20
2. Composition et pollution du sol.....	21
2.1. Analyse Chimico-pondérale des sols	21
2.2. Analyses physico-chimiques	23
2.2.1. Variation du pH	23
2.2.2. Mesure de la conductivité électrique (ce).....	24
2.2.3. Variation du calcaire total	26
2.2.4. Variation de la matière organique (mo)	29
3. Pollution des sols d'oued Noumer	30
Conclusion.....	32
Références Bibliographiques.....	34

Annexe

Introduction

Introduction

En Algérie, nous ne disposons que peu d'informations sur les sols, notamment sur le Sahara. Ce dernier dispose d'un territoire immense qui couvre environ trois quarts du territoire national (Kouzrit, 2010).

Le Sahara est une zone hyperaride caractérisée à la fois par son climat toujours peu pluvieux, parfois très sec et très irrégulier. Les sols présentent un certain nombre de caractères constants et une évolution lente. La profondeur est souvent réduite, la matière organique est peu abondante et superficielle, la structure est faiblement définie en générale et les éléments solubles sont concentrés en surface ou partiellement lessivés et accumulés en profondeur (Aubert, 1960). Selon les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, (les maximas dépassent 50 °C et les minimas varient entre 2 à 9 °C), tandis que le régime des vents se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991).

D'après Halitim (1988), les sols sahariens sont généralement des substrats géologiques modifiés par l'érosion, faute d'humidité suffisante, car les facteurs de la pédogenèse s'y trouvent très réduits. On distingue communément, parmi les sols désertiques, trois classes, les sols minéraux brutes, qui résultent de l'érosion et concerne la plus grande partie du Sahara, les sols peu évolués, où la maturation pédologique est très faible et les sols halo graphiques (Dutil, 1971).

Les sols sahariens sont naturellement très variés, mais en raison de la dureté des Facteurs climatiques, ce sont surtout ces facteurs qui imposent les caractères des sols (Ozenda, 1977).

Pour cela nous avons contribué, par le présent travail, à l'analyse physico-chimique du sol de la région de Ghardaïa (Centre du Sahara) notamment (d'Oued Noumer). Cette contribution s'articule sous les chapitres suivants :

Dans le premier chapitre nous avons présenté une synthèse bibliographique sur la région de Ghardaïa où nous avons abordé des généralités sur cette région (localisation, caractéristiques.) et puis la méthode du travail soit pour récupérer les échantillons (échantillonnages) sur le terrain ou au niveau de laboratoire pour réaliser les différents essais préconisés (Chimico-pondérale, calcaire total, matière organique, pH) et le matériel utilisé

Pour la réalisation de tous ces essais.

Le deuxième chapitre est réservé pour le traitement des résultats obtenus de ces analyses au laboratoire des sols de la région étudiée (d'Oued Noumer) et leurs interprétations.

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

Chapitre I

Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région de Ghardaïa

Dans cette partie nous essayerons de faire une identification générale des caractéristiques, Climatiques, géographiques, pédologique, Géomorphologique, Pédologique, géologique.

1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara Algérienne. Les coordonnées géographiques du chef-lieu de la wilaya sont 32° 30' de latitude Nord à 3° 45' de longitude Est (Figure 1). La wilaya comporte actuellement 10 communes regroupées en 8 daïras avec une superficie de 26.165 Km² (DPAT, 2021).

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km).
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km).
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km).
- Au Sud- par la Wilaya Meniaa (270 Km).
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad (350 Km).



Figure 1. Situation de la Wilaya de Ghardaïa (modifié).

1.2. Facteurs climatiques

Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et le comportement des animaux, notamment des rongeurs (Dajoz, 1971). Ils jouent un rôle

indispensable dans la distribution et la vie sur terre (Faurie et *al.*, 1980).

1.2.1. Climat de la région

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement saharien, il se caractérise par deux saisons : une saison chaude, sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars), avec une grande différence des températures d'Eté et d'Hiver (Tableau 1).

Tableau 1. Données climatique de la région pendant l'année 2020 (ONM, 2020).

Mois	Température (%)			H (%)	P (%)	Insolation
	Min	Max	Moy			
Janvier	4.78	21.5	13.14	45.3	0	250.1
Février	5.93	23.02	14.475	38.98	0	238.6
Mars	9.22	28.29	18.755	34.9	3.3	277.8
Avril	13.15	33.67	23.41	30.12	9.4	295.3
Mai	17.8	37.69	27.745	26.05	5.4	338.7
Juin	23.08	42.58	32.83	22.57	0	341.2
Juillet	27.74	45.65	36.695	19.26	0	344.8
Aout	26.63	43.6	35.115	24.35	0	288.5
Septembre	21.7	38.79	30.245	32.11	4.6	267.1
Octobre	16.59	34.38	25.485	38.62	0	253.4
Novembre	8.93	26.96	17.945	45.1	0.1	246.5
Décembre	5.49	21.29	13.39	51.83	0	289.0
Moyenne	15.09	33.12	24.10	34.01	22.8*	343.1

1.2.2. Pluviométrie

D'après info climat 2020 à Ghardaïa, les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles varient entre 0 mm à 5.30 mm entre les mois de Février et Avril et entre 9 mm et 12 mm pendant la période de Mai et de Décembre (Figure 2), Les pluies sont généralement torrentielles et durent peu de temps.

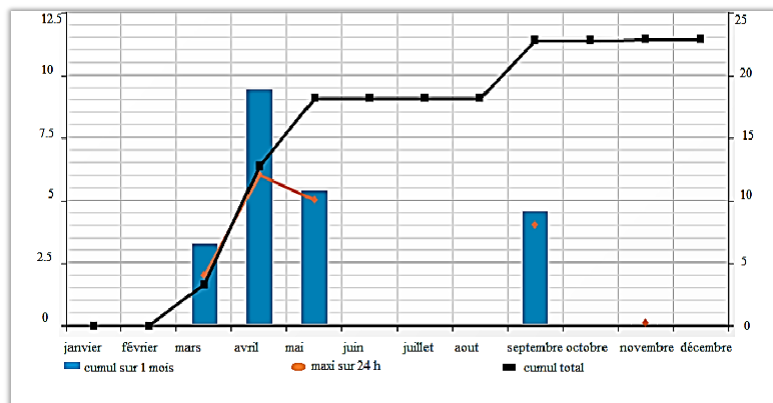


Figure 2. Précipitations de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat, 2020).

1.2.3. Température

La température est un élément fondamental du climat. Sa variation influe sur la l'évaporation des eaux, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration, et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux (Gouaidia, 2008). La température moyenne annuelle est de 22,627 °C, avec un maximum en juillet de 41,92 °C, et un minimum en janvier de 6,9 °C (Figure 3).

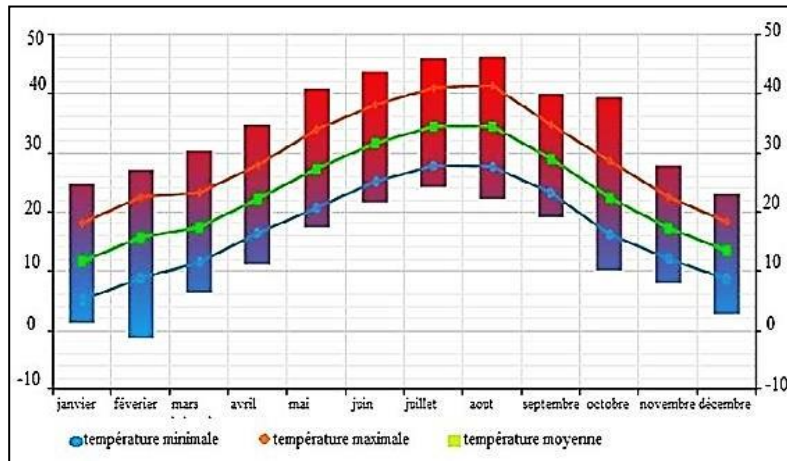


Figure 3. Température minimale, maximale et moyenne de la région de Ghardaïa en 2020. (Info climat, 2020).

1.2.4. Vents

Les effets du vent sont partout sensibles et se traduisent par le transport et l'accumulation du sable, le façonnement des dunes, la corrosion et le polissage des roches et surtout l'accentuation de l'évaporation...etc. (Monod, 1925). Ils sont de deux types l'un est les vents de sables en automne, printemps et hiver de direction Nord-Ouest et l'autre est les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction Sud-Nord ; sont très sec et entraînent une forte évapotranspiration, nécessitent des irrigations importantes. (Bensemaoune, 2008).

1.2.5. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en pourcentage, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante. C'est un élément atmosphérique très important puisqu'il station de Ghardaïa a 2020.

1.2.6. Evaporation

L'évaporation est l'un des facteurs caractérisant l'aridité d'une région. Dans la région de Ghardaïa le maximum d'évaporation est enregistré durant le mois de Juillet avec 41,67 mm, le minimum est enregistré durant le mois de Janvier avec 10,42 mm avec un cumul annuel moyen de 283,08 mm.

1.2.7. Insolation

L'ensoleillement est considérable dans la région de Ghardaïa, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année. Le degrés-jours de climaticien est 500 heures/an dans le mois de juillet et est 155 heures/an dans le mois d'octobre (Info climat, 2020).

1.3. Synthèse bioclimatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz, 1985). Il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région de Ghardaïa et préciser sa localisation à l'échelle méditerranéenne.

1.3.1. Diagramme Ombrothermique De Bagnouls et Gausson

Le tableau ci-dessus, présente les données de précipitations et de températures mensuelles pour l'année 2020. A partir de ces données, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but de déterminer la période sèche de la région de Ghardaïa.

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (Figure 4) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique.

- 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, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

1.3.2. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme pluviométrique permet de savoir à quel étage bioclimatique appartient la région d'étude, pour donner une signification écologique et caractériser le climat de cette région. Il est représenté par : En abscisse: la moyenne des températures minima des mois les plus froids ; En ordonnée: le quotient pluviométrique (Q3) d'EMBERGER. Le calcul de Q3 est permis grâce à l'utilisation de la formule de Stewart

(1969) donnée dans ce qui suit :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M-m).$$

- Q3 : Quotient pluviothermique d'Emberger;
 - P : Précipitations moyennes annuelles exprimées en mm calculé pour les 10 ans;
 - M : Moyennes mensuelles des températures maximales du mois le plus chaud en °C ;
 - m : Moyennes mensuelles de la température minimale du mois le plus froid en °C;
- 3,43 = Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

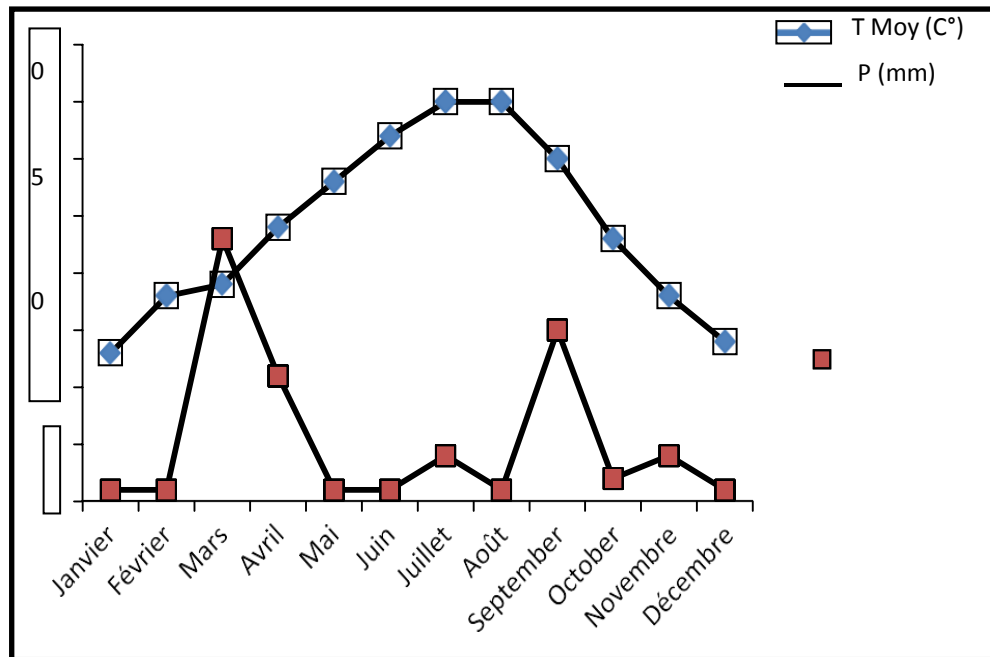


Figure 4. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliquée à la région de Ghardaïa (2020).

1.4. Géomorphologie, pédologie et géologie de Ghardaïa

Géomorphologiquement, la wilaya de Ghardaïa est caractérisée par des plaines dans le continental terminal (Figure5), des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km (Oulmane, 2016). Sur l'ensemble des paysages sahariens, le sable ne couvre qu'une faible partie de la surface (20 % environ). Les hamadas et les regs représentent l'essentiel du paysage ; les sols alluviaux et les sols à encroûtement ne constituent que des phénomènes locaux (Ozenda, 1991 ; Monod, 1992). Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques (DPAT, 2005) qui sont :

- La Chabka du M'Zab occupe une superficie d'environ 8000 km², représentant 21 % de la région du M'Zab (Coyne, 1989).
- La région des daïas occupe une petite partie de la région de Ghardaïa, présente dans la commune de Guerrara. Elle s'étend du Sud de l'Atlas saharien d'une part et jusqu'au méridien de Laghouat d'autre part (Coyne, 1989).
- Les sols de la région de Ghardaïa sont squelettiques suite à l'action de l'érosion éolienne. Cependant, ils sont souvent marqués par la présence en surface d'un abondant argileux de type « Hamada », alors que dans les dépressions, ils sont plus riches grâce à l'accumulation des dépôts alluviaux (Dubost, 1991 ; Kaci, 2005).
- La région des Ergs située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique Pliocène cette région est caractérisée par l'abondance des Regs qui sont des sols solides et caillouteux. Cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Atteuf (Coyne, 1989).

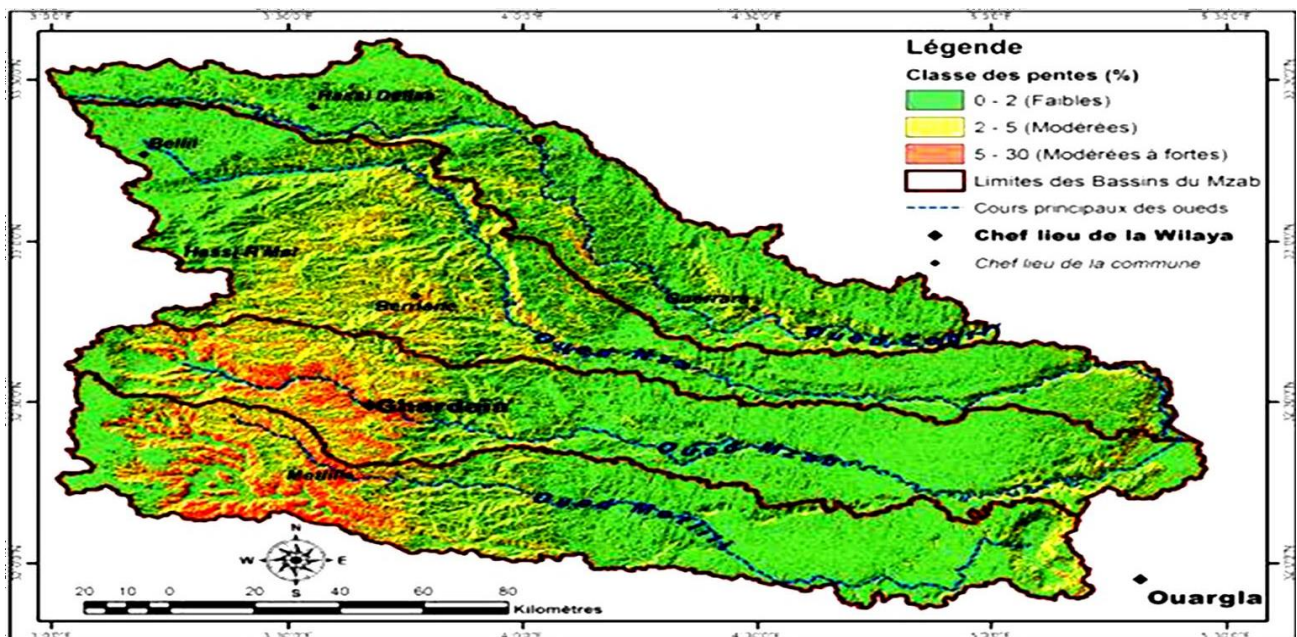


Figure 5. Carte des pentes et de relief du bassin du M'Zab (Djili, 2018).

2. Généralités sur les sols

Le sol avait considéré sous un angle véritablement pédologique, il prend une individualité propre différente de la roche-mère dont il est issu : il est constitué par les horizons supérieurs d'une roche qui a subi, plus ou moins un changement se traduit dans une certaine mesure dans la composition, la structure la couleur des produits d'altérations (Dokuchaev, 1883).

2.1. Définition du sol

Le sol est le matériel rocheux désagrégé plus ou moins décomposé, mélangé à de la matière organique qui provient de la décomposition des végétaux.

2.2. Diverses phases du sol

- **Phase solide** : Selon Rolland (1988), elle comporte:
 - Les éléments minéraux ;
 - Les colluvions et dépôt éoliens ;
 - Les éléments organiques.
- **Phase liquide** : C'est le volume qui remplit partiellement ou totalement les espaces libres (pores) compris entre les particules solides du sol. Il est composé d'eau et de substances minérales ou organiques soluble dans l'eau (Rolland (1988).
- **Phase gazeuse** : Elle occupe les espaces libres laissés entre les particules solides du sol et qui ne sont pas remplis par la phase liquide, la phase gazeuse est composée de gazes de même que l'air : vapeur d'eau et d'Oxygène, du dioxyde de carbone et d'Azote (Rolland, 1988).

2.3. Propriétés physiques de sol

- **Texture** : C'est la composition granulométrique du sol c'est-à-dire la proportion de chaque un de ses constituants solide qui ont des tailles différentes. Elle dépend de la nature des fragments de la roche mère ou des minéraux provenant de sa décomposition qui renferme la fraction minérale. L'analyse granulométrique permet de distinguer des éléments grossiers : caillou (supérieure à 2 mm), gravier (2 à 20mm), des éléments fins : sable (2 mm à 200µ), la limite inférieure des sables étant aussi 50µ dans certaines classification de la granulométrie et limon (entre 20 et 50 µm), argile (< 2 µ) (Benslama et Zanache, 1998).
- **Structure** : C'est le mode d'organisation de différentes particules du sol. Les particules isolées une fois assemblées apparaissent comme des particules plus grosses « grumeaux » il existe plusieurs types de structures : granuleuse, anguleuse, prismatique et lamellaire (Benslama et Zanache, 1998).

2.4. Types de sol

- **Sol sableux ou siliceux** : Il se compose d'au moins 70 % du sable, et a une texture rugueuse (Lizbith, 2019).
- **Sol argileux** : L'argile est un sol lourd, humide et visqueux qui non seulement retient l'eau, mais empêche également le dessèchement (Lizbith, 2019).
- **sol humifère** : C'est un sol fertile, de couleur sombre, plutôt compact, semblable à l'argile mais avec un apport nutritif beaucoup plus élevé (Lizbith, 2019).
- **Sol calcaire** : La couleur est claire, le sol est sec et il est souvent fragile en été, et il peut devenir boueux rapidement en cas d'averse; l'eau peut facilement pénétrer et est rapidement séchée par les premiers rayons du soleil. Enfin, il draine non seulement de l'eau, mais également des nutriments de la terre (Lizbith, 2019).
- **Sol franc** : Enfin, ce sol est un mélange équilibré de ces 4 sols, ce qui en fait un sol idéal pour diverses cultures des fleurs ou des légumes (Lizbith, 2019).

2.5. Propriétés chimiques d'un sol

- **pH** : Est le logarithme décimal de la concentration d'une solution ion H^+ (Mirsal2004).
- **Matière organique** : Est la matière carbonée produite en général par des êtres vivants végétaux, animaux, ou micro-organismes.

3. Présentation de site étudié

3.1. Situation géographique d'Oued Noumer

La région d'étude (Oued Noumer) forme le lit d'Oued M' Zab et se localise à l'Est de la commune d'El Atteuf à environ 7 km de la station d'épuration de Kaf Dokhan. Cette partie d'Oued forme le déversoir de rejet des eaux épurées de cette STEP qui est limitée (Figure 5):

- Au Nord, des terrains vierges ;
- A l'Est, la commune d'Atteuf ;
- Au Sud, la zone des sciences, l'Aéroport et le RN1 et RN49 ;

- A l'Ouest, le complexe pétrolier d'Oued Noumer.



Figure 6. Carte de localisation de la région d'étude (Google earth, 2023-modifiée).

4. Méthode de travail

4.1. Choix de la région d'étude

Des prospections de la zone ont été effectuées en Février et Mars 2023 pour en savoir plus sur le site en question (Oued Noumer). Cela a révélé que cet endroit est une zone humide non classée avec une faune et flore diverse. Cependant, en raison de son emplacement éloigné, il a reçu peu d'attention. Un échantillonnage a été mis en place pour étudier, caractériser, et mettre en évidence le potentiel du site.

4.2. Echantillonnage sur terrain

La réalisation de notre travail nécessite le matériel suivant :

- | | | |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1. Un GPS | 3. Des sachets en plastique | 5. Un Crayon |
| 2. Une Tarière manuelle | 4. Un bloc-notes | 6. Un appareil photo |

Pour atteindre notre objectif, nous avons opté pour un échantillonnage subjectif, où nous avons effectué d'une part, 20 prélèvements pédologiques pour 8 points à différente profondeur (allant 1,20 m), le long de la zone humide à l'aide d'une tarière manuelle (Figure 7).

Les points de prélèvements ont été définis par leurs coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) à l'aide GPS (Garmin, etrex 20X) selon le système de projection WGS 1984. Les échantillons sont transportés soigneusement au laboratoire dans des sachets bien scellés. Ils ont été séchés à l'air libre et au four, selon les conditions de mesure, puis broyés manuellement et tamisés en tamis de 2 mm pour obtenir la fraction fine sur laquelle les analyses physico-chimiques seraient effectuées (Aubert, 1978).



Figure 7. Image satellitaire de la région d'étude montrant la position des points D'échantillonnage.

4.3. Analyse Au laboratoire

Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'air libre et sont les tamisés à 2 mm puis analysés.

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

- a) **pH du sol** : Ce paramètre est déterminé par la mesure de la concentration en des ions H^+ dans un extrait aqueux (terre/eau) (1/5) par un pH-mètre (Mathieu et *al.*, 2003). Où à utiliser un pH-mètre, un Mélange de sol, une Balance digitale, un Agitateur rotatif et un béciers.

Mode opératoire (Figure 8):

- Peser 40 g de terre (< 2 mm) séchée à 40 C° dans un bécier.
- Ajouter 1000ml 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.

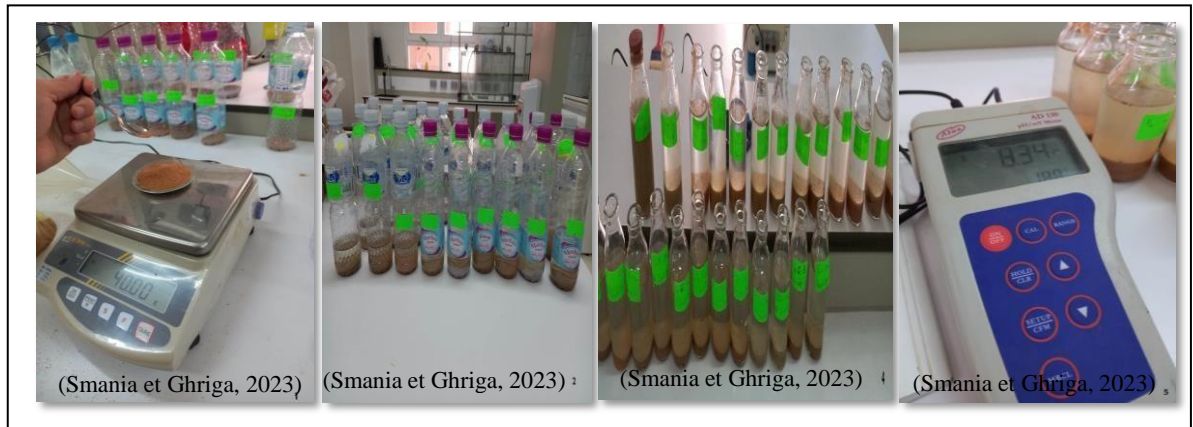


Figure 8. Etapes de mesure du pH surnageant dans des flacons bouchés.

b) Conductivité Electrique (CE) : Pour la mesurer un conductimètre de type (JEBWAY 3540) a été utilisé dans un l'extrait aqueux (terre/eau) (1/5) (Mathieu et *al.*, 2003). Cet essai nécessite aussi une balance digitale, un flacon bouché, un agitateur rotatif et un béchers (250 ml).

Mode opératoire : on a :

- En introduit 20 g de sol sec de diamètre inférieur à 2 mm dans un flacon bouché et en l'ajoute 100 ml d'eau déminéralisée ;
- En l'agiter durant 2h à l'aide d'un agitateur rotatif et en le laisse de décanter ;
- Transvaser le liquide surnageant dans un bécher de 250 ml ;
- Et en fin, en introduit le Conductimètre pour lire la valeur de CE.

c) Dosage de calcaire total : Est basé sur la mesure de CO₂ 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 :



Pour mesurer ce paramètre on à utiliser le Calcimètre de Bernard, une fiole à doigt, une pissette, un mélange du sol et une balance digitale. Pour les réactif on à préparer l'eau déminéralisée, l'acide chlorhydrique, l'HCl et les carbonates de calcium (CaCO₃).

Mode opératoire : pour réaliser cet essai, on fait l'étalonnage du Calcimètre de Bernard et en suite les étapes résumés dans la figure ci-après (Figure 9):

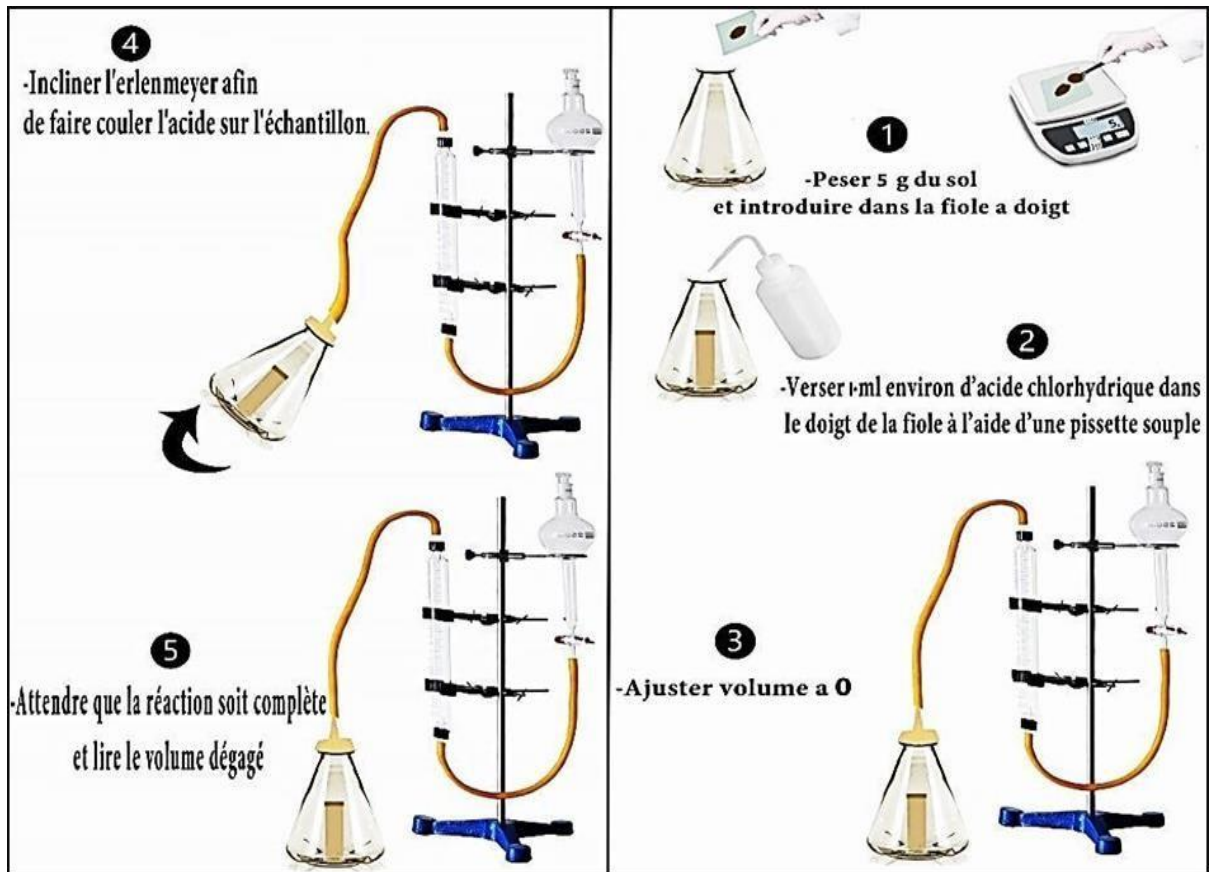


Figure 9. Protocole expérimental de dosage du calcaire total dans le Calcimètre de Bernard (Chenini et Elgueroui, 2019).

d) Dosage de la Matière Organique (MO) selon la méthode de Walkley

Pour réaliser cet essai on utilise une fiole jaugée (1000 ml)), un mélange de sol, une balance digitale, une burette, l'eau déminéralisée et un Tétramètre. Les réactifs utilisés sont : l'eau déminéralisée, l'acide sulfurique (H_2SO_4), les Bichromates de potassium p. a ($K_2Cr_2O_7$), les sulfates d'ammonium-fer (II) hexa hydraté ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_6 \cdot 6H_2O$) < sel de Mohr> Phénantroline 1-10 ($C_{12}H_8N_2, H_2O$).

Mode opératoire (Figure10)

- En prend un poids 1g(P) de terre broyée et on le met dans une fiole conique ;
- En ajoute 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ et agiter la fiole va-et-vient doucement ;
- En verser 20 ml de solution de H_2SO_4 dans la suspension et en l'agite pendant 1 mn.
- En le laisse de reposer 30 mn. On ajoute 6 gouttes de féroïen
- Ainsi l'oxydation peut se développer. Au bout de 30 mn ajouter 200 ml d'eau déminéralisée pour stopper la réaction.

Calcul : Le taux de la matière organique est calculé par l'équation ci-dessous,

Après avoir estimé le carbone organique ($C_{\text{organique}}$) à 58 % de la MO (Mathieu et al, 2003).

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

$$\text{MO (\%)} = \% C_{\text{organique}} \times 1,724$$

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

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.

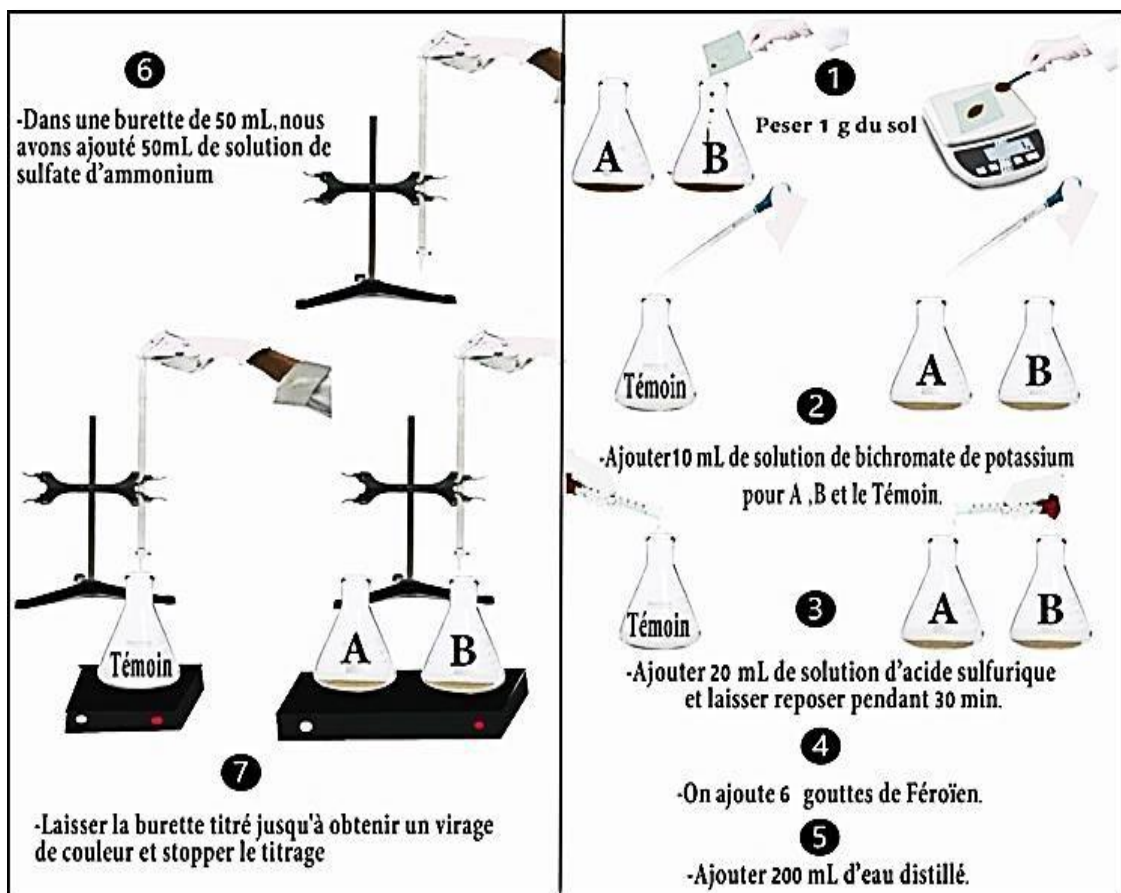


Figure 10. Protocole expérimental du dosage de la matière organique(Chenini et Elgueroui, 2019).

e) **Analyse Chimico-pondérale** : Le taux des composants essentiels du sol est déterminé à l'aide D'une balance, un bécher, une spatule, un papier film, l'eau oxygénée (H₂O₂), l'eau distillée,

Un agitateur, un bras mixeur, carbonates de sodium (Na₂CO₃) l'hexametaphosphate de sodium (Na₆O₁₈P₆), le Densimètre de Bouyoucos, l'éprouvette de Robinson, le chronomètre et le thermomètre.

Mode opératoire (Figure 11):

- En premier lieu, en prépare dans une éprouvette de 500 ml, une solution de 20 g d'hexametaphosphate de sodium (Na₆O₁₈P₆) et 10 g de carbonates de sodium (Na₂CO₃) et en ajuste par l'eau distillée jusqu'à 500 ml. Pour l'homogénéisation de la solution obtenue, elle doit s'agitée.
- En place 50 g d'échantillon dans des béchers pour éliminer la matière organique, par l'ajout de l'eau oxygénée H₂O₂ et en ajoute 60 ml de la solution dispersante ;
- En agite le mélange par un bras mixer pendant quelques minutes et en le verse dans l'éprouvette de Robinson qu'en l'ajuste par l'eau distillée à 1litre et en la ferme ;
- En agite l'éprouvette, encore une fois, et en laissée-la sur la payasse en même temps que le chronomètre est déclenché ;
- Le densimètre est soigneusement introduit dans la dispersion, 40s après on note (d) et (t).
- En retire le densimètre et deux heures après est l e réintroduit, et en notant (d') et (t') ;

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

$$X = (d + ((t - 20) * 0.36)) * \left(\frac{100}{p}\right)$$

$$Y = \left(d' + ((t' - 20) * 0.36)\right) * \left(\frac{100}{p}\right)$$

Avec X est % des limons + % des argiles, Y est % des argiles, X - Y = pourcentage de limon, 100 - X = pourcentage de sable, P est le 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 11. Etapes de mesure de la densité de liquide par le densimètre de Bouyoucos.

1 et 2. Emplacement de l'échantillon dans l'éprouvette de Robinson, 3. Ajustement par l'eau distillée, 4. Agitation du contenu, 5. Introduction du densimètre et 6. Emplacement de thermomètre.

Chapitre II

Résultats et discussion

1. Description visuelle des profils pédologiques sur terrain

Des sottes scientifiques à la région de Oued Noumer, ont été faites au mois de Février 2022 et Mars 2023, nous permettons, d'une part, de réaliser 8 profils pédologiques verticaux sur une profondeur (allant 1,20 m) à l'aide de la tarière manuelle : un profil (témoin) avant la station d'épuration d'El Atteuf et 7 après la station et d'autre part, elles nous aiderons à ramener des échantillons au laboratoire et de connaître ses caractéristiques pour chaque profondeur. La description visuelle des profils pédologiques réalisés sur terrain a été résumée dans le tableau ci-après (Tableau 2):

Tableau 2. Description visuelle et comparative des profils pédologiques d'Oued Noumer

Point	Profondeur (cm)	Couleur	Présence des Caillaux	Type de sol
Témoin (t)	00-30	Beige	-	SA
	30-60		++	SA
	60-90			
P1	00-30	Gris Verdâtre	+	SA
	30-60		+++	SPA
P2	00-30	Marron	-	S
	30-60		-	SA
	60-90		-	SA
P3	00-30	Marron	-	SPA
	30-60		-	
P4	00-30	Marron foncé	-	SA
	30-60	Verdâtre	+++	STA
P5	00-30	Marron	-	SA
	30-60	Noir	-	SA
	60-90	Noir	-	SA
P6	00-30	Marron	-	SA
	30-60	Noir	-	SA
	60-90	Noir	-	SA
P7	00-30	Marron	-	SA
	30-60	Marron	-	SA

D'après les travaux de terrain, le sol caractérisant cette région pour la majorité des profils pédologiques est de type sableux argileux caillouté et renferment beaucoup de racines. Cette lithologie est en concordance avec la localité du site ou l'itinéraire parcouru qui se suivent est le lit majeur d'Oued M'Zab.

2. Composition et pollution du sol

On parlera de pollution des sols en cas de forte concentration de composés chimiques dangereux pour la santé des plantes et des animaux. La mauvaise utilisation des terres reste une préoccupation majeure dans la prévention et le contrôle de la pollution.

Les caractéristiques des sols indispensables à connaître sont le pH, la texture, la composition et la richesse en matières organiques et chimiques.

2.1. Analyse Chimico-pondérale des sols

Les résultats obtenus des sols examinés sont récapitulés dans le tableau ci-après (Tableau 3) et représentés sur le triangle textural des sols (Figure12).

Tableau 3. Résultats d'analyse chimico-pondérale de sols examinés.

Profil	Profondeur (cm)	Sable (%)	Argile (%)	Limon (%)	Classe
t (témoin)	00-30	89,55	08,44	02,01	Sable Argileux
	30-60	96,58	01,89	01,53	
	60-90	90,04	08,49	01,47	
P1	00-30	86,13	10,09	03,78	
	30-60	88,06	10,09	01,85	
P2	00-30	86,20	12,16	01,64	
	30-60	84,13	12,16	03,71	
	60-90	86,20	12,09	01,71	
P3	00-30	82,06	16,16	01,78	
	30-60	87,91	06,23	05,85	
P4	00-30	70,77	23,87	05,35	
	30-60	68,49	28,01	03,49	
	60-90	62,63	31,94	05,42	
P5	00-30	78,99	19,73	01,28	
	30-60	58,70	33,87	07,42	
	60-90	74,77	21,80	03,42	
P6	00-30	68,85	25,80	05,35	
	30-60	82,77	15,80	01,42	
P7	00-30	68,84	25,80	5,352	
	30-60	82,77	15,80	1,424	

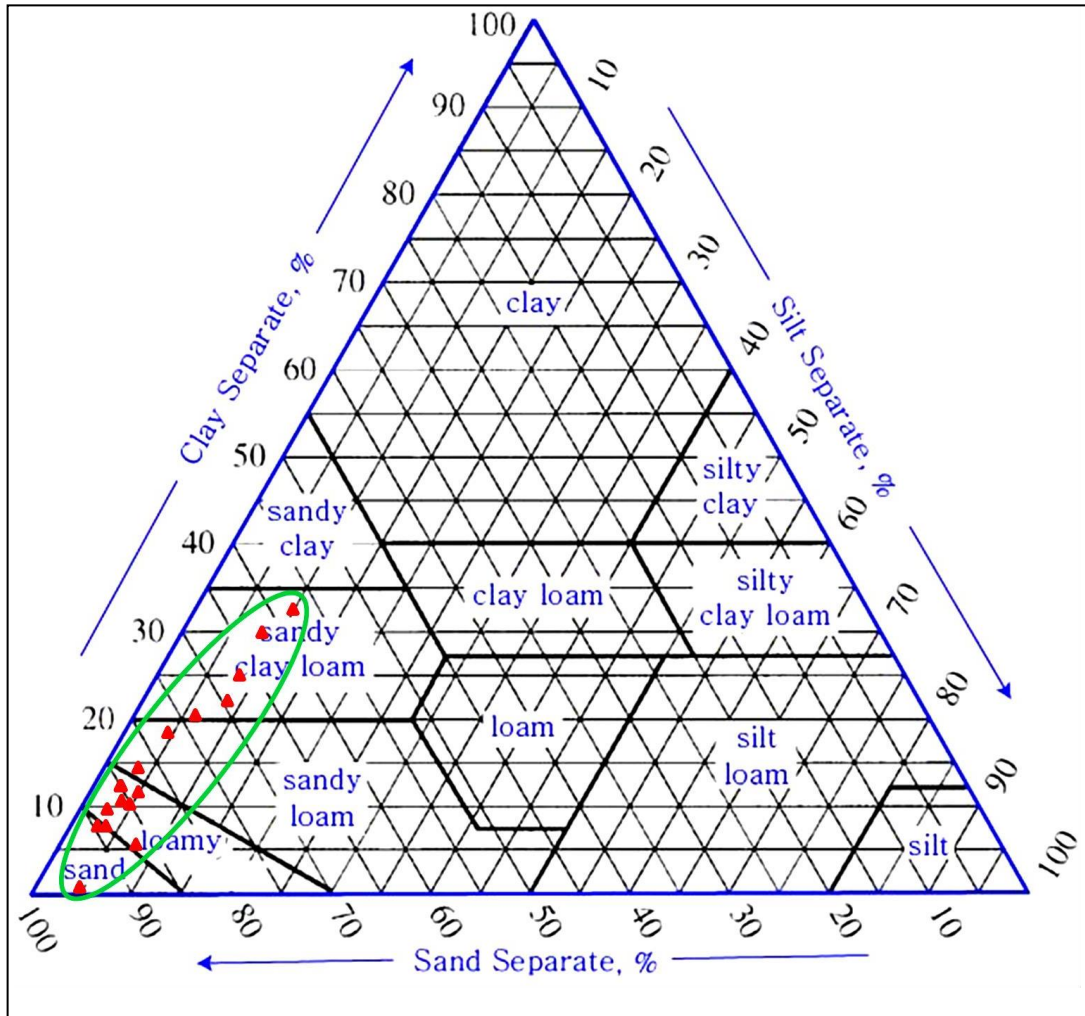


Figure 12 : Présentation ternaire des résultats d’analyse Chimico-pondérale et classification des sols d’Oued Noumer.

Le sol de la région d’Oued Noumer présente, pour l’horizon 0 à 30 cm, un taux de sable varie de 68.85 à 86.20 %, un taux d’argile entre 10.09 et 25.80 % et les limons sont de 1.28 à 5.85 %. Pour l’horizon 30 à 60 cm ; le taux du sable est de 58.70 à 88.06, les argiles sont de 6.23 à 33.87 % et le pourcentage des limons est de 1.42 à 7.42 %. L’horizon profond (60 à 90 cm) se caractérise par une teneur en sable varie de 74.77 à 86.20 %, un taux d’argile de 12.09 à 21.80 % et une teneur en limons de 1.71 à 3.42 %.

Ces résultats ne sont pas les mêmes que ceux enregistrés lors de l’analyse des sols du lac d’El-Maleh (Wilaya d’El-Menia) où elles ont trouvé: Pour le lac supérieur; 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% et pour les sols de lac inférieur d’El-Maleh(Wilaya d’El-Menia) ; le 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 % (Lanouar, 2022).

2.2. Analyses physico-chimiques

2.2.1. Variation du pH

Il est important de connaître le pH de son sol, car le choix des végétaux en dépend, ceux-ci se développeront mieux si ils sont plantés dans une terre dont le taux d'acidité correspond à leur besoin. Le pH influe sur la disponibilité d'éléments nutritifs présents pour les plantes

Les résultats obtenus de mesure du pH sont regroupés dans l'histogramme ci-dessous (Figure13) et son interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure14) :

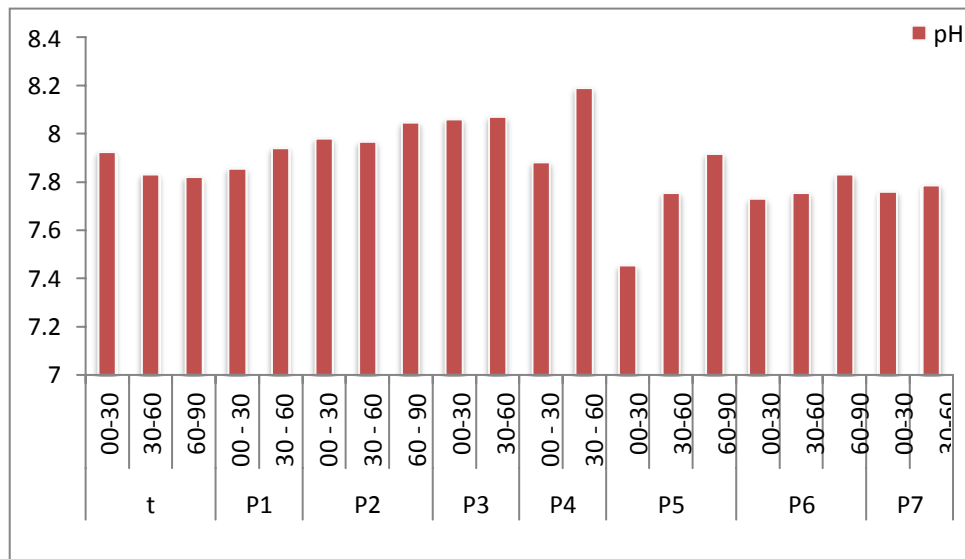


Figure 13. Résultats de mesures de pH des sols de la région d'Oued Noumer.

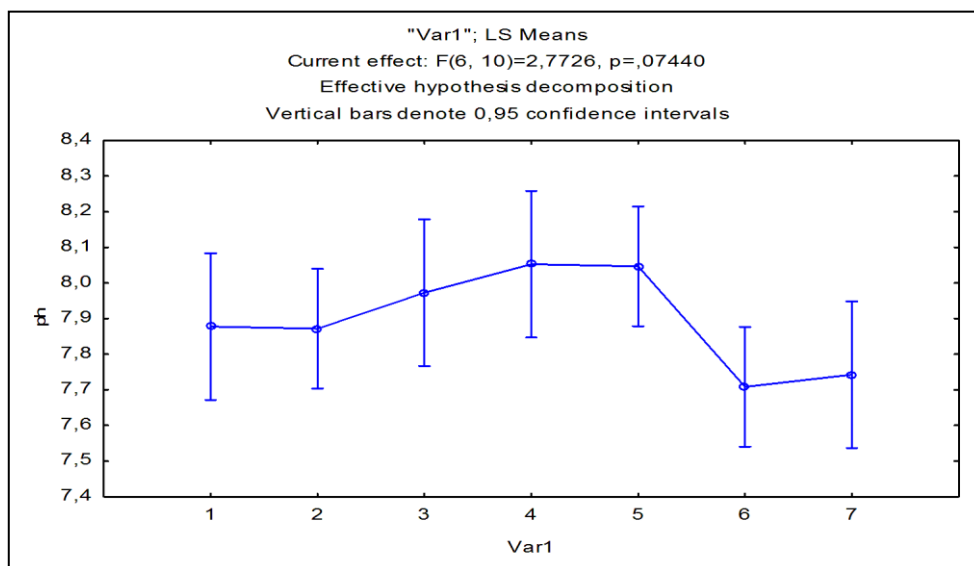


Figure 14. Variation de pH dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).

D'après la figure (Figure 13), les résultats obtenus de la mesure de pH du sol d'Oued Noumer révèlent un pH de sols de 7.83 pour l'horizon 0-30 cm, de 7.92 pour l'horizon 30-60 cm et de 7.80 pour l'horizon 60-90 cm au profil témoin (t) qui se situe avant la station d'épuration. La mesure de ce paramètre, pour les autres profils, a donné une moyenne de 7.45 (P4) à 7.98 (P2) pour l'horizon 0-30 cm, de 7.75 (P4) à 8.19 (P3) pour l'horizon 30-60 cm et de 7.83 (P5) à 8.04 (P2) pour l'horizon 60-90 cm (Figure 13). L'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 14), qui est réalisé afin d'étudier la différence entre les moyennes des dosages de pH en fonction de la profondeur, montre que la valeur de p est proche du seuil de signification de 0,05, avec une valeur de 0,07 (Morand, 2001), ce qui indique que les moyennes des échantillons sont différentes, ce qui signifie que le pH varie en fonction de la profondeur. La même observation a été donnée par Sofrani & Ramdani (2021) pour les sol de Kaf Dokhan qui montre un pH de 7.29 à 7.55 pour l'horizon 0-30 cm, de 7.82 à 7.53 pour l'horizon 30-60 cm et de 7.55 à 7.97 pour l'horizon 60-90 cm des sols analysés n'a pas révélé un effet significatif du facteur point ($p = 0,89 > 0,05$). Ainsi, Chenini & Elgueroui en 2019 ont donné que le sol du lac de Dayat Oum Souid n'a pas un effet significatif du facteur profondeur ($p = 0,42 > 0,05$), mais d'un pH varie entre 7,90 et 8.20 pour l'horizon 0-30 cm, 7,96 et 8.26 pour l'horizon 30-60 cm et 8,04 à 8,35 pour l'horizon 60-90 cm avec une moyenne de 8,05, 8,1, 8,19 respectivement pour chaque horizon.

2.2.2. Mesure de la Conductivité Electrique (CE)

Les résultats de cette analyse sont résumés dans l'histogramme ci-dessous (Figure15) et sont interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure16) :

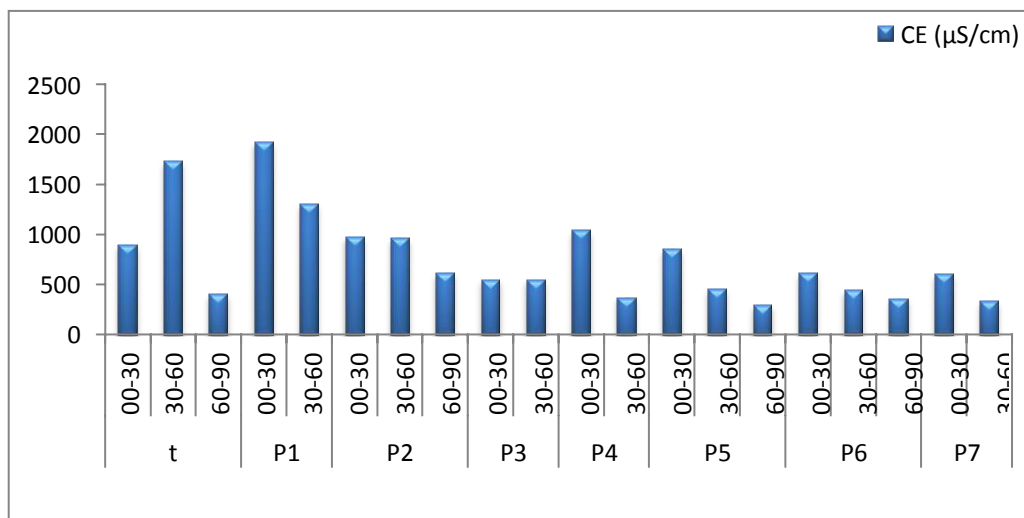


Figure 15. Résultats de mesure de la Conductivité électrique (CE) du sol de la région d'Oued Noumer.

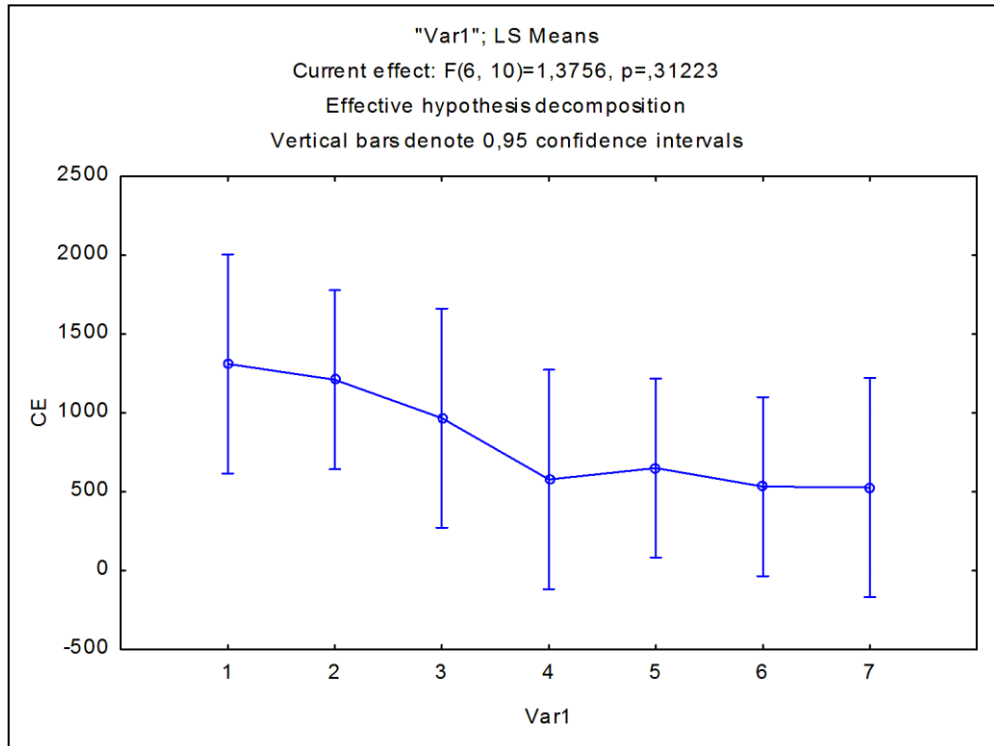


Figure 16. Variation de la Conductivité électrique (CE) dans les sols de la région d'Oued Noumer. (ANOVA).

Les valeurs de la Conductivité Electrique (CE) des sols, de la région d'Oued Noumer, au témoin (t) qui se localise avant la station d'épuration, sont de 895 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon superficiel (0-30 cm), de 1728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon 30-60 cm, de pour l'horizon 60-90 cm et de 401 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon 60-90 cm. Ainsi, que les valeurs de ce paramètre varient de 607(P6) à 1925 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P1) pour l'horizon 0-30 cm, de 330 (P6) à 1305 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P1) pour l'horizon 30-60 cm et de 293.5 (P4) à 612 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P2) pour l'horizon 60-90 cm (Figure 15). L'interpolation de ces valeurs sur le diagramme ANOVA montre une valeur de p supérieure au seuil de signification de 0,05 (Durand, 1983), avec une valeur de 0,31 (Figure 16); ce qui nous indique que les moyennes des échantillons ne présentent pas de différences significatives, ce qui suggère que la conductivité électrique est stable en fonction de la profondeur

Cependant, les travaux de Sofrani & Ramdani (2021) sur les sols de Kaf Dokhan, ont donné des valeurs variées de 1102 à 1557 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon de 0 à 30 cm, 816 à 1544 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon profond de 30 à 60 cm et de 883 à 1154 $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'interpolation de ses 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 ($p=0,87 > 0,05$). Les mêmes constatations sont enregistrées, pour les analyses des sols de

Dayat Oum Souid, en 2019, par Chenini et Elgueroui, où les valeurs de la CE aussi sont assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ($p = 0,76 > 0,05$).

2.2.3. Variation du calcaire total

Les résultats obtenus de cet essai sont regroupés dans l'histogramme ci-après (Figure17) et sont interpolés sous forme diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-dessous (Figure18).

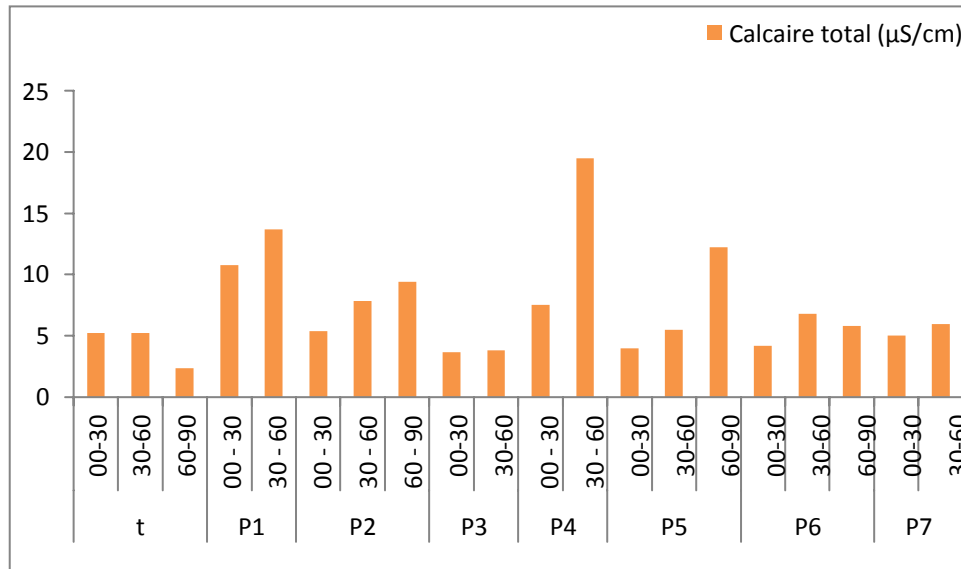


Figure 17. Résultats d'analyse du calcaire total (CT) des sols de la région d'Oued Noumer.

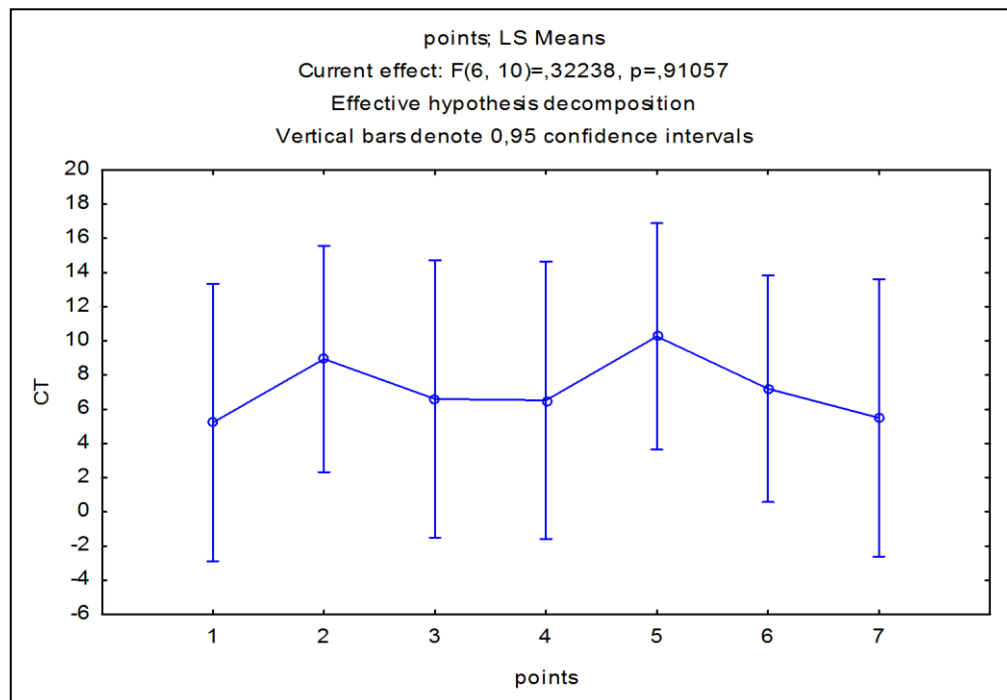


Figure 18. Variation du calcaire total (CT) dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).

Les résultats obtenus de l'analyse du calcaire total des sols ramenés de la région d'Oued Noumer montrent que ce paramètre, pour le témoin, est de 5,23 % pour l'horizon 0 à 30 cm et l'horizon 30 à 60 et de 2.37 % pour l'horizon 60 à 90 cm. Cependant, ce paramètre est varié de 3.64 à 10.78 % pour l'horizon 0 à 30 cm, de 3.80 à 19.48 % pour l'horizon 30 à 60 cm et de 5.78 à 12.20 % pour l'horizon 60 à 90 cm (Figure 17).

Le calcaire total n'est pas affecté par la profondeur, comme le montre le test AVOVA (Figure 18) où la valeur de p largement supérieure au seuil de signification de 0,05 (0,91) (Morand, 2001) ; ce qui nous indique, donc que le calcaire total reste stable en fonction de la profondeur. En revanche Sofrani et Remdani en 2020, ont donné une teneur en calcaire total, ^pour le sol de Kaf Dokhan, de 8.37 à 12.91 % pour l'horizon 0 à 30 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. Les travaux de Chenini et Elgueroui (2019), sur les sols de Dayat Oum Souid, montrent que ce paramètre 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.

D'après ces résultats en marque que les horizons traversés par la tarière sont caractérisés, une teneur en carbonates de calcium moyenne où elle dépasse 12 % ; ce qui signifié que le sol étudié est calcareux et l'origine de ces carbonates est le lessivage des formations géologiques préexistantes qui sont des calcaires (berges d'Oued).

2.2.4. Variation de la matière Organique (M.O)

Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans l'histogramme ci-dessous (Figure 19) et son interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 20) :

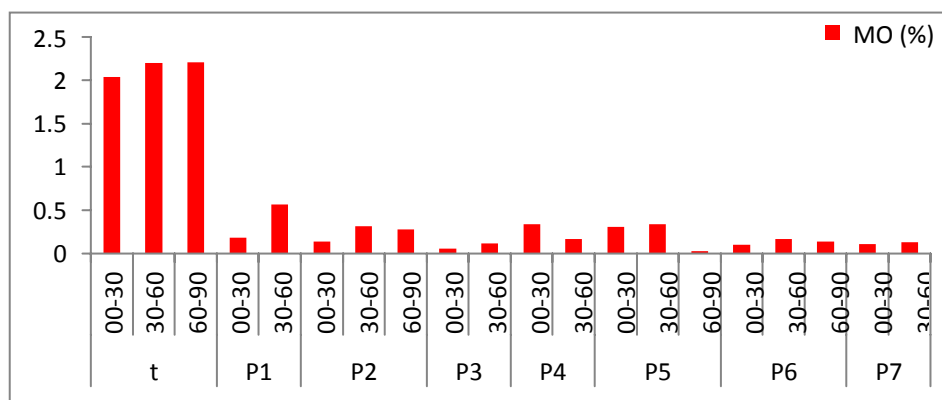


Figure 19. Résultats de mesure de la matière organique (MO) du sol de la région D'Oued Noumer.

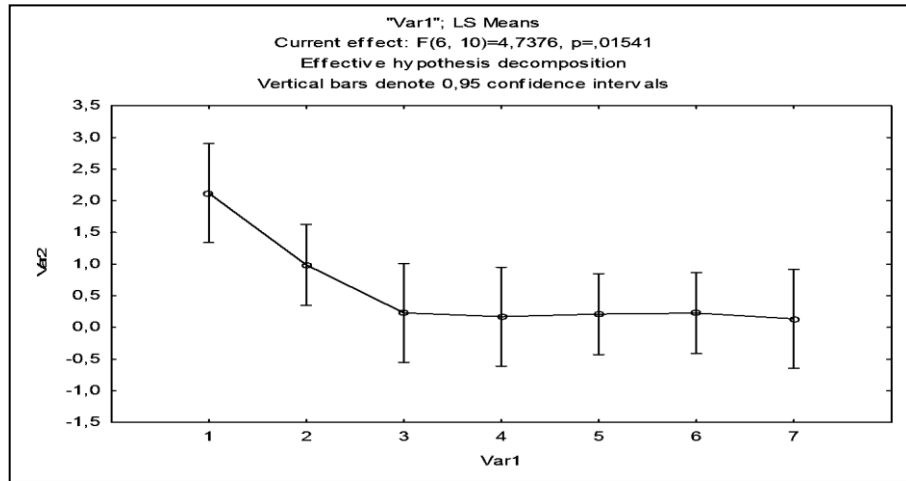


Figure 20. Variation de la matière organique (MO) dans les sols de la région d'Oued Noumer (ANOVA).

Les analyses du sol de la région d'Oud Noumer, pour la matière organique, ont donné pour le témoin, qui se localise avant la STEP, une teneur de 2.04 % pour l'horizon de 30 à 60 cm et de 2.20 %. Par contre pour le sol qui arrive après la STEP ; son contenu en MO, pour l'horizon 30 à 60 cm est varié de 0.06 à 0.34 %, pour l'horizon 30 à 60 cm il est de 0.12 à 0.34 % et pour l'horizon 90 à 120 m, il est varié de 0.03 à 0.57 % (Figure 19). La représentation de ces résultats sur diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 19) qui est réalisé pour étudier également la différence entre les moyennes du dosage de la matière organique, présente une significativité élevée avec une valeur de p de 0,01 (Morand, 2001) (Figure 20). Cela confirme la variation de concentration de la matière organique en fonction de la profondeur

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 Soud 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 %.

3. Pollution des sols d'Oued Noumer

Les sols sont pollués si nos déchets sont jetés à ciel ouvert ou enfouis dans des sites d'enfouissement. Ces déchets sont provient de différentes sources ; par exemple l'utilisation de pesticides et des engrais, les rejets toxiques et l'exploitation des ressources fossiles, l'activité industrielle, les déchets radioactifs riches en métaux lourds tels que l'uranium, le radium et le plutonium, les fuites d'huile peuvent se produire pendant le stockage et le transport de produits chimiques, Ces déchets modifient alors les sols sur lesquels ils se trouvent, et infiltrent les nappes souterraines.

Dans nos foyers, la pollution des sols se poursuit de manière indirecte. Il y a par exemple nos déchets biologiques et les produits chimiques que nous utilisons et que nous rejetons avec les eaux usées. La majeure partie de ces eaux termineront leur course dans le sol et s'infiltrent jusqu'aux nappes phréatiques.

Cette pollution pourra se diffuser ensuite dans l'environnement via l'eau, l'air ou les organismes vivants du sol (bactéries, plantes, champignons), entraînant des perturbations variables dans les écosystèmes associés et des dangers non négligeables pour la santé.

Les analyses effectuées sur les eaux traitées rejetées dans la nature par de la station d'épuration de Kaf Dokhan sont résumées dans le tableau ci-dessous

Tableau 4 : Résultats d'analyses des eaux épurées de la station d'épuration de Kaf Dokhan –Ghardaïa- (ONA, 2021)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
MES (mg/l)	52	58	68	62,5	98	80	67,5	50	0	61	67	39
DBO ₅ (mg/l)	61	49,5	72	35,5	50,5	50,5	35	29	49	20	10	72,3
DCO (mg/l)	93,4	108,5	115	89,6	86	96,3	86,1	80,7	110	61,8	90,5	90,4
NH ₄ (mg/l)	23,6	41,3	33	34,9	32,8	20,2	35,6	29,6	36,3	31,9	19	11,4
NO ₂ (mg/l)	0,15	0,45	0,36	0,36	0,3	0,28	0,26	1,46	0,04	0,29	0,13	0,89
O ₂ (mg/l)	0,66	0,86	0,64	0,53	0,2	0,79	0,51	0,59	0,58	0,5	0,45	0,57
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	1,38	0,33	0,85	0,35	1,68	1,64	0,84	1,64	1,88	1,57	1,36	2,01
PT (mg/l)	1,83	0,35	2,04	1,89	1,73	1,88	1,9	1,65	2,12	3,64	1,99	1,91
O ₂ (mg/l)	6,35	6,54	6,35	5,7	4,87	4,48	4,12	4,15	4,2	4,73	4,11	3,87
Sal (mg/l)	1,89	1,92	1,91	1,99	1,98	2	1,99	1,96	1,94	1,91	1,91	1,94
CE (mg/l)	2,74	2,9	3,13	3,4	3,55	3,86	3,98	3,88	4,08	3,46	3,1	2,87
pH	8,35	8,31	8,33	8,13	8,22	7,86	7,29	7,74	7,53	7,2	6,83	6,68
T° (°C)	14,24	16,31	16,89	21,17	25,08	28,32	29,94	29,19	29	24,67	18,39	12,63

Si en comparant ces résultats (Tableau 4) avec celles qui sont cités précédemment et sont effectués sur les sols dans le même objectif, nous permettrons de constater la liaison qui peut exister entre ces eaux rejetées et la pollution des sols limitrophes.

Les valeurs de la matière organique (MO), dans le sol, se concentrent dans les premières profondeurs de 30 à 60 cm et se décroît au fur et à mesure lorsque on pénètre plus et sont en relation avec la matière en suspension (MES) dans les eaux rejetées qui sont importants.

Les NO_2 , NO_3 et PO_4 présentent des faibles valeurs et ne causent aucune contamination à l'exception des NH_4 qui sont considérables et peuvent contaminer ces sols.

Les valeurs des DCO et DBO des eaux rejetées de la STEP sont importantes et témoignent d'une grande contenance en matières organiques non dégradées ce qui influa sur les quantités des MO des sols avoisinants.

Les valeurs des pH obtenus des eaux rejetées ne cause pas de risque de pollution de ces sols en vue de leur alcalinité (basiques), mais montre en parallèle une contenance importante de ces eaux en HCO_3 .

Les valeurs importantes des conductivités des sols obtenus montrent une salinisation importante de ces sols par ces eaux rejetées qui sont à la fois durs.

Qui dit moins de matière organique dit moins de nutriments pour les êtres vivants et moins de protection contre le transfert des polluants dans la chaîne alimentaire. Alors les substances toxiques s'infiltreront dans les eaux souterraines puis pénétreront dans les végétaux qui seront consommés par les animaux puis par les hommes.

Conclusion

Conclusion

Notre région d'étude, Oued Noumer, est localisée dans la commune d'El Atteuf, Est de Ghardaïa. Cet endroit est utilisé comme un déversoir des eaux traitées par la station d'épuration de Kaf Dokhan. La présente contribution a pour but d'évaluer les propriétés physico-chimiques des sols de cette région pour avoir une idée sur l'impact de ces eaux sur le sol et par conséquent sur les nappes souterraines.

La représentation des résultats des analyses Chimico-pondérales de ces sols, au laboratoire, a montré, pour la plupart des cas, une texture sableuse, sablo-argileuse et sablo-limoneuse.

Les analyses physico-chimiques ont donné des sols moyennement alcalins (7.45 et 8.98), légèrement salés à salé dans tous les horizons des stations et leurs concentrations de calcaire total sont faibles et moyennes dans quelques horizons et sont pauvres à moyennement riches en MO (< 2 %).

Enfin, notre travail n'est pas suffisant pour couvrir toute la région et doit être complété par d'autres travaux par exemple : les impacts des eaux usées sur les végétaux, Analyse physico-chimique de l'eau usée sur la nappe faune et flore, avec d'autres paramètres, pour mieux comprendre les caractéristiques de sol de cette région.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), 2011 - Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa. 15 p.

Aubert G., 1960. Les sols de la zone aride. Etude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et leur conservation. Colloque général sur les problèmes de la zone aride. Edition ORSTOM, Paris.

Aubert G., 1978. Méthodes D'analyses Des Sols. C.N.D.P. Marseille, 191 P.

Bagnouls F. Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, p.p.193 – 239

Bahnous M. Nemissi W., 2022 Contribution à la caractérisation physico-chimique des sols de la région de Mahouna –Guelma. Mémoire de Master, Université de 08 Mai 1945 – Guelma. 3- 4 p

Baize D., 1988. Guide des analyses courantes en pédologie Edition. Inra. Paris.

Baize D., 2004 .Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation

Ben Mazouz A. Sebgag A., 2021. Contribution à l'étude des rongeurs dans quelques palmeraies à Ghardaïa (commune de Guerrara). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 7-8 p

Bencheikh D. Moumene A., 2021. Étude comparative de la litière forestière dans la région de Mahouna (Guelma) et dans la forêt du Lac Tonga (El-Kala) : Cas du chêne zeen et de chêne liège. Mémoire de Master, Université de 08 Mai 1945 – Guelma. 12-13 p

Benslama M, Zanache H., 1998. Contribution à l'étude de la diversité des microorganismes (champignons saprophytes) des sols du complexe humide d'el Kala. Cas des stations d'el Khoubzi Righia et du lac noir. Thèse magister. Université Annaba.

Chenini S. Elgaraoui F., 2019. variabilité spatiale et analyse physico-chimique des solset des eaux de dayat Oum-souid (comune d'El-Mansoura). Mémoire Master. Université de Ghardaïa, p 11-49-50.

Coyne A., 1989. Le M'Zab Edition. Adolphe Jourdan, Algérie, 41p.

Dabin B. Segalen R., 1970 le sol, sa définition, ses constituants. Edition OVATY, Paris,

42 p .

Dahou F., 2014. Étude des sols alluvionnaires d'Oued Metlili. MÉMOIRE Master, Université de Kasdi Merbah – Ouargla, 1p

Dajoz R., 1971. Précis d'écologie. Edition Dunod, Paris, 434p.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie. Edition Dunod, Paris, 505 p.

Direction de Pacification et Aménagement de Territoires (DPAT), 2021. Statistique wilaya de Ghardaïa.

Direction de Pacification et Aménagement de Territoires (DPAT). 2005 : Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Edition El Alamia, 142 P.

Dubost D., 1991. Ecologie ; Aménagement et développement des oasis algérienne. Thèse Doctorat, Université de Tours, pp. 45-48.

Dubost D., 1991. Ecologie. Aménagement et développement des oasis algérienne. Thèse Doctorat Université de Tours, pp. 45-48.

Dutil P., 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse Doctorat, Université de Strasbourg, 346p.

Faurie C., Terra, Medori P, Devaux. J., 1980. Ecologie. Edition Baillire, Paris. 168 P.

Gouaidia L., 2008. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algerien. Thèse doctorat. Université de Badji Moukhtar Annaba, 130 p.

Guessoum H., 2021. Relation qualité des eaux et propriétés des sols dans les palmeraies de la région de Ghardaïa (cas de Sebseb). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba, 9 p

Halitim A., (1988). Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger.384p.

Halitim A., (1988). Sols des régions arides d'Algérie. Edition O.P.U., Alger.384p.

Kaci S., 2005. Contribution à l'étude des potentialités de l'apiculture en milieu oasien: cas de la wilaya de Ghardaïa. Mémoire Ingénieur, Université Ouargla, 144p.

Koull N., 2022. Impacts de l'hydro-halomorphie des sols sur la distribution de la végétation des zones humides du N-E du Sahara septentrional algérien. Article.1p

Kouzrit. D, 2010. Inventaire et étude des sols Alluviaux du bassin versant de L'Oued

Zegrir : cas de l'Oued Es-Sennara (Région de Guerrara). Mémoire Ingéniorat, Université Ouargla.

Labed M. Oulad Miloud R., 2021. L'effet de climat sur la biodiversité dans la région de Ghardaïa. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 1-4 p

Lanouar H., 2022. Caractérisation physico-chimique du sol entourant la zone humide de lac El-Maleh (Wilaya d'El-Menia). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa.33p.

Lizbith, 2019. <https://chlorophylleetmurdepierres.com/quels-sont-les-differents-types-de-sol> .

Mathieu C. et Pieltain F., 2003. Analyse physique des sols : Méthodes choisies. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris,

Monod T., 1992. Du désert. Sécheresse, 3 (1), pp. 7-24.

Moulay Lakhder M. Morsli A., 2020. Composition chimique des nids des hirondelles nicheuses dans le Nord-est algérien, étude comparative : hirondelles rustiques et hirondelles de fenêtres. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 21-24- p

Mustafa F., 2022. Analyse granulométrique d'un sol alluvial (cas d'oued Mansourah). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2 p

Office National de Météorologie (ONM), 2019. Données météorologiques de Ghardaïa 2009- 2019. Station météorologique de Ghardaïa, 5 p.

Oulmane K., 2016. Contribution à l'étude de l'évolution et modalités d'occupation spatiale de l'avifaune aquatique du Sebket El Meleh (El Goléa, Wilaya de Ghardaïa). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 140p.

Ozenda P., 1977. Flore du Sahara. Edition CNRS, Paris, 600p.

Ozenda P., 1991. Flore de Sahara. 3^{ème} Edition, Paris. P666.

Rolland, P., 1988.Le système des grandes tourbières équatoriales. Ann. Géographie N°97

Sofrani M. Ramdani D., 2021. Contribution à l'analyse physico- chimique des sols de Kaf Dokhan,région de Ghardaïa (Algérie). Mémoire de Master. Université de Ghardaïa, 11-18 p.

Annexes

Annexe

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

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

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

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

Tableau. Classe de matière organique (AUBERT, 1978)

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

Tableau. Classe du calcaire total (Morand, 2001)

CaCO_3 (%)	Classes	Réaction à HCL
< 2	Trace	Décelable
2-10	Faible	Forte
10-25	Moyen	Moyen
25-55	Forte	Vive
>55	Très forte	Très vive

Tableau: normes de rejets de l'OMS et algériennes.

OMS		Algériennes	
Paramètre	Normes	Paramètre	Normes
pH	6,5 à 8,5	pH	6,5 à 8,5
DBO ₅	< 30 mg/L	DBO ₅	≤ 30 mg/L
DCO	< 90 mg/L	DCO	≥ 90 mg/l
MES	< 20 mg/L	MES	≤ 30 mg/l
NH ₄ ⁺	< 0.5 mg/L	NH ₄ ⁺	≥ 20 mg/l
NO ₂ ⁻	< 1 mg/L	NO ₂ ⁻	≥ 1 mg/l
NO ₃	< 1 mg/L	NO ₃ ⁻	1 mg/L
P ₂ O ₅	< 2 mg/L	PO ₄ ⁻³	2 mg/L
		O ₂	5 mg/L
		Azote total	≥ 50 mg/l
		T°	30°C