

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ghardaïa



جامعة غرداية

N° d'ordre :
N° de série :

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

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

MASTER

Domaine : Science de la Nature de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Ecologie

PAR : SOFRANI Maria

RAMDANI Dalila

Thème :

Contribution à l'analyse physico-chimique des sols de Kaf Dokhan, région de Ghardaïa (Algérie).

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Mme. GUESSOUM Hadjer	M.A.B.	Univ. Ghardaïa	Présidente
Mme. HADDAD Soumia	M.C.B.	Univ. Ghardaïa	Examinatrice
Mr. KHELLAF Khoudir	M.C.B.	Univ. Ghardaïa	Encadrant
Mr. BOUNAB Choayb	M.C.B.	Univ. Ghardaïa	Co-Encadrant

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Avant tout, nous remercions LE DIEU le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Nos sincères remerciements sont pour nos encadreurs : Mr. KHELLAF Khoudir Maitre de Conférences B. à l'Université de Ghardaïa et Mr. BOUNEBO Choayb, Maitre de Conférences B. à l'Université de Ghardaïa pour tous ses aides, ses orientations, ses conseils pertinentes, ses critiques constructives et renseignements durant toute la période de la réalisation de ce mémoire.

Nous souhaitons tout particulièrement remercier vivement les membres du Jury qu'ils ont accepté d'évaluer notre travail; Mme. HADDAD Soumia Maitre de Conférences B. à l'Université de Ghardaïa et Mme. GUESOUM Hadjer Maitre-Assistant B. à l'Université de Ghardaïa.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des laborantins des laboratoires de l'université de Ghardaïa : MOULAY ABDALLAH Bachir (laboratoire de Pédologie), BENHAMOUDA Hicham (laboratoire de Biologie Bio 2), pour ses aides et leurs disponibilités tout le temps.

Mention spéciale à M^{lle}. MORSLI Anfal et M^{lle}. MOULAY LAKHDER Maroua de ses aides et ses conseils scientifiques pendant la réalisation des essais au laboratoire.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, soient assurés de ma profonde gratitude.

Merci à tous

Dédicace

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux
Qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.*

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père qui dieu ait pitié de lui.

*La plus chère personne du monde : ma mère qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'étude qu'elle
trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

A mes chers frères et mes chères sœurs

Sans oublié mes chers neveux et mes chères nièces

A les plus près au mon cœur : Souad, Khadidja, Hana, Houria, Nedjat.

A toutes les personnes qui m'ont soutenu, m'ont inspiré ou m'ont aidé durant

Mes études supérieures.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Celle qui ma couverte de tendresse depuis ma naissance, à l'âme de ma chère maman,

Mon cher père,

Mes frères. À mes sœurs,

Toute ma famille,

Tous mes amis,

À tous mes enseignants qui m'ont aidé à terminer ce travail,

À tous mes amis et collègues de la promotion 2020-2021.

Dalila

الملخص:

يرتكز هذا العمل على تحليل تربة منطقة كاف دخان الواقعة في بلدية العطف ولاية غرداية ، و هذا من أجل معرفة وفهم أفضل للخصائص الفيزيائي والكيميائي لهذه التربة. و لتحقيق هذا الهدف، تم استخدام منهجية خاصة، من ناحية، تم أخذ عينات لهذه التربة من السطح حتى أعماق طبقة أمكن الوصول إليها و كذا تحليل العينات التي تم الحصول عليها و إحضارها إلى المختبر من ناحية أخرى (مجموع الحجر الجيري ، الناقلية الكهربائية ، ... إلخ). أظهرت الملاحظات الميدانية أن التربة المدروسة ذات قوام طيني ، بينما كشفت تحاليل الوزن الكيميائي عن نسيج رملي و التحاليل الفيزيائية والكيميائية أسفرت عن درجة حموضة قلووية معتدلة ، كما اظهرت نتائج التحاليل للناقلية الكهربائية ان هذه التربة مالحة إلى مالحة قليلاً ، وكذا محتوى منخفض من المواد العضوية و محتوى من الجير منخفض إلى متوسط وأحياناً مرتفع. و عليه، فإن الجودة الفيزيائية والكيميائية لتربة كاف دخان تتأثر و بشدة بتلوث المياه.

الكلمات المفتاحية: التحاليل الفيزيائية و الكيميائية، التربة، كاف الدخان، غرداية.

Résumé

Ce travail consiste à analyser le sol de Kaf Dokhan, qui se localise dans la commune d'El Atteuf ; wilaya de Ghardaïa, a pour mieux connaître et comprendre les caractéristiques et l'évolution physico-chimiques de ce sol. Pour atteindre notre objectif, l'approche méthodologique utilisée, d'une part, de faire un échantillonnage systématique à partir de l'horizon superficiel à l'horizon profond le plus possible, et d'autre part, d'analyser les échantillons ramenés au laboratoire de différentes manières (calcaire total, CE,...etc.). Les observations sur terrain ont montré qu'il s'agit d'un sol de texture argileuse tandis, que les analyses Chimico-pondérale ont révélé une texture sableuse et les analyses physico-chimiques de ces sols ont révélé un pH moyennement alcalin, une conductivité électrique légèrement salée à saler une teneur en matière organique faible et un taux de calcaire total faible à moyennement et parfois forte. Donc, la qualité physique et chimique de sol de kaf dokhan est fortement influencée par la pollution des sols et des eaux.

Mot clés : analyse physico-chimique, sol, kaf dokhan, Ghardaïa.

Abstract

This work consists in analyzing the soil of Kaf Dokhan, which is located in the commune of El Atteuf; wilaya of Ghardaïa, has to better know and understand the characteristics and the physic-chemical evolution of this soil. To achieve our objective, the methodological approach used, on the one hand, to carry out systematic sampling from the superficial horizon to the deep horizon as much as possible, and, on the other hand, to analyses the samples brought back to the laboratory in different ways (total limestone, EC, etc.). Field observations showed that it is a clay-textured soil while Chimico-weight analyses revealed a sandy texture and physic-chemical analyses of these soils revealed a medium alkaline pH, slightly salty to salty electrical conductivity, low organic matter content and low to medium and sometimes high total limestone content. Therefore, the physical and chemical soil quality of kaf dokhan is strongly influenced by soil and water pollution.

Key word: physic-chemical analysis, soil, kaf dokhan, Ghardaïa.

Liste de figure

Figure	Titre	Page
01	Limites administratives de la Wilaya de Ghardaïa (Atlas, 2004).....	5
02	Situation géographique de Kaf Dokhan (Google maps, 2021).....	6
03	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGE.....	6
04	Précipitations de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat 2020)...	7
		7
05	Température minimale maximale et moyenne de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat, 2020).....	8
06	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen appliquée à la région de Ghardaïa (2020).....	10
07	Carte des ères et des époques géologiques de la région de Ghardaïa (modifiée par Chenini et Elgueroui, 2019).....	11
08	Mesure de pH (a : peser 20 g de terre, b: transvaser le liquide surnageant dans des flacon bouché).....	14
09	Protocole d'analyse de calcaire total dans le calcimètre de Bernard.....	15
10	Protocole d'analyse de la matière organique.....	16
11	Analyse Chimico-pondérale (a : pèse de bécher, b : pèse d'échantillon, c : décantation du sol après l'ajout de l'HCl.....	19
12	Mode de prélèvement des échantillons à l'aide de tarière manuelle.....	22
13	Présentation ternaire des résultats d'analyse Chimico-pondérale et classification des sols de les 06 stations (Kaf Dokhan-après la station d'épuration) selon le modèle de Czerminski.....	23
14	Variation de pH en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.....	25
15	Variation de CE en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.....	26
16	Variation de M.O en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.....	27
17	Variation de calcaire total en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.....	29

Liste des tableaux

Tableau	Titre	page
01	Données climatiques de Ghardaïa pour l'année 2020 (historique météo, 2020)	9
02	Géomorphologie et pédologie de la zone d'étude (Ben Brahim, 2018).....	11
03	Description visuelle et comparative des profils pédologiques de Kaf Dokhan.....	21
04	Résultats d'analyse Chimico-pondérale de sols examinés.....	22
05	Résultats de mesures de pH du sol de Kaf Dokhan.....	24
06	Résultats de mesures de la CE du sol de Kaf Dokhan	26
07	Résultats de mesures de M.O du sol de Kaf Dokhan	27
08	Résultats d'analyse du calcaire total des sols de Kaf Dokhan.....	28

Liste des abréviations

pH	Potentiel Hydrogène.
CE	Conductivité électrique.
CaCO₃	Carbonate du Calcium.
M.O	Matière Organique.
μS	Micro Siemens.
°C	Degree Celsius.
ANOVA	Analyse de la Variance Aléatoire.
O.N.M	Office National de la Météorologie.
Q₂	Quotient pluviothermique d'Emberger.
D.P.A.T	Département de Planification et de l'Aménagement du Territoire.

Tables de matières

Remerciement

Dédicaces

الملخص

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Tables de matières

Introduction..... 2

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1.	Présentation de la région de Ghardaïa	5
1.1.	Situation géographique de la région de Ghardaïa	5
1.2.	Présentation de site étudié	6
1.3.	Climat de la région	6
1.3.1.	Pluviométrie	7
1.3.2.	Température	7
1.3.3.	Vents	8
1.3.4.	Humidité relative	8
1.3.5.	Insolation	8
1.4.	Synthèse bioclimatique	8
1.4.1.	Diagramme Ombrothermique	9
1.4.2.	Climagramme d'Emberger	9

1.5.	Géomorphologie, géologie et pédologie	10
2.	Présentation du sujet	12
2.1.	Définition	12
2.2.	Diverses phases de sol.....	12
2.3.	Propriétés physiques de sol	12
2.4.	Propriétés chimiques de sol	13
3.	Méthodologies de travail	13
3.1.	Choix du site	13
3.2.	Echantillonnage	13
3.3.	Méthodes d'analyse	14

Chapitre II : Résultats et Discussions

1.	Description visuelle des profils pédologiques sur terrain	21
2.	Analyse Chimico-Pondérale	22
3.	Analyses physico-chimiques	24
3.1.	Variation du pH en fonction des points	24
3.2.	Variation de la conductivité électrique en fonction des points.....	25
3.3.	Variation de la matière organique MO (%) en fonction des points	27
3.4.	Variation du calcaire total en fonction des points	28
4.	Discussion	30
	Conclusion	32
	Références bibliographiques	34

Annexe.

Introduction

Le sol est un milieu fragile et très complexe, trop longtemps considéré comme un simple support de l'agriculture (Noumeur, 2008).

La qualité d'un sol est définie simplement comme étant sa capacité à fonctionner (Karlen et al, 1997), elle dépend de multiples facteurs intrinsèques au sol, à l'écosystème ou bien d'origines anthropiques. Les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des ressources, et de qualité environnementale sont les principales bases des définitions actuelles de la qualité des sols (Gros, 2002). Les indicateurs qui permettent d'évaluer les qualités d'un sol sont ses diverses propriétés (Usda, 1996). Les relations intimes que le sol crée avec les écosystèmes terrestres lui confèrent une grande importance dans la régulation des processus écologiques. Il est donc logique de considérer la qualité des sols comme une division essentielle d'un écosystème sain (Gros, 2002).

La qualité physique, chimique et biologique des sols sahariens posent à la fois des problèmes d'ordre agronomiques (aptitude culturale faible) et environnementaux (érosion et ruissellement de surface) (Koull, 2007).

Le Sahara est une zone hyper aride 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).

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

Pour l'étude du sol nous ne oublions pas le coté d'eau, car il représente un facteur principale pour la formation du sol, que l'eau est le constituant essentiel des végétaux, elle représente 70 à 80% de leur poids frais. Qu'il existe une corrélation entre l'activité physiologique et la teneur en eau de la plante (Heller, 1969).

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 Kaf Dokhan. 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...etc.) 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...etc.) 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 (Kaf Dokhan) 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

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...etc.

1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie nord du Sahara algérien. À environ 600 Km au sud de la capitale du pays, Alger. Administrativement, cette wilaya comporte actuellement 8 communes regroupées en 7 Daïras pour un population de 396.452 habitants, soit une densité de 4,68 habitants/ km² (D.P.A.T, 2009). Ses coordonnées géographiques sont : altitude 480 m, latitude 32° 30' nord et longitude 3° 45' est (Figure 1). Cette wilaya couvre une superficie de 86.560 km². Elle est limitée au nord par la wilaya de Laghouat (200 Km) ; au nord est par la wilaya de Djelfa (300 Km) ; à l'est par la wilaya d'Ouargla (200 Km) ; au sud par la wilaya de Tamanrasset (1.470Km) ; au sud- ouest par la wilaya d'Adrar (400 Km) et à l'Ouest par la wilaya d'El-Bayad (350 Km). (Dahou, 2014).

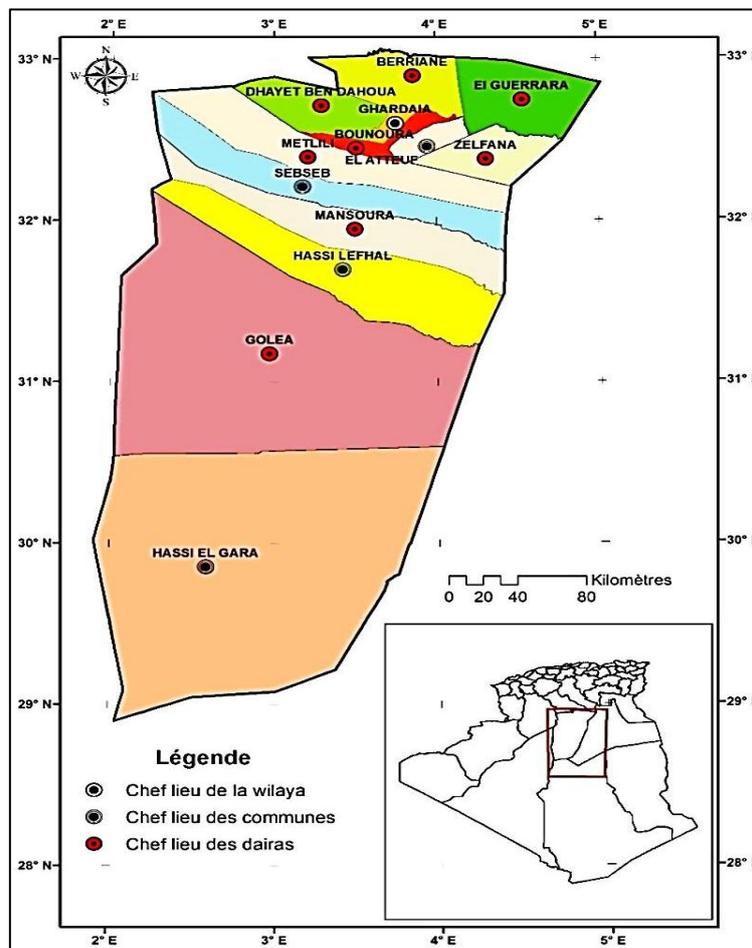


Figure 01: Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (Atlas Ghardaïa, 2014).

1.2. Présentation de site étudié

Notre étude s’occupe de la partie centrale de la région de Ghardaïa ; Kaf Dokhan (Figure 2) qui est, d’une part, située dans la commune d’El Atteuf et forme le fond de la vallée de M’Zab à environ 20 Km du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa et, d’autre part, est la première zone humide artificielle protégée, y compris la station d’épuration (STEP) pour traiter les eaux usées domestiques de la vallée du M’Zab. (Benhdid, 2017).

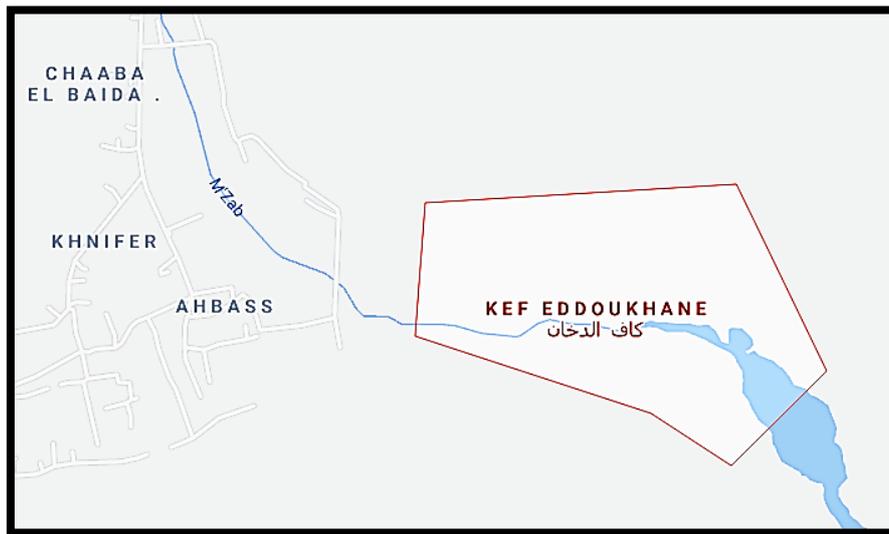


Figure 02 : Situation géographique de Kaf Dokhan (Google maps, 2021)

1.3. Climat de la région

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat aride saharien (Figure 3), mais la présence d’une végétation abondante peut modifier localement les conditions climatiques.

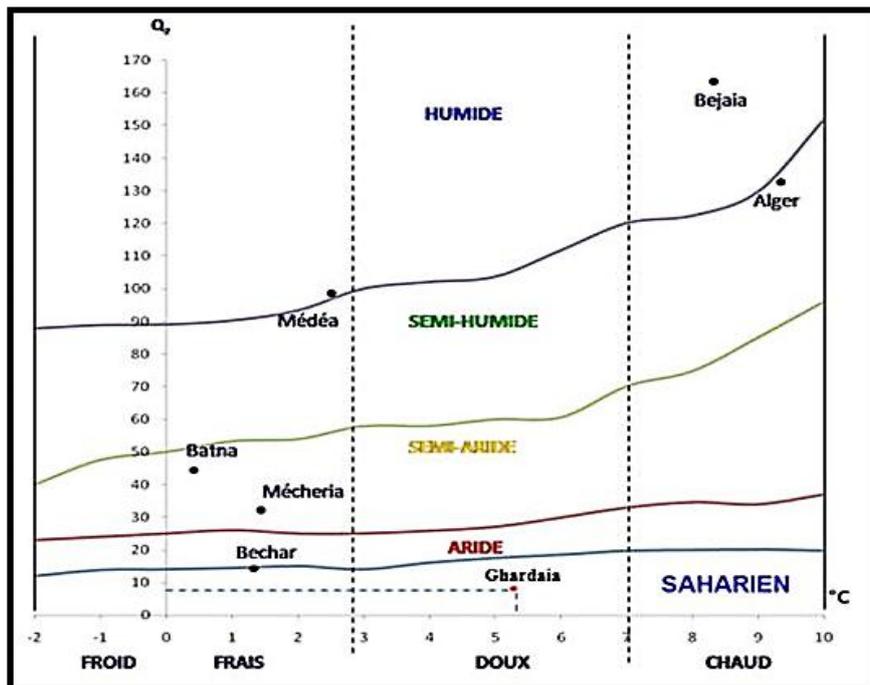


Figure 03: Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d’EMBERGE

1.3.1. 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 04), Les pluies sont généralement torrentielles et durent peu de temps.

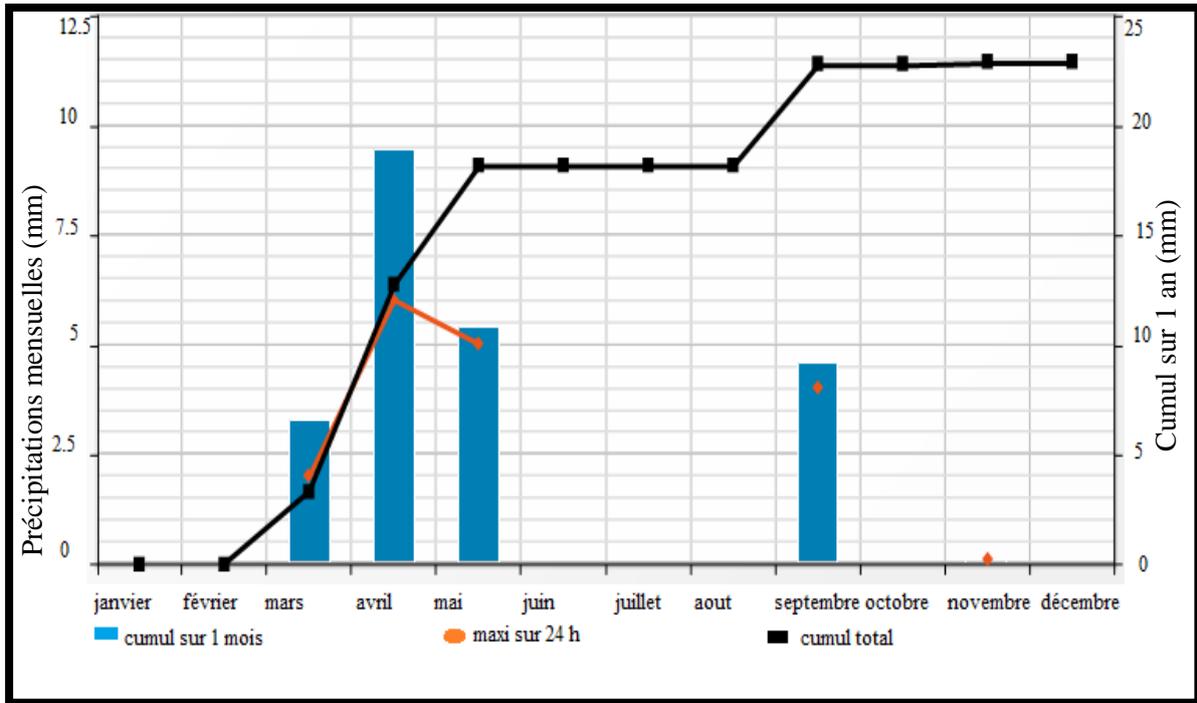


Figure 04: Précipitations de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat 2020).

1.3.2. Température

Elle est très différente entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver. La période chaude commence au mois de mai jusqu'au mois de septembre. La température moyenne enregistrée au mois de juillet est de 34,5°C et la température maximale de cette période est 40,5°C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de janvier ne dépasse pas 11°C et la température minimale de cette même période est 5,5°C (Figure 05 et Tableau 01).

1.3.3. Vents

Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux d'hiver sont froids et humides. Les vents de sable sont très fréquents dans la région d'El-Menia surtout pendant le printemps. Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Ghardaïa on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de mai à septembre.

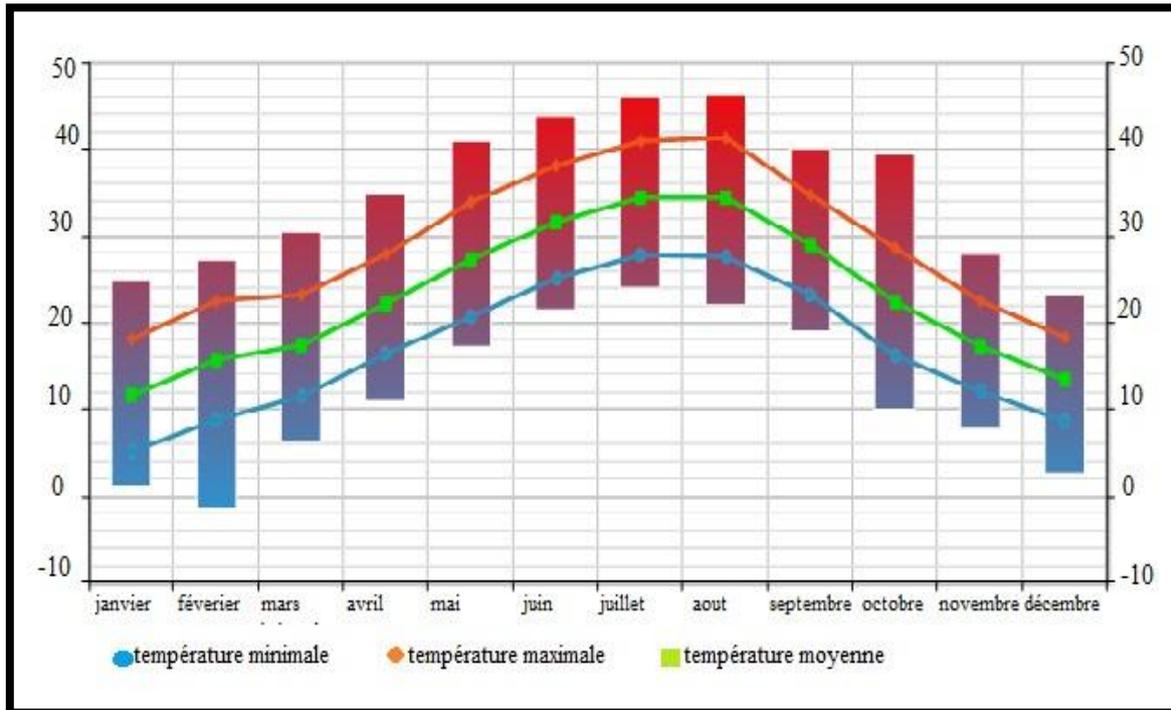


Figure 05: Température minimale maximale et moyenne de la région de Ghardaïa en 2020 (info climat, 2020)

1.3.4. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. Elle est de l'ordre de 25% en mois de juillet et atteignant un maximum de 47% en mois de janvier (Tableau 01).

1.3.5. 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).

1.4. 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.

Tableau 1: Données climatiques de Ghardaïa pour l'année 2020 (historique météo, 2020)

Mois	T min (C°)	T max (C°)	T Moy (C°)	H (%)	P (mm)	V.V (km/h)
Janvier	10	17	13	47	1	15
Février	14	22	18	40	1	16
Mars	15	29	19	46	23	14,17
Avril	20	27	24	39	11	26
Mai	23	34	28	31	1	26
Juin	27	38	32	29	1	23
Juillet	30	40	35	25	4	17
Août	28	44	35	26	1	17
September	25	38	30	41	15	17
October	18	28	23	45	2	19
Novembre	14	22	18	55	4	19
Décembre	9	18	14	63	1	23

1.4.1. Diagramme Ombrothermique De Bagnoules 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 Bagnoules et Gausson ci-dessous (Figure 06) 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 le période sèche. Dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Figure 06).

1.4.2. Climagramme d'Emberger

Ce Climagramme permet de classer les différents climats méditerranéens (Dajoz, 1971), où on a utilisé la formule de Stewart, ci-après, adapté pour l'Algérie et la Wilaya de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q_2) est de 11 (comme elle montre la figure 03).

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

Où : Q_2 : Quotient thermique d'Emberger, P : Précipitations moyennes annuelle en mm,

M : La température maximale du mois le plus chaud en °C et m : La température minimale du mois le plus froid en °C

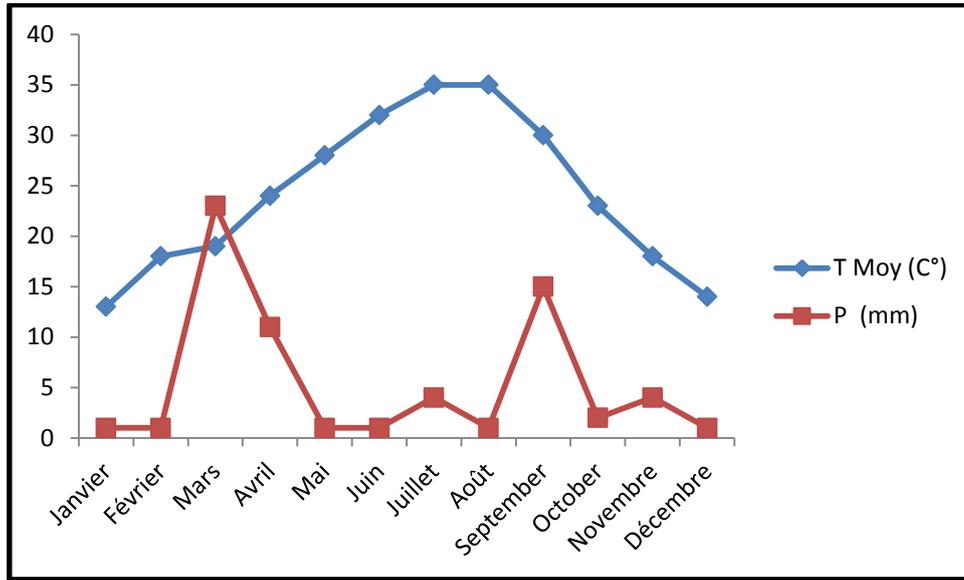


Figure 06 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен appliquée à la région de Ghardaïa (2020).

1.5. Géomorphologie, pédologie et géologie de Ghardaïa

Géo morphologiquement, la wilaya de Ghardaïa est caractérisée par des plaines dans le continental terminal, des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450km et d'Est en Ouest sur environ 200km (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 (D.P.A.T, 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 (Figure 07), 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 Ateuf (Coyne, 1989).

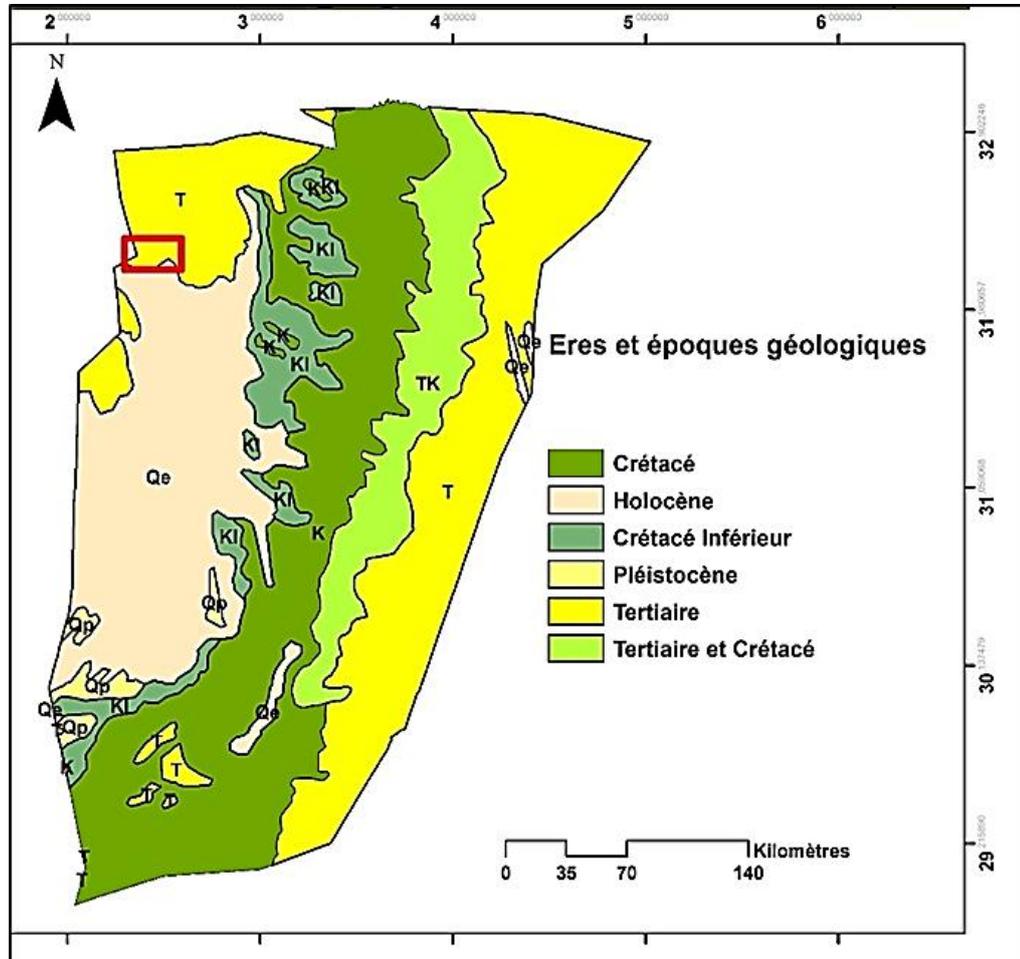


Figure 07 : Carte des ères et des époques géologiques de la région de Ghardaïa (modifiée par Chenini et Elgueroui, 2019).

Tableau 2: Géomorphologie et pédologie de la région d'étude (Ben Brahim, 2018).

	Formes géomorphologiques						Types de sols	Références
	Erg	Reg	Sebkha	Lit d'Oued	Hamada	Chebka		
Ghardaïa	+	+	-	+	+	+	- Roches calcaires. - Dominance d'un faciès gypseux	PASSAGER, 1958 ; URBATIA, 1996
+ : présence						- : Absence		

2. Présentation du sujet

Le sol avait considéré le sol 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 un certaine mesure dans la composition, la structure la couleur des produits d'altérations (Dokuchaev, 1883).

2.1. Définition du sol

Ramann présente le sol comme : la couche supérieur meuble de l'écorce terrestre elle comprend des roches qui ont été réduites en petits fragment et plus ou moins transformée chimiquement avec des débris de plantes et des animaux qui vivent au-dessus et s'en servent (Dabin et al, 1970).

2.2. Diverses phases du sol

- **La phase liquide** : 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 ou se trouvent diverses substance et minérales dissoutes et des particules en suspension (Sahnoune, 2014).
- **La phase gazeuse** : Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans leur atmosphère sont : L'azote (78 à 80%), l'oxygène (18 à 20%) et le dioxyde de carbone (0.2 à 3%). Ces gaz peuvent exister dans le sol soit à l'état libre soit dissous dans la solution du sol (Sahnoune, 2014)
- **La phase solide** : Eléments grossiers sont les éléments qui ont un diamètre inférieur à 2mm et on les class par dimension : (0.2 cm à 2 cm : graviers, 2 à 5 cm : cailloux, 5 à 20 cm : pierres, > 20 cm : blocs).

Terre fine : est la fraction de terre qu'elle reste lorsqu'on retire les éléments grossiers au tamis. On peut classer les éléments de la terre fine par dimension (<2 à 0.2 mm : sable grossiers, 0.2 à 50 μm : sable fins, 50 à 20 μm : limon grossiers, 20 à 2 μ : limon fins et < 2 μ : argiles) (Sahnoune, 2014).

2.3. Propriétés physiques de sol

- **La texture** : est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine de l'horizon. Elle permet de caractériser un sol comme étant à dominance sableuse, argileuse, limoneuse...etc. (Nemer, 2015).

- **La structure** : est un état du sol qui varie le temps selon la texture mais aussi selon le taux d'humidité, l'état des colloïdes et la présence de matière organique... (Gobat et al, 1998).

2.4. Propriétés chimiques d'un sol

- **Le pH** : Est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution union H^+ , il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes du sol (Mirsal, 2004).
- **Capacité d'échange cationique** (CEC) : est la capacité à fixer de façon réversible les cations échangeables (Li^+ , Ka^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) (Baize, 2004).
- **Matière organique** : est la matière carbonée produite en général par des êtres vivants végétaux, animaux, ou micro-organismes.
- **L'humus** : c'est un réservoir important de carbone, et l'accélération des dégradations due au réchauffement climatique augmente les rejets de CO_2 et de méthane CH_4 .

3. Méthodologie de travail

3.1. Choix du site

Des prospections de la zone ont été effectuées en mars et avril 2021 pour en savoir plus sur le site en question (Kaf Al Dokhan). Cela a révélé que cet endroit est une zone humide non classée avec une faune et des plantes diverses. Cependant, en raison de son emplacement éloigné et de son accès restreint, il a reçu peu d'attention. Un échantillonnage a été mis en place pour localiser, cartographier et mettre en évidence le potentiel du site.

3.2. Echantillonnage

Pour atteindre notre objectif, nous avons opté pour un échantillonnage subjectif, où nous avons effectué d'une part, 15 prélèvements pédologiques pour 6 points à déférente profondeur (allant 1,20 m) le long de la zone humide à l'aide d'une tarière manuelle. Les points prélevés 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 scellés et transportés 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 avec un tamis de 2mm (Aubert, 1978) pour obtenir la fraction fine sur laquelle les analyses physico-chimiques seraient effectuées.

3.3. 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 20g de terre (<2mm) séchée à 40C° dans un béccher.
 - Ajouter 50ml 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 08).

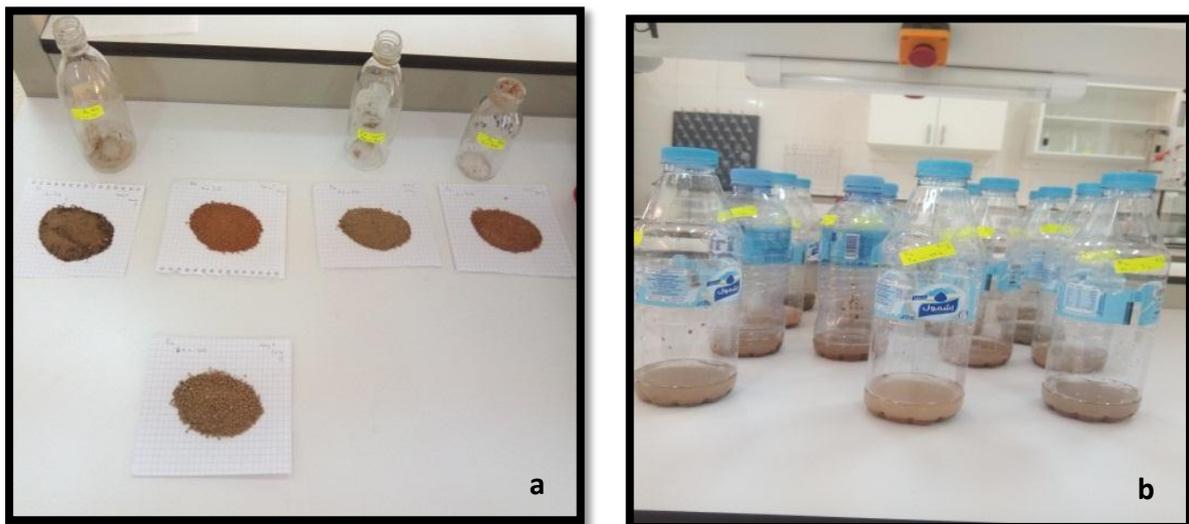


Figure 08 : Mesure de pH (a :peser 20 g de terre, b: transvaser le liquide surnageant dans des flacon bouché).

- b) **La conductivité électrique (par extrait aqueux 1/5)** : Pour mesurer la CE, un conductimètre de type (JEBWAY 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 bécchers (250 ml).
 - **Mode opératoire** : on a :

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



- **Matérielle utilisé** : on à utiliser un Calcimètre de Bernard, une fiole à doigt, une Pissette, un Mélange du sol et un Balance digitale.
- **Réactifs** : on à préparer l'eau déminéralisée, l'acide chlorhydrique, l'HCL et les carbonates de calcium (CaCO₃) ; anhydre ; c'est dire séché à l'étuve à 200°C durant 2h puis refroidi au des dessiccateurs.
- **Mode opératoire** : pour réaliser cet essai on a (Figure 09):

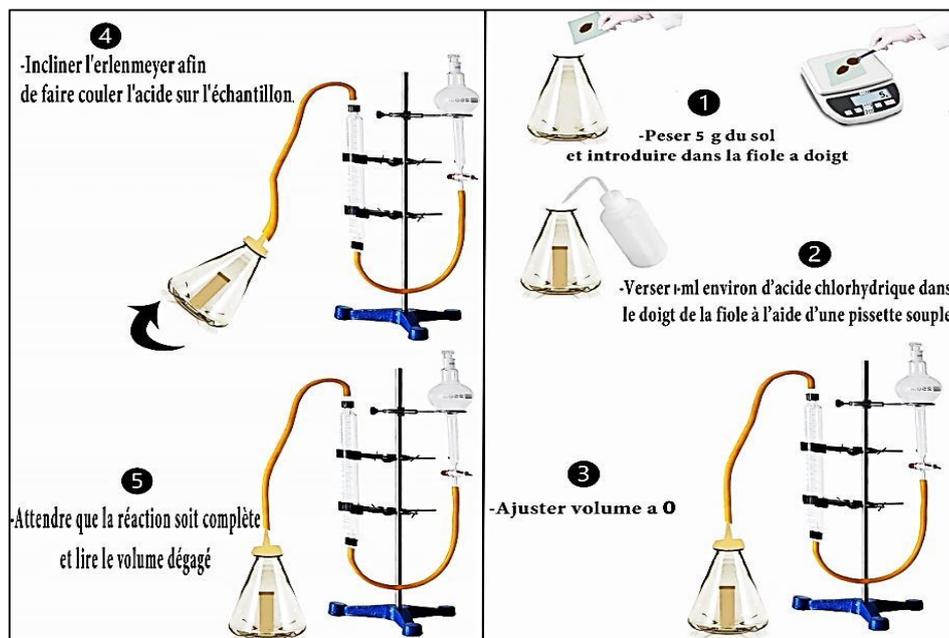


Figure 09 : Protocole d'analyse de calcaire total dans le calcimètre de Bernard (Chenini et Elgueroui, 2019).

- **Calculs** : Afin d'éviter les corrections de T° on peut étalonner l'appareil chaque jour avant chaque série de mesures avec 0.2g de carbonate de calcium par le même procédé que les mesures proprement dites ; soit V₄ le volume de CO₂ obtenu, mais ce procédé est long.

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

$$0.2/V_4 = P \cdot X / V_3 \cdot 100$$

$$X = 30 V_3 / V_4 \cdot P$$

- X = % de carbonate de calcium
- P : prise d'essai en g
- V₃ : volume de CO₂ en ml dégagé par le carbonate de calcium contenu dans la prise de terre P,
- V₄ : volume de CO₂ en ml dégagé par 0,2 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)** : Le dosage de la matière organique est réalisé selon la méthode de Walkley et Black modifiée. Le taux de matière organique est calculé par l'équation ci-dessous, après avoir estimé le carbone organique (C.O.) à 58% de la M.O (Mathieu et al, 2003).

$$MO (\%) = \% C \times 1,724$$

- **Matériels utilisés** : 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 10)**

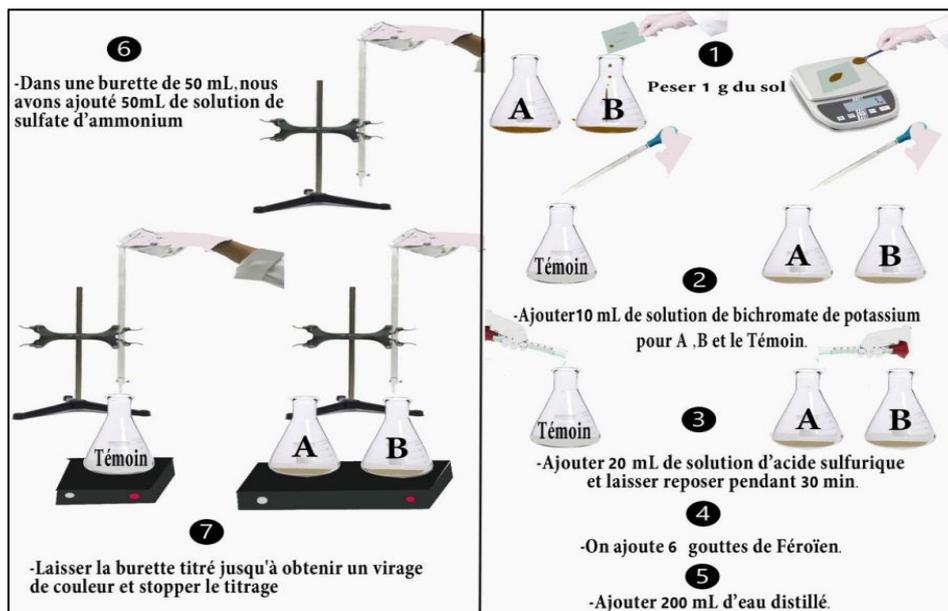


Figure 10 : Protocole d'analyse de la matière organique (Chenini et Elgueroui, 2019).

Mesure du taux de la matière organique (MO) par méthode de Walkley et black modifiée

- **Réactif** : Pour réaliser cet essai nous avons utilisé 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 ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) < sel de Mohr > Phénantroline 1-10 ($C_{12}H_8N_2$, H_2O).
- **Préparations des solutions**
 - **Solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) 0.25 mol.L⁻¹** : Dans une fiole jaugée de 2000ml contenant environ 900 ml d'eau déminéralisée ; ajouter lentement 28 ml d'acide sulfurique. Ajuster au volume. Homogénéiser.
 - **Solution de Bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), 0.1666 mol.L⁻¹** : Dans une fiole jaugée de 1000ml contenant environ 700 ml d'eau déminéralisée ; dissoudre 49.00g de Bichromate de potassium. Ajuster au volume. Homogénéiser.
 - **Solution de sulfate d'ammonium-fer(II) hexa hydraté ($(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) *sel de Mohr*. 0.5 mol.L⁻¹** : Dans une fiole jaugée de 2000ml contenant environ 1000 ml d'acide sulfurique; dissoudre 392.160g de sel Mohr. Ajuster au volume avec la solution d'acide sulfurique. Homogénéiser. Se conserve au maximum 2 semaines.
 - **Féroïen (indicateur redox)** : Dans une fiole jaugée de 100ml contenant environ 90 ml d'eau déminéralisée ; dissoudre 0.974g de sel de Mohr et 1.485g 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 inférieur à 8 ou supérieur 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 300ml.
 - Ajouter 10ml 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 30mn. Ainsi l'oxydation peut se développer. Au bout de 30 mn ajouter 150 ml d'eau déminéralisée pour stopper la réaction.
- **Calcul** : Les paramètres sont calculés en fonction de la relation suivante :

$$C (\%) = (10 - Vx) \times 0.39/P$$

$$M.O (\%) = C \times 1.724$$

Avec : P: poids de la prise de terre en g.
V: nombre de ml de sel de Mohr utilisée.
x : terme correctif pour le sel de Mohr.

e) **Analyse Chimico-pondérale**

- **Matériels utilisé** : Pour réaliser cet essai on utilise le matériel suivant :

Mélange de sol	Balance digitale	Etuve
Série des tamis	HCL (10%)	Eau distillée
Tamiseuse	Béchers	Plaque chauffante
- **Mode opératoire** : Après la préparation des outils essentiels et pour chaque échantillon:
 - On prend un poids déterminé du mélange de sol.
 - On le tamise, dans la série des tamis, à l'état humide afin de séparer le quartz de sol et d'obtenir la fraction fine (<0.063mm).
 - On met les tamisât dans l'étuve pour les sécher.
 - On prend un poids de la fraction $\leq 0.063\text{mm}$ sèche et on le met dans un bûcher déjà pesé on aura donc :

Le poids de bûcher +le poids de la fraction $\leq 0.063\text{mm}$ utilisée.
 - Ensuite on fait ajouter l'HCl dilué (10%) et puis on agite et on chauffe en même temps à une température inférieure à 80°C, au fur et à mesure de la manipulation, les carbonates se volatiles, jusqu'à l'effet négatif de l'HCl, C.-à-d., absence totale d'effervescence.
 - En dernier lieu, on ajoute une quantité suffisante d'eau distillée et on laisse les particules des échantillons de se décanter pendant un jour pour assurer une bonne décantation; on verse l'eau distillée et on répète l'opération une 2ème
 - On porte ensuite l'échantillon pour le sécher dans une étuve sous une température d'environ 100 °C jusqu'à la disparition de la dernière goutte d'eau

et après séchage complet, on pèse le bécher avec le résidu sec restant. On obtient donc: ***Le poids de bécher + le poids de résidu sec.***

- On calculant le pourcentage des limons, des carbonates et de quartz dans l'échantillon complet et les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 04.

$$\text{Poids d'argile} = (\text{résidu sec} + \text{poids bêche}) - (\text{poids de bicher})$$

$$\text{Poids de carbonates} = (\text{poids de bêche} + \text{poids de la fraction } \leq 2 \text{ mm utilisée}) - (\text{poids de bêche} + \text{résidu sec}) \text{ (Vatan, 1967).}$$

- Enfin ces résultats sont interpolés et représentés sur des diagrammes ternaires selon le modèle de Czerminski, à l'aide du logiciel de Statistica (version, 10).

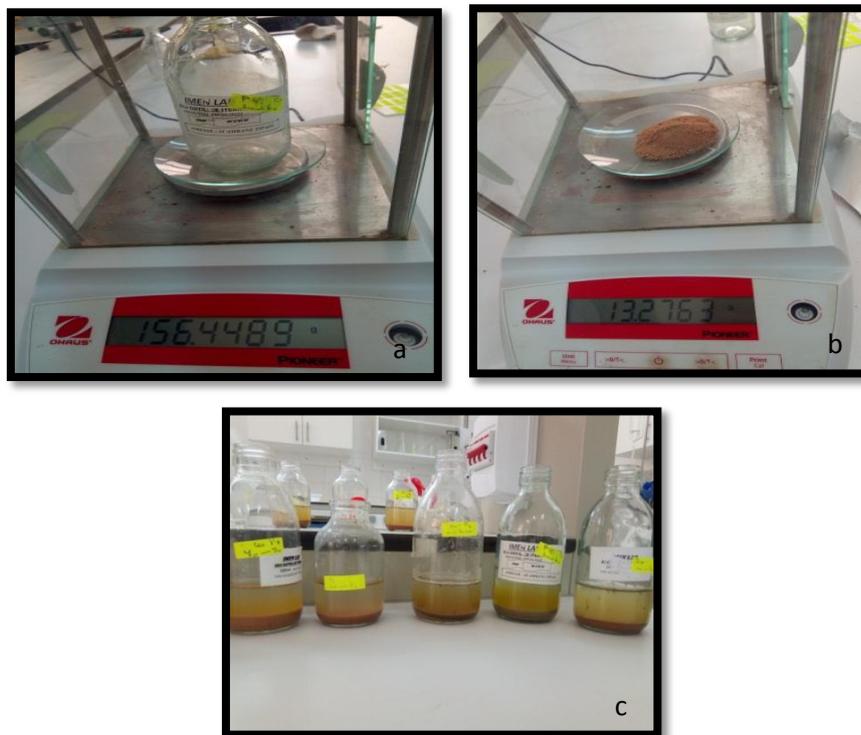


Figure 11 : Analyse Chimico-pondérale (a : pèse de bécher, b : pèse d'échantillon, c : décantation du sol après l'ajout de l'HCl)

f) Analyse statistique

Les résultats obtenus lors de l'expérimentation ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) à un seul facteur a été mise en évidence en utilisant le logiciel STATISTICA 10.

Chapitre 2 :

Résultats et Discussions

Résultats et Discussions

1. Description visuelle des profils pédologiques sur terrain

Des visites scientifiques sur ce site au 07/03/2021, 07/04/2021 et 11/04/2021 permis d'effectuer d'une part, des profils pédologiques verticaux du sol à six points jusqu'à 120 cm, un point est prélevé avant la station d'épuration et 5 points sont prélevés après la même station (Figure 12), et de connaître les caractéristiques de chaque profondeur à chaque point de l'autre.

Tableau 03 : Description visuelle et comparative des profils pédologiques de Kaf Dokhan

Point et Cordonnées GPS	Date	Description
Point 1 32°26'11.70N 3°47'57.35E	11/04/2021	0 à 40 cm Sable sableux, sec, beige Pas de racine pas de cailloux
		40 à 70 cm Sable sableux, sec, beige Pas de racine et présence de cailloux
Point 2 N 32.43793° E003.79581°	11/04/2021	0 à 60 cm Sable argileux, Rouge brique, humide présence des racines et des cailloux
Point 3	11/04/2021	0 à 90 cm Sable argileux, rouge brique, humide Présence des cailloux.
Point 4 N 32°26112° E3°51419°	07/03/2021	0 à 20 cm : 2 horizons : 0 à 10 cm : sable argileux, humide, marron Présence des racines. 10 à 20 cm : sable peu argileux humide Beige, Peu des racines.
		30 à 60 cm 1 horizons : Sable argileux, humide, Vert-beige absence des racines
		70 à 90 cm 1 horizons : Peu argileux, humide, beige Absence des racines
Point 5 N 32.40840° E003.88930°	07/04/2021	0 à 40 cm 1 horizon : Sable argileux, humide, marron Présence des racines.
		40 à 60 cm 1 horizon : Argileux humide beige présence des racines et matière organique
Point 6 N32.42822° E003.88016°	07/04/2021	0 à 30 cm 2 horizons : S. argileux humide 1 : marron 2 : noir (présence de M.O)
		30 à 50 cm 1 horizon S. argileux, humide, Noir (présence de M.O)

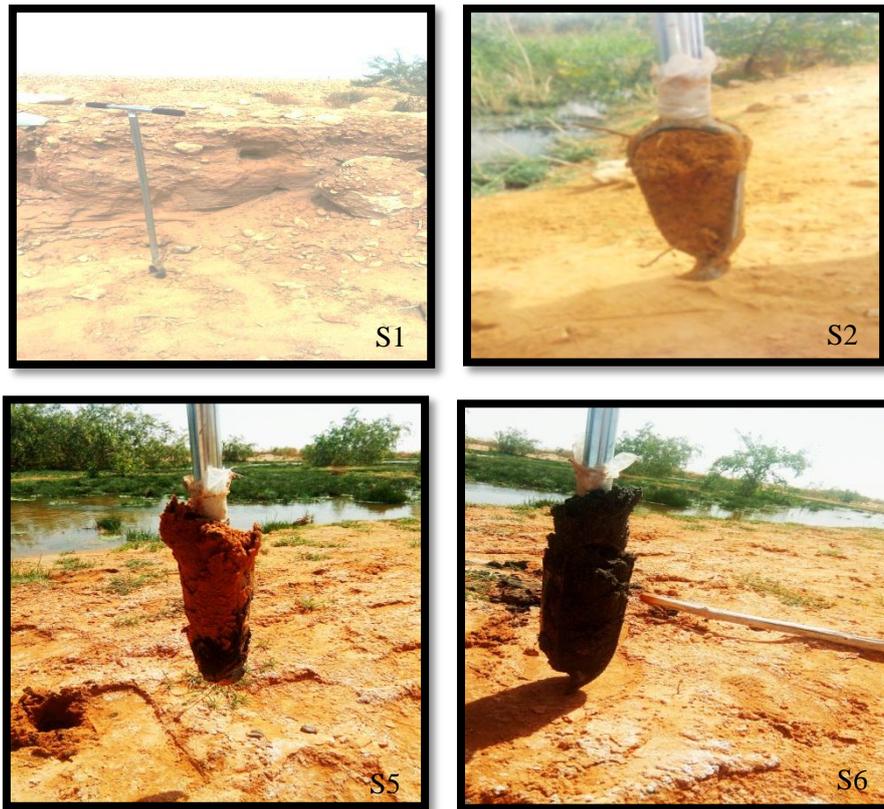


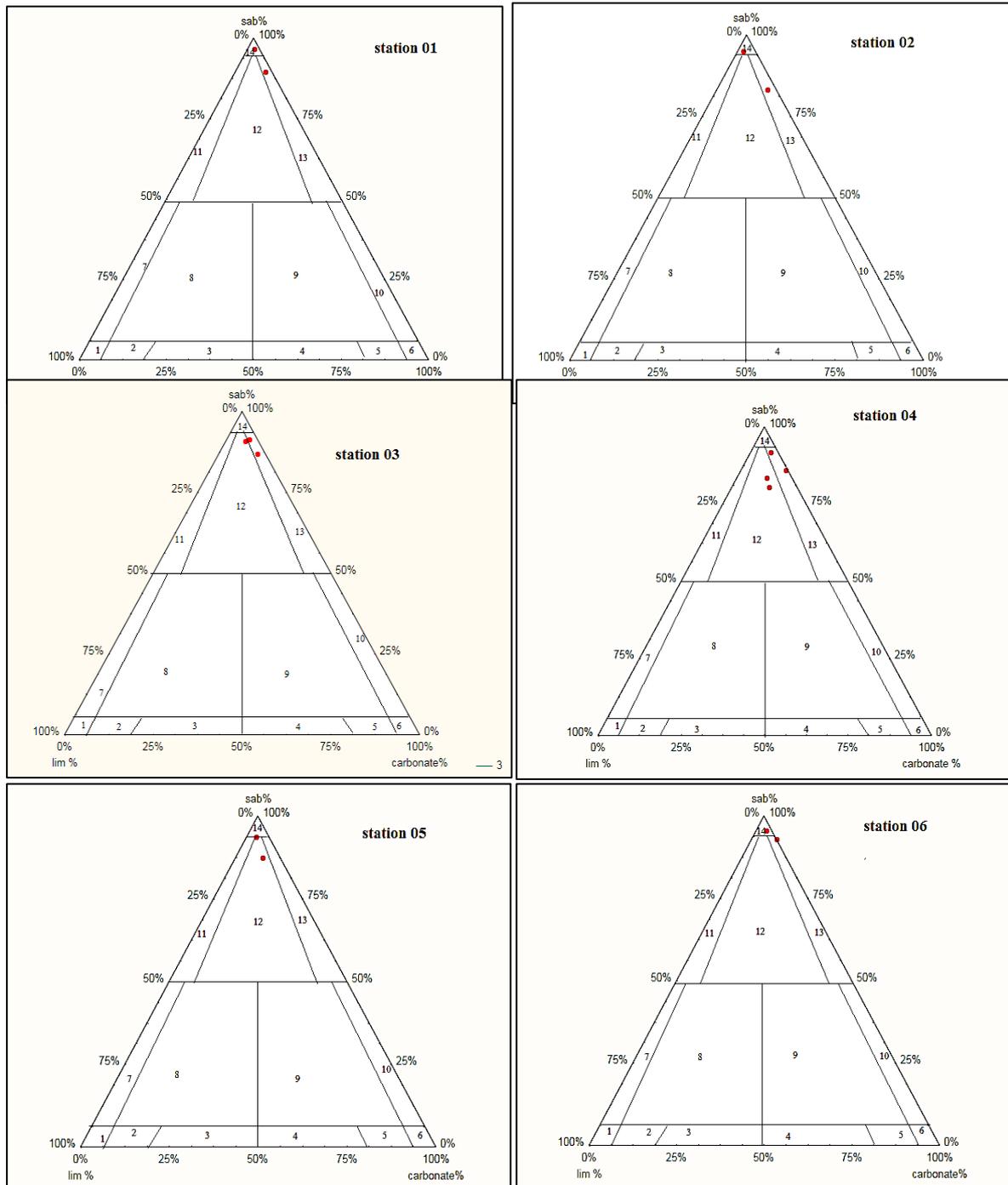
Figure 12 : Mode de prélèvement des échantillons à l'aide de tarière manuelle.

2. Analyse Chimico-pondérale

Les résultats obtenus des sols examinés sont regroupés dans le tableau ci-après (Tableau 04) et représentés sur des graphiques ternaires (Figure 13).

Tableau. 04 : Résultats d'analyse chimico-pondérale de sols examinés.

point	Profondeur (m)	% Sables	% Limons	% Carbonates
1	0 à 40	89,55	2,01	8,44
	40 à 70	96,58	1,53	1,89
2	0 à 30	94,93	3,34	1,73
	30 à 60	83,18	2,41	14,41
3	0 à 30	86,90	2,22	10,88
	30 à 60	91,44	2,29	6,27
	60 à 90	90,91	3,54	5,55
4	0 à 10	80,38	8,56	11,06
	10 à 20	91,68	2,39	5,93
	30 à 60	85,96	0,62	13,42
	70 à 90	83,59	7,70	8,71
5	0 à 40	93,74	3,69	2,57
	40 à 60	87,35	5,10	7,55
6	10 à 30	95,57	1,66	2,77
	30 à 50	92,83	0	7,17



Légende : 1.Limon, 2. Limon Marneuse, 3. Marne Limoneux, 4. Marne, 5. Calcaire Marneux, 6.Calcaire, 7. Limon Sableux, 8. Limon Marno-Sableuse, 9. Calcaire Marno-Sableux, 10. Calcaire Sableux, 11. Grés Limoneux, 12. Grés Marneux, 13. Grés Calcareux. 14. Grés.

Figure 13 : Présentation ternaire des résultats d’analyse chimicopondérale et classification des sols de les 06 stations (Kaf Dokhan-après la station d’épuration) selon le modèle de Czerminski.

L’analyse des échantillons examinés (six stations) a montré, en général, la prédominance des sables avec un pourcentage dépasse 80% dans le site étudié (Kaf Dokhan). La représentation de ces résultats sur les diagrammes ternaires (le modèle de Czerminski), a

donné pour les stations 01, 02, 03 et 06 des grès et grès calcaireux (Figure 13) avec un taux de sable varie de 83.18 à 96.28%, un taux de carbonates de 1.73 à 14.41% et un taux de limons de 0 à 3.54% (Tableau 4) et pour les deux station 04 et 05, ces analyses ont donné des grès marneux et grès calcaireux (Figure.13) avec une teneur en sable de 80.38 à 93.74%, une teneur en carbonate de 2.57 à 13.42% et une teneur en limons varie de 0.62 à 7.70% (Tableau 4).

D'après ces résultats en marque que les horizons traversés par la tarière sont caractérisés, d'une part, par la prédominance de sables car le site étudié est un lit d'oued et ce sable est le remplissage des cours d'eau, aussi dans ce site la teneur en carbonates de calcium est moyenne où elle dépasse 14% ; ce qui signifié que le sol étudié est calcaireux et l'origine de ces carbonates est le lessivage des formations géologiques préexistantes qui sont des calcaires (berges d'Oued) et d'autre part, la teneur en limons dans les sols de Kaf Dokhan est majoritairement faible à nulle; ces teneurs sont dus à la localité des points d'échantillonnage (au niveau de lit d'Oued) qui est caractérisé par un écoulement rapide et permanent ce qui favorise le transport des particules fines à des longue distances et empêche leurs décantation.

3. Analyses physico-chimiques

3.1. Variation du pH du sol de Kaf Dokhan en fonction des points

Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans le tableau 05 et son interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure14) :

Tableau 05 : Résultats de mesures de pH du sol de Kaf Dokhan

point	Profondeur (cm)	pH
P 1	00-40	7,92
	40-70	7,82
P 2	00-30	7,43
	30-60	7,53
P 3	00-30	7,48
	30-60	7,82
	60-90	7,77
P 4	00-10	7,29
	10-20	7,49
	30-60	7,74
	70-90	7,97
P 5	00-40	7,52
	40-60	7,8
P 6	00-30	7,52
	30-50	7,55

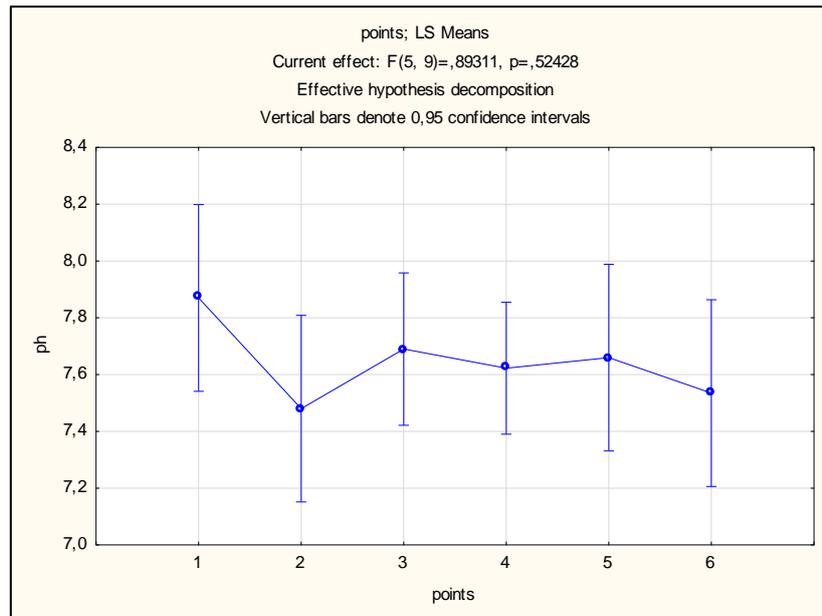


Figure 14 : Variation de pH en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.

D'après le tableau ci-dessus (Tableau 05), les résultats obtenus de la mesure de pH du sol de Kaf Dokhan montrent que le pH de ces sols est varié de 7,60 et 8,20 pour le point 1 (profil d'échantillonnage) qui se situe avant la station d'épuration avec un moyenne de 7,81 et de 7,2 à 7,9 pour les points 2, 3, 4, 5 et 6 avec une moyenne de 7,5 à 7,7. L'interpolation de ces résultats sur le diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 14) montre 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 Souid (pas d'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 – 30cm, 7,96 et 8,26 pour l'horizon 30–60cm et 8,04. 8,35 pour l'horizon 60 – 90cm avec une moyenne de 8,05, 8,1, 8,19 respectivement pour chaque horizon.

3.2.Variation de la Conductivité Electrique (CE) du sol de Kaf Dokhan en fonction des points

Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans le tableau 06 et sont interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 15) :

Tableau 06 : Résultats de mesures de la CE du sol de Kaf Dokhan

point	Profondeur (cm)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
P 1	00-40	895
	40-70	1728
P 2	00-30	1102
	30-60	1544
P 3	00-30	1386
	30-60	835
	60-90	1154
P 4	00-10	1557
	10-20	1319
	30-60	1166
	70-90	883
P 5	00-40	1315
	40-60	816
P 6	00-30	1429
	30-50	1381

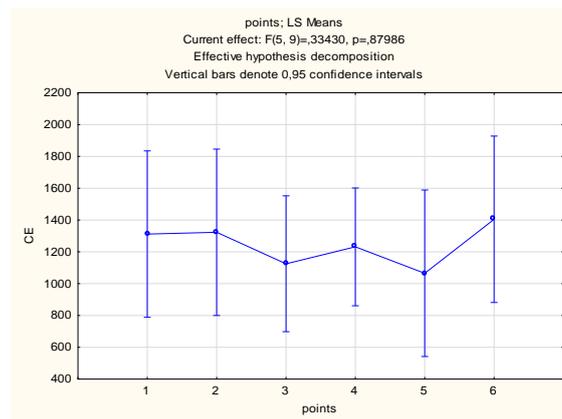


Figure 15 : Variation de CE en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.

Les mesures des valeurs de la Conductivité Electrique (CE) des sols de la région de Kaf Dokhan, avant la station d'épuration (P1), ont donné 895 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon superficiel (0-40cm) et 1728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon profond (40-70cm). Cependant, ces mesures ont donné, pour les sols qui se situent après la station d'épuration (P1, P2, P3, P4, P5 et P6), des valeurs variées de 1102 à 1557 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le même horizon de 0 à 40cm et 816 à 1544 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'horizon profond de 40 à 70cm. L'interpolation de ces valeurs sur le diagramme ANOVA permet de constater que les valeurs de CE sont assez proches et n'ont pas une différence significative entre elles ($p=0,87 > 0,05$). Si nous considérons l'ensemble des valeurs de CE des six points ; une moyenne de 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a été notée pour les sols qui se situent avant la station d'épuration avec un maximum de 1810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un minimum de 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P1) et pour les sols qui se situent après la station (P2, P3, P4 et P5), la valeur moyenne de CE est de

1090 à 1310 $\mu\text{S/cm}$, dont le maximum est atteint 1600 $\mu\text{S/cm}$ et le minimum est de 590 à 850 $\mu\text{S/cm}$. Pour le point le plus éloigné de la station d'épuration (P6 à 20km) en note la moyenne la plus élevée 1400 $\mu\text{S/cm}$ et le maximum le plus élevé 1900 $\mu\text{S/cm}$ avec un minimum de 890 $\mu\text{S/cm}$.

Les mêmes constatations sont enregistrées, pour les analyses des sols de Dayat Oum Soud, 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 ($p = 0,76 > 0,05$) avec une moyenne de 1681.77 $\mu\text{S/cm}$ notée pour le premier horizon (0-30 cm) avec un maximum de 2314,88 $\mu\text{S/cm}$ et un minimum de 1060,20 $\mu\text{S/cm}$ et une moyenne de 1932,19 $\mu\text{S/cm}$, un maximum de 2564,88 $\mu\text{S/cm}$ et un minimum de 1300 $\mu\text{S/cm}$. En revanche, la moyenne la plus élevée est celle notée dans l'horizon 60 à 90 cm (1990,73 $\mu\text{S/cm}$) avec un maximum et un minimum de 2624,82 $\mu\text{S/cm}$, 1359,94 $\mu\text{S/cm}$ respectivement.

3.3. Variation de la matière Organique (M.O) du sol de Kaf Dokhan en fonction des points :

Les résultats obtenus de cette analyse sont regroupés dans le tableau 07 et son interpolés sous forme de diagrammes ANOVA d'un seul facteur ci-après (Figure 16) :

Tableau 07: Résultats de mesures de M.O du sol de Kaf Dokhan

Point	Profondeur (cm)	M.O (%)
1	00-40	1,25
	40-70	0,36
2	00-30	1,79
	30-60	0,52
5	00-40	0,98
	40-60	0,33
6	00-30	1,34
	30-50	0,38

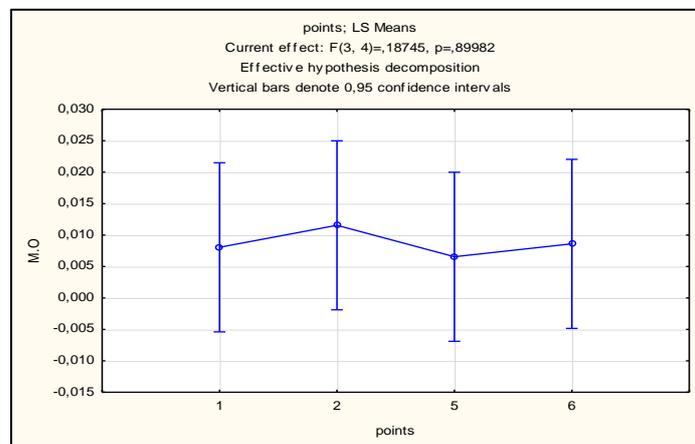


Figure 16 : Variation de M.O en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.

Les analyses du sol de Kaf Dokhan, pour la matière organique, ont donné pour le premier point d'échantillonnage (avant la station d'épuration) une teneur de 1.25 % pour l'horizon 0 à 40cm et 0.36 % pour l'horizon 40 à 70 cm et après la station d'épuration, point d'échantillonnage 2, 5 et 6, elles ont donné une teneur varie de 0.98 à 1.79 % pour l'horizon 0-40cm et une teneur de 0.33 à 0.52% pour l'horizon 40 à 70cm. L'interpolation de ces résultats sur diagramme ANOVA d'un seul facteur ci-dessus (Figure 16) a donné que les valeurs de la matière organique enregistrées ont révélé une différence notable entre les quatre points examinés. Celle-ci n'est pas assez significative ($p= 0,89 > 0,05$). Néanmoins, elles présentent un gradient décroissant des teneurs en matière organique (0,011 à 0.08 %). Pour les sols qui se situent avant la station d'épuration, on note maximale de 0.022 % et une valeur minimale de 0,004 %, pour les trois points qui sont après la station on note le maximum le plus élevé est de 0.025 % et un minimum de 0.005%.

Bien que les valeurs de la matière organique enregistrées pour l'analyse des sols de Dayat Oum Soud, qui ont été effectuée en 2019 par Chenini et Elgueroui, révèlent que la différence entre les horizons examinés n'est pas assez significative ($p= 0,13 > 0,05$). Néanmoins, le gradient décroissant de la matière organique est notée ; pour l'horizon 0-30cm (1,15%) avec une valeur maximale de 1.37% et minimale de 0,92% ont été notées, pour l'horizon 30-60cm (0,86%) et pour l'horizon 60-90 cm (0,87%). Chez le profil (0-30).

3.4. Variation de calcaire total du sol de Kaf Dokhan en fonction des points

Les résultats obtenus de cette analyse sont récapitulé dans le tableau ci-après (Tableau 08) et sont interpolés sous forme d'histogramme (Figure17).

Tableau 08 : Résultats d'analyse du calcaire total des sols de Kaf Dokhan.

Point (p)	Profondeur (cm)	Carbonate (%)
1	00-40	5,23
	40-70	5,23
2	00-30	12,91
	30-60	16,40
3	00-30	10,47
	30-60	4,53
	60-90	4,53
4	00-10	8,37
	10-20	52,33
	30-60	26,16
	70-90	8,72
5	00-40	3,49
	40-60	3,84
6	00-30	2,09
	30-50	2,44

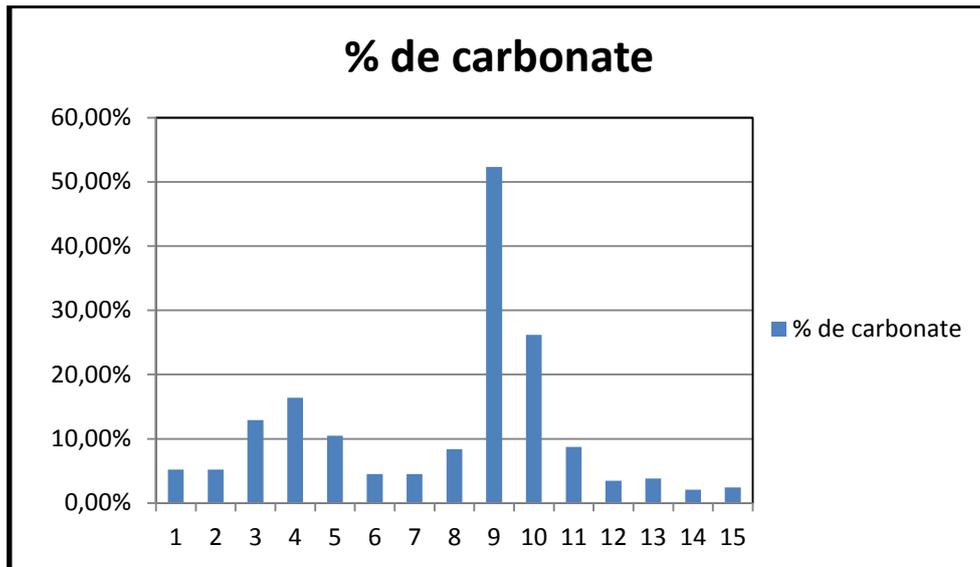


Figure 17 : Variation de calcaire total en fonction des points du sol de Kaf Dokhan.

Les résultats obtenus de l'analyse du calcaire total des sols ramenés de la région de Kaf Dokhan montrent que ce paramètre est de 5,23 % pour l'horizon 0 à 40 cm et de 5,23 % pour l'horizon 40 à 70 cm du point d'échantillonnage 1 et pour les points 2, 3 et 4 (après la station d'épuration), 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. En revanche le point d'échantillonnages 5 et 6 montre un pourcentage de CaCO_3 entre 2,09 et 3,49 % pour l'horizon 0 à 40cm et de 3,84 à 2,44 % pour l'horizon 40 à 70 cm (Tableau 08 et Figure17).

Comparativement aux travaux de Chenini et Elgueroui en 2019 sur les sols de Dayat Oum Soud, les résultats obtenus pour l'analyse du calcaire total, 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.

4. Discussions

Les observations visuelles pendant la réalisation des profils pédologiques verticaux ont montré une texture argilo-sableuse. Cependant les analyses au laboratoire ont donné une texture sableuse. Cette variation peut-être due à l'état du sol pendant l'échantillonnage (humide) et le sol a été séchés à l'air libre pour traité à l'état naturel.

Pour le pH, les résultats montrent que le sol de Kaf Dokhan à un pH compris généralement entre 7.2 et 8.2. Selon Morand (2001) (annexe 02), ces valeurs nous amènent à considérer que ce sont des sols moyennement alcalins et les travaux de Elgaraoui et Chenini en 2019 sur le sol de Dayat Oum Souid montre que ces valeurs indiquent que ces sols sont neutres à moyennement alcalins (7.6 à 8.2).

Selon les résultats obtenus de la conductivité électrique des sols on peut classer, selon Durand (1983) (annexe 03), les sols de Kaf Dokhan comme étant un sol légèrement salé à salé. Des études similaires sur les sols de Dayat Oum Souid rapportent que ces sols sont très salés (Chenini et Elgharoui, 2019), cette salinisation provient expliquée par une évaporation supérieure à la précipitation (Kaboul, 2016).

Selon Aubert (1978) (annexe 04), les résultats obtenus de dosage de la matière organique, le sol de Kaf Dokhan est un sol pauvre en MO et d'après Dabin, 1970, une bonne teneur en matière organique dans un sol sableux doit être supérieure à 11 %. D'une manière générale, le taux de la matière organique dans les zones arides est généralement faible < 1% (Halitim, 1988). Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de sa faible biomasse (Chenini et Elgharoui, 2019).

En fin, les sols de la région d'étude (Kaf Dokhan) sont caractérisés par un faible taux de calcaire et moyennement à forte calcaire (Morand, 2001) (annexe 05). Selon Legros (2007), les sols moyennement calcaires ont un pH relativement alcalin. Ce taux explique la faible teneur en matière organique du sol étudié. Cependant, le taux de calcaire quand il est faible ne dépasse pas 10 % selon (Kaboul, 2016).

Conclusion

Conclusion

L'étude des sols de Kef Dokhan, wilaya de Ghardaïa, est une contribution à la connaissance des sols sahariens. Les résultats obtenus, à travers cette étude, qui mettent en évidence les caractéristiques physiques et chimiques des sols dans la région étudiée, nous permettent de comprendre et de connaître quelques propriétés de ces sols.

L'observation sur terrain à donner une texture argileuse, par contre les analyses chimico-pondérales ont montré une texture sableuse. Les analyses physiques et chimiques montrent que la plupart de ces sols : sont pauvres en matière organique (<1%), sont des sols moyennement alcalins (7.2 et 8.2), sont légèrement salés à salé dans tous les horizons des stations et leurs concentrations de calcaire total sont faibles pour la majorité des horizons.

Enfin notre travail n'est pas suffisant pour couvrir toute la région et doit être complété par d'autres travaux, avec d'autres paramètres, pour le mieux comprendre les caractéristiques de sol de cette région.

Références bibliographiques

- **Abdous S.A. Belkhef K., 2019.** Caractéristiques physiques et chimiques des sols sous vignes traitées. Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, p 7.
- **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. ORSTOM. Paris.
- **Aubert G., 1978.** Méthodes D'analyses Des Sols. C.N.D.P. Marseille, 191 P.
- **Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie (éd. Inra). Paris.
- **Baize D., 2004.** Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation Interprétation. 2eme Ed INRA, Paris, 257p.
- **Ben Brahim F., 2018.** Variabilité spatiale de la qualité du sol dans les agrosystèmes du Sahara algérien. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba, 123p
- **Benhedid H., Bensemaoune Y., Daddi bouhoun M. Rezzag A., Geurbouz F.** impact des eaux usées épurées sur la qualité des sols en aval de l'oued m'Zab. Gestion des sols et problèmes posés. 2017.
- **Chenini S. Elgaraoui F., 2019.** variabilité spatiale et analyse physico-chimique des sols et 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 Ed. Adolphe Jourdon, Algérie, 41p.
- **Dabin B. Segalen P., 1970.** techniques rurales en Afrique, pédologie et développement, Ovaty- Paris, dépôt légal n° 6, p 29.
- **Dahou F., 2014.** Etude des sols alluvionnaires d'oued metlili, Diplôme d'ingénieur d'état. université de Kasdi Merbah Ouargla p 07.
- **Dajoz R., (1971).** Précis d'écologie. Ed. DOUNOD, Paris, 434p.
- **Département de Planification et de L'aménagement du Territoire., 2009 (D.P.A .T).** Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142p.
- **Dubost D., 1991.** Ecologie. Aménagement et développement des oasis algérienne. Thèse d'état de l'université de Tours, pp. 45-48.
- **Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, p 384.
- **Heller., 1969.** Influence des conditions d'engorgement du sol sur l'évolution de l'état hydrique de jeunes plants d'Epicea (Picea abies L). 21p
- **Gobat J.M. Aragno M. et Matthey W., 2010.** Le sol vivant 3^{ème} édition. presses polytechniques et universitaires romandes. p 51-165-168.
- **Gros R., 2002.** Fonctionnement et qualité des sols soumis à des perturbations physiques et chimiques d'origines anthropiques : réponses du sol, de la flore et de la microflore bactérienne tellurique. Ecologie, Environnement. Université de Savoie, 2002. Français.
- Tel-00006161f. 227p
- **Kaboul A., 2016.** Étude des croûtes biologiques des sols des zones arides (cas De la région d'Ouargla et la région de El 'Oued), Université de Kasdi Merbah –Ouargla, Master Académique p83.
- **Kaci S., 2005.** Contribution à l'étude des potentialités de l'apiculture en milieu oasien: cas de la wilaya de Ghardaïa Mémoire. D'Ing. D'Etat. en Agr. Saha., Dpt des Sciences Agronomiques, U.K.M. - Ouargla, 144p.

- **Karlen D.C., Mausbach M.J., Doran J.W., Clire R.G., Harris R.F., & Schuman G. E., (1997).** Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 4-10.
- **Koull N., 2007.** Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région Ouargla. Mémoire de magister, université Ouargla, p 99.
- **Kouzit 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 Ing. Agro. Université Ouargla.
- **Legros J.P., 2007.** Les grands sols du monde. Presses polytechniques et universitaires romandes. Espagne. 574 p
- **Mathieu C. Pieltain F. et Jeanroy, E., 2003.** Analyse chimique des sols: méthodes choisies. Tec & doc, 376p.
- **Monod T., 1992.** Du Désert. Sécheresse, 3(1), pp.7–24.
- **Nemer W., 2015.** Etude pédologique et floristique des différents sols selon un gradient de pollution. Mémoire de Magister. Université Tizi-Ouzou
- **Noumeur S. R., 2008.** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote tellurique de la région de Hamla (Batna). Mémoire de magister, I.N.A., Alger, 74p.
- **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., 1991.** Flore du Sahara. Edition du centre nationale des recherches scientifiques, Paris, 662p.
- **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
- **Vatan A., 1967.** Manuel de sédimentologie. TECHNIP (Éd.), 397p.

Annexe

Annexe 01 : Tableau. Résultats de calcaire total.

point	Profondeur	V. CO ₂ (ml)	% de Carbonate
P 1	00-40 cm	7.5	5,23%
P 1	40-70 cm	7.5	5,23%
P 2	00-30 cm	18.5	12,91%
P 2	30-60 cm	23.5	16,40%
P 3	00-30 cm	15	10,47%
P 3	30-60 cm	6.5	4,53%
P 3	60-90 cm	6.5	4,53%
P 4	00-10 cm	12	8,37%
P 4	10-20 cm	7.5	52,33%
P 4	30-60 cm	37.5	26,16%
P 4	70-90 cm	12.5	8,72%
P 5	00-40 cm	5	3,49%
P 5	40-60 cm	5.5	3,84%
P 6	00-30 cm	3	2,09%
P 6	30-50 cm	3.5	2,44%

Annexe 02 : Tableau. pH du sol (extrait aqueux 1/5) (Morand, 2001).

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

Annexe 03 : Tableau. Classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand (1983)

Classe	Désignation	CE (µS/cm)
I	Non salé	0 à 500
II	Légèrement salé	500 à 1000
III	salé	1000 à 2000
IV	Très Fortement salé	2000 à 4000
V	Excessivement salé	Plus de 4000

Annexe 05 : Tableau. Classe de matière organique (AUBERT, 1978)

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

Annexe 04 : Tableau. 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