

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



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

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Science biologiques

Spécialité : Ecologie

Par : DAOUDI Noura
BENHAMED Meriem

Thème

**variabilité spatiale de quelques propriétés du sol
dans les palmeraies
de la région d'EL Guerrara (Ghardaia-Algérie) .**

Soutenu publiquement, le / / 2022, devant le jury composé de :

Mr. BENSLAMA Abderraouf	Maitre-Assistant B	Univ. Ghardaia	Président
Mr. BEN BRAHIME Fouzi	Maitre-Assistant A	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
Mr. DAREM Sabrina	Professeur		Co-Directeur de mémoire
Mr. Mebarek Oudina Asmahane	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Examineur 1

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciement :

Avent tout

Un grand merci au Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la force pour concrétiser cet humble travail.

En particulier

Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude s'adresse à notre encadreur de thème Dr. BENBRAHIM Fouzi Qui a accepté de nous encadrer, et Melle. DAREM Sabrina Merci beaucoup de nous aider Conseils, patience et rigueur.

Également

Les membres du jury qui nous ont fait l'immense honneur d'évaluer ce travail.

Monsieur BEN SAMONE YOUSEF Chef du Département de Biologie, Université de Ghardaïa. et équipe de laboratoire de l'université de Ghardaïa : MOULAY ABDALLAH.B, BENHAMOUDA.H, HADJ AMER Nadjat, HADJ AISSA Abdelmadjid, de ses aides et ses conseils scientifiques pendant la réalisation des essais au laboratoire.

En plus

*Mes sincères remerciements et ma gratitude vont à : Eng. BEN HAMED.L.
M DAOUDI.M ; Dr. CHNINI.N ; Mme BELAID.S ; Dr. CHWAIREB.M ;
Mm HAMEL. A ; DAOUDI Ismail ; BEN HAMED Omar, BABA AMER Salah. et Je remercie tous l'équipe de laboratoire de ADE,
Pour des conseils, des conseils et de l'aide.*

Et enfin

Nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidé ou encouragé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Meriem, Noura



Dédicace

*Nous dédions cet humble travail en signe de respect et
Mercie aux familles BEN HAMED et DAOUDI, et bien plus encore, nous le devons à nos
bons parents qui avancent*

Un accompagnement permanent et une confiance au quotidien, donc,

Nous ne pouvons pas exprimer notre gratitude avec des mots seuls. Que Dieu les garde.

*À nos chères sœurs, " Fatima, Khaira, El hadja, Safaa, Keltoume, Meriem, Nadjat, Hadda,
Fatoume, Khadidja"*

*A mes chers amis " Dounia, salma, Yasmine, Chourouk, Ouissame, Fatima, Hafsa, El hadja
manoubia, Maroua, Maroua lamisse"*

Pour tous les professeurs et étudiants du deuxième master en ECOLOGIE promo 2021/2022.

Meriem, Noura



Résumé

L'étude de la durabilité et de la performance de l'agriculture oasienne dans les zones arides passe par l'étude des systèmes de production agricoles, de leur dynamique d'évolution et des impacts de l'activité agricole sur le sol. Notre travail réalisé dans la région de El-Guerrara (Ghardaïa) porte sur l'étude de l'impact de la phoeniculture sur l'évolution du sodium, potassium, pH et de la salinité du sol suivant un échantillonnage systématique sur une maille régulière 10*10m en comparant les données d'une parcelle cultivée à une parcelle non cultivée (témoin).

L'analyse de l'eau d'irrigation de la palmeraie, montre que sa qualité varie de moyenne à mauvaise. Le sol est peu salé, légèrement alcalin, riche en sodium et potassium. L'analyse de la variance des paramètres étudiés a montré une augmentation significative avec une variabilité spatiale très élevée pour la salinité et le potassium, faible pour le pH et extrêmement élevée pour le sodium. De ce fait, on constate que l'intensification agricole en zones arides a influencé quantitativement la teneur et la variabilité spatiale des propriétés du sol. Il est noté que ce problème constitue un danger réel sur l'agriculture en irriguée, où on doit prendre en considération une gestion intégrée et durable des terres agricoles oasiennes

Mots clés : Palmeraie, Guerrara, intensification agricole, salinité, sodium, variabilité spatiale

Abstract

The study of the sustainability and performance of oasis agriculture in arid areas requires the study of agricultural production systems, their evolution dynamics and the impacts of agricultural activity on the soil. Our work carried out in the region of El-Guerrara (Ghardaïa) concerns the study of the impact of phoeniculture on the evolution of sodium, potassium, pH and salinity of the soil following a systematic sampling on a regular mesh 10*10m by comparing the data of a cultivated plot to a non-cultivated plot (control).

The analysis of the irrigation water of the palm grove shows that its quality varies from average to poor. The soil is not very salty, slightly alkaline, rich in sodium and potassium. The analysis of the variance of the studied parameters showed a significant increase with a very high spatial variability for salinity and potassium, low for pH and extremely high for sodium. Thus, it is found that agricultural intensification in drylands has quantitatively influenced the content and spatial variability of soil properties. It is noted that this problem constitutes a real danger on irrigated agriculture, where an integrated and sustainable management of oasis agricultural lands must be taken into consideration.

Keywords: Palm grove, Guerrara, agricultural intensification, salinity, sodium, spatial variability

ملخص

تتطلب دراسة استدامة وأداء زراعة الواحات في المناطق الجافة دراسة نظم الإنتاج الزراعي وديناميكيات تطورها وتأثيرات النشاط الزراعي على التربة. يتعلق عملنا المنفذ في منطقة القرارة (غرادية) بدراسة تأثير زراعة نخيل التمر على تطور الصوديوم والبوتاسيوم ودرجة الحموضة وملوحة التربة بعد أخذ عينات منهجي على شبكة منتظمة 10 * 10 متر مقارنة البيانات من قطعة أرض مزروعة لقطعة أرض غير مزروعة (سيطرة).

يوضح تحليل مياه الري من بستان النخيل أن الجودة تختلف من متوسط إلى فقير. التربة منخفضة الملح وقلوية قليلاً وغنية بالصوديوم والبوتاسيوم. أظهر تحليل التباين في المتغيرات المدروسة زيادة معنوية مع التباين المكاني المرتفع للغاية للملوحة والبوتاسيوم ، وانخفاض الأس الهيدروجيني والعالي للغاية للصوديوم. نتيجة لذلك ، يمكن ملاحظة أن التكتيف الزراعي في المناطق القاحلة قد أثر كميًا على المحتوى والتنوع المكاني لخصائص التربة. ويلاحظ أن هذه المشكلة تشكل خطراً حقيقياً في الزراعة المروية ، حيث يجب مراعاة الإدارة المتكاملة والمستدامة لأراضي الواحات الزراعية.

الكلمات المفتاحية: بستان النخيل ، القرارة ، التكتيف الزراعي ، الملوحة ، الصوديوم ، التباين المكاني

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau	Titre	page
01	Températures (°C.) moyennes mensuelles, des maximas et des minimas pour les dix ans (2010-2021) dans la région Ghardaïa	06
02	Humidité moyennes mensuelles pour les dix ans (2010-2021) dans la région Ghardaïa.	08
03	Données météorologiques de Guerrara (Ghardaïa) (2015-2021)	16
04	Résultats d'analyses de la salinité du sol.	32
05	ANOVA à un facteur : Salinité du sol dans la palmeraie et témoin.	33
06	Résultats d'analyses de la réaction du sol.	34
07	ANOVA à un facteur : pH dans la parcelle cultivée et non cultivée.	35
08	Résultats d'analyses de sodium (Na ⁺).	37
09	ANOVA à un facteur : Na ⁺ dans la palmeraie et la parcelle témoin.	37
10	Résultats d'analyses de potassium (K ⁺).	39
11	ANOVA à un facteur : K ⁺ dans la palmeraie et témoin.	40

LISTE DES FIGURES :

Figure	Titre	Page
01	La situation géographique de la wilaya de Ghardaïa cas de Guerrara	05
02	variations des Températures minimale maximale et moyenne Mensuelle pour les dix ans (2010-2021) de la région Ghardaïa	07
03	Pluviométrie minimale, maximale et moyenne mensuelle pour les dix ans (2010- 2021) de la région Ghardaïa.	07
04	L'Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010/2021).	08
05	variations des énergies solaires Mensuelles de la région Ghardaïa	09
06	variations des vitesses du vent Mensuelle de la région Ghardaïa	09
07	Vue du ciel d'une partie de la Chebka du M'Zab capturée depuis la minuscule fenêtre de l'avion.	10
08	Carte géologique du bas Sahara d'après ERESS (1972).	11
09	Localisation géographique de la zone d'étude	16
10	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	17
11	Localisation de site d'étude	20
12	Plan d'échantillonnage des parcelles étudiées	20
13	Analyses du pH.	22
14	Analyses de la conductivité électrique.	23
15	Analyse de sodium et potassium	25

16	Analyse de chlorure cl-	28
17	Analyse TAC	29
18	Analyse TH	30
19	Analyse de calcium	30
20	Boite à moustaches de la variation de la conductivité électrique du sol.	32
21	Boite à moustaches de la variation de pH du sol.	35
22	Boite à moustaches de la variation de Na+ du sol.	37
23	Boite à moustaches de la variation de k+ du sol.	39
24	Diagramme de PIPER pour les eaux de station d'étude.	42
25	Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation dans la station d'étude (Diagramme de WILCOX)	43
26	Classification des eaux d'irrigation de la station d'étude (Diagramme de RIVERSIDE)	44

Liste des cartes :

Carte	Titre	Page
01	Répartition spatiale de la salinité dans la parcelle témoin.	33
02	Répartition spatiale de la salinité dans la parcelle cultivée.	34
03	Répartition spatiale du pH dans témoin	36
04	Répartition spatiale du pH dans la parcelle cultivée.	36
05	Répartition spatiale du sodium dans la parcelle témoin.	38
06	Répartition spatiale du sodium dans la parcelle cultivée	38
07	Répartition spatiale du sodium dans la parcelle témoin.	40
08	Répartition spatiale du sodium dans la parcelle cultivée.	41

Liste des abréviations :

SAR : Sodium Absorption Ratio

CEC : Capacité d'échange cationique

ANOVA : Analyses of variation

CV : Coefficient de Variation

ms : méli-siemens

μs : micro- siemens

Fig. : Figure

GPS : Global Position Système

pH : Potentiel Hydrique

Tab : Tableau

°C : Degré Celsius

K : potassium

Na : sodium

T : température

TH: Titre hydrométrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

Ca⁺⁺ : calcium

Mg⁺: magnesium

Cl⁻ : Chlorure

P : palmeraie

T : témoin

ANRH : Agence National Des Ressources Hydriques

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des cartes

Liste des abréviations

Introduction	01
I. Présentation de la région de Ghardaïa.....	05
1. Situation et limites géographiques.....	05
2. Climat de région	05
2.1. Températures	06
2.2. Pluviométrie	07
2.3. L'Humidité.....	08
2.4. Energie solaire.....	08
2.5. Vent	09
2.6. Synthèse bioclimatique.....	09
3. Géomorphologies	10
3.1. Chebka du M'Zab.....	10
3.2. Région des dayas	11
3.3. Région des Regs	11
4. Géologie	11
5. Pédologie.....	12
6. Hydrologie et Hydrogéologie.....	12
6.1. Nappe phréatique.....	12
6.2. L'aquifère alluvionnaire quaternaire	13
6.3. L'aquifère Cénomano-Turonien.....	13
6.4. Nappe du Continental Intercalaire	13
7. Flore et faune.....	14
7.1. Flore	14
7.2. Faune	14

8. Présentation de la zone d'étude	15
8.1. Situation géographique.....	15
8.2. Climat	16
8.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	17
8.3.Pédologie.....	17
8.4.Couverture végétale.....	18
Chapitre II. Méthodologie de travail	
1.Approche méthodologique	19
1.1. Choix de site.....	19
2.Présentation du site d'étude.....	19
3.Méthodes d'échantillonnage.....	20
4.Matériel utilisé au terrain.....	20
5.Méthodes d'analyse.....	21
5.1 Mesure du pH	21
5.2. Conductivité électrique.....	22
5.3. Sodium et potassium.....	24
6. Analyses statistiques	26
6.1. Statistiques descriptives	26
6.2. Analyse de variance à un facteur	26
6.3. Coefficient de variation	26
7. Analyse d'eau	27
7.1. Température.....	27
7.2. pH.....	27
7.3. Conductivité électrique.....	27
7.4. Dosage des cations Na ⁺ et K ⁺	27
7.5. Dosage des chlorures (Cl ⁻)	27
7.6. Dosage des sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	28
7.7. Bicarbonates	28
7.8. Dureté.....	29
7.9. Alcalinité	29
8. Réalisation des cartes thématiques	31
Résultats	
1.1.1 Etude de la variabilité spatiale de la salinité	32
1.1.2 Réalisation des cartes thématiques.....	33

1.2.1 Etude de la variabilité spatiale de la réaction du sol	34
1.2.2 Réalisation des cartes thématiques.....	35
1.3.1 Etude de la variabilité spatiale du sodium.....	36
1.3.2 Réalisation des cartes thématiques.....	37
1.4.1 Etude de la variabilité spatiale du potassium.....	39
1.4.2 Réalisation des cartes thématiques.....	40
2. Caractéristiques des eaux d'irrigation	41
2.1 Classification des eaux souterraines selon PIPER... ..	41
Discussion.....	45
Conclusion.....	47
Références	
Annexes	

Introduction

Le sol est une ressource fondamentale qui supporte la croissance des plantes et assure ainsi la production primaire dont dépend directement la population humaine. Le sol est un milieu vivant et fragile, qui abrite d'intenses échanges et transformations biologiques et physico-chimiques. Il est à ce titre une interface biologique et géochimique déterminante dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes (ROBERT, 1996 in Raphaël 2004).

Le sol, bien que pouvant être restauré et plus ou moins reconstitué, reste une ressource non renouvelable en raison de la longue période nécessaire aux processus de sa formation. Cette propriété le rend particulièrement sensible aux agressions anthropiques. Ainsi, sa dynamique peut être accélérée ou modifiée par les activités humaines qui utilisent de manière non raisonnée les multiples fonctions du sol. Les pratiques agricoles, les opérations de génie civil, la gestion de déchets, la déforestation, les pollutions accidentelles organiques et chimiques, sont autant d'activités qui conduisent à une modification durable de ces propriétés et dégradent sa qualité. Les préoccupations sur la qualité des sols sont très anciennes, la prise de conscience internationale de l'importance d'une préservation et d'une gestion durable de cette ressource, suivie des mesures concrètes de sa protection, est-elle très récente, à l'instar des deux autres principales ressources terrestres : l'eau et l'air. La déclaration de Winfried Blum, secrétaire général de l'Union International des Sciences du Sol (IUSS) (RAPHAËL, 2004) exprime particulièrement bien les raisons de cet oubli. Les premières propositions de convention sur l'utilisation durable des sols ont été adoptées rapidement après le Sommet de la Terre (Rio de Janeiro, juin 1992) et sont entrées en vigueur en décembre 1996. Cependant, l'efficacité des mesures de protections qui pourront être adoptées à l'avenir par les différents états signataires des conventions, dépend largement des méthodes des diagnostics fiables de l'évaluation du fonctionnement et des modifications de la qualité du sol. Cette dernière est un concept qui a été développé pour caractériser l'utilité et la santé des sols. Sa définition donne lieu à de nombreuses interprétations qui répondent toujours aux préoccupations sociales et scientifiques actuelles (DORAN et *al.*, 1994 in Raphaël 2004).

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).

La salinité du sol et de l'eau constitue un problème majeur dans beaucoup de pays du monde (SZABOLOCS, 1979). La majorité des eaux d'irrigation dans la région saharienne en Algérie prennent leur origine des eaux souterraines. Les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus sec et bien souvent trois fois plus (DUBOST et MOGDATT, 2002 ; MASMOUDI, 2003).

La salinisation des sols présente deux origines, une naturelle et affecte 80 % des terres salinisées, dites salinisation primaire. La seconde est d'origine anthropique, due essentiellement à l'irrigation et appelée salinisation secondaire (IPTRID-FAO, 2006). Ce phénomène constitue une menace réelle pour la sécurité alimentaire mondiale. En effet, la salinisation affecte déjà 400 millions d'ha et menace gravement une surface équivalente (LEGROS, 2009 in BARBOUCHI, 2013). Parmi les cations, on trouve le sodium qui est nettement dominant dans les eaux du Sahara constituant en général 50% du total. Pour les anions, les chlorures et les sulfates sont les plus abondants. Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux. Ainsi, les sels provenant de l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol en provoquant l'augmentation de la pression osmotique et peuvent conduire à la stérilisation du sol. D'une façon générale la relation entre le rendement relatif des cultures et la salinité est à peu près linéaire (KATERJI, 1995 in Masmoudi, 2012).

L'évaporation intense conduit à l'extension des sols salins et salins sodiques avec des encroûtements gypseux, gypso salin et gypso calcaire. Un sol salé se comporte comme un sol sec, le chlorure de sodium qui représente le plus gros du stock s'accumule par tonnes à l'hectare dans les terres irriguées et doit absolument être évacué par lessivage et drainage, or le drainage n'est pas toujours en bonnes conditions dû à une topographie très plane et l'absence d'exutoires (MASMOUDI, 2012).

Selon WALTER VON (2020), La plupart du potassium (K) du sol se trouve dans le réseau cristallin des silicates et est donc peu accessible aux plantes. Une partie est liée aux minéraux argileux et à l'humus et peut être échangée à moyen terme avec la solution du sol. Seul un faible pourcentage est disponible pour les plantes, sous forme d'ions dans la solution du sol. Facilement soluble dans l'eau, le potassium est rapidement disponible après un apport d'engrais au sol, sur les sols légers et sableux dont la teneur en argile est inférieure à 15 %, le

risque de lessivage est élevé, car il n'y a que peu de sites de liaison pour le potassium dissous tandis que dans les sols lourds et argileux ce risque est pratiquement inexistant. IL assume d'importantes fonctions dans la plante. Il régit son équilibre hydrique – de l'absorption de l'eau par les racines jusqu'au rejet par les feuilles en exerçant une action osmotique. Grâce à un bon contrôle par les stomates, la transpiration est plus élevée en cas d'approvisionnement suffisant en potassium qu'en cas de carence. La plante utilise alors plus efficacement le peu d'eau disponible pour former de la biomasse et améliorer le rendement.

Le palmier dattier dans les régions arides du monde est la plante la plus importante, tant sur le plan écologique, économique ou social. Ses caractéristiques botaniques, physiologiques lui permettraient d'exploiter des milieux où peu d'autres productions seraient aussi rentables. Compte tenu du phénomène de désertification, c'est aussi une culture qui peut connaître un développement considérable. Dans Les région sahariens, les palmier dattier les espèces la plus adapté , à rentabiliser , elle est clé de voûte de l'agriculture oasienne (RIEDACKER et *al.*, 1993).

D'après ZAGHOUANE, 2006, Le Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) mis en œuvre par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, favorise l'intensification agricole afin de sécuriser la production, augmenter le niveau de la productivité et le revenu des agriculteurs et limiter la facture des importations. Il prévoit la mise en place de systèmes de cultures en fonction des zones agro-écologiques et encourage la réduction de la jachère, mais dans les faits, le constat est que l'intensification de l'agriculture pour une production accrue, bien qu'elle ait permis d'accroître les niveaux de productivité et limiter les empiètements les plus graves sur les terres, n'a pas empêché les effets négatifs sur l'environnement.

Le développement durable doit être allié avec l'environnement pour ne pas compromettre les progrès réalisés dans le domaine des rendements et exige des stratégies plus efficaces de gestion des sols, de l'eau, et de la fertilité. Pour cela, l'agriculture de conservation peut être considérée comme une alternative pour faire face à ces problèmes et assurer un développement durable car la généralisation de l'agriculture intensive en Algérie n'a guère été bénéfique pour la productivité des terres, et n'a pas épargné les terres de l'érosion et plus particulièrement dans les régions des étages bioclimatiques semi-aride et aride (ZAGHOUANE, 2006)

La répartition géographique des propriétés du sol n'est pas uniforme. Cette répartition inégale des caractéristiques du sol peut refléter les processus qui se produisent dans un écosystème plus vaste (CORSTANJE et *al.*, 2006).

Dans cette optique, l'objectif de notre travail portera sur l'évaluation de l'impact de l'intensification agricole sur la variabilité spatiale de quelques propriétés du sol dans une palmeraie située à El -GUERRARA (GHARDAIA) en zones saharienne, en adoptant les techniques de la géostatistique

Ce travail comporte deux parties :

- La première partie prendra en compte le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'une présentation de la région d'étude.
- La deuxième partie traitera les résultats et les discussions.

Chapitre I : présentation de la région de Ghardaia

I. Présentation de la région de Ghardaia

1. Situation et limites géographiques

Notre étude s'est déroulée au niveau de la wilaya de Ghardaïa, l'une des plus importantes Wilaya du sud de l'Algérie couvre sur une superficie de 30 600 hectares soit 306,00 km². Situé dans la partie septentrionale et centrale du Sahara entre 3.68333 de longitude Est et 32.4833 de latitude Nord, le territoire de la Wilaya de Ghardaïa s'inscrit exclusivement dans l'espace saharien (dorsale du M'Zab, Hamada, Grand Erg Occidental...).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par les Wilayas de Laghouat et de Djelfa.
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla.
- Au Sud par la wilaya d'El Menea et A l'Ouest par les wilayas El bayadh (ANDI, 2013 in BABAZ et HADJ SAID , 2020).

Le dernier découpage administratif de 2021, la wilaya compte 10 communes regroupées en 8 daïra, les 3 communes (Hassi gara, El Menea, Hassi fhel) sont rattachées à la nouvelle wilaya d'El Menea (BABAZ et HADJ SAID , 2020).

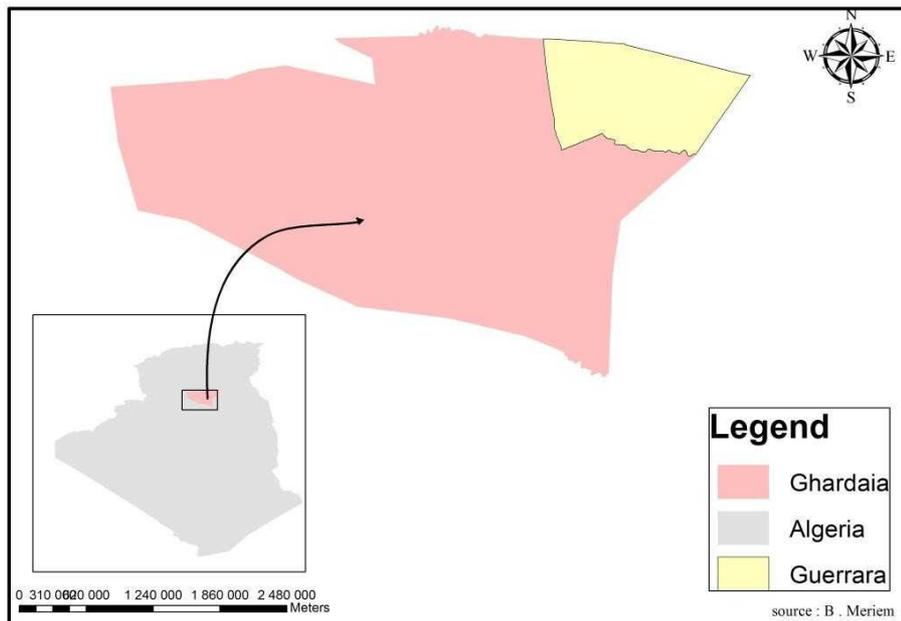


Figure 01 : La situation géographique de la wilaya de Ghardaïa cas de Guerrara

2. Climat de région :

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude au niveau

tropique ce qui entraîne de fortes températures et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (OZENDA, 1991 in ZITA 2011).

La région de Ghardaïa caractérise par un climat saharien qui se distingue par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit d'été et d'hiver(O.M.M., 2010 in ZITA 2011)

2.1. Températures :

Ce paramètre joue un rôle essentiel dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrogéologique, c'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région, le tableau ci-dessous montre les données de température.

Tableau 01 : Températures (°C.) moyennes mensuelles, des maximas et des minimas pour les dix ans (2010-2021) dans la région Ghardaïa.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T°C Min	6,34	6,48	12,67	18,53	23,09	27,56	31,96	30,73	26,67	18,73	13,14	8,18
T°C Max	10,56	13,64	16,32	20,91	26,82	32,90	35,74	34,28	31,15	24,60	15,20	10,56
T°C Moy	8,86	10,46	14,48	19,90	24,75	29,85	33,68	32,76	28,32	21,36	14,06	9,59

- T : est la température exprimée en °C
- M : moyenne mensuelles des températures maximales en °C
- m : moyenne mensuelles des température minimales en °C
- $(M+m/2)$: moyenne mensuelles des température maximale et minimales en °C

D'après SODA (2022), Les valeurs de la température affichées dans le tableau (01) caractérisent le climat d'une région saharienne. On remarque que le maximum du mois le plus chaud est noté en juillet avec 35,74°C, et le minimum le plus froid est noté au mois de janvier avec 6,34°C.

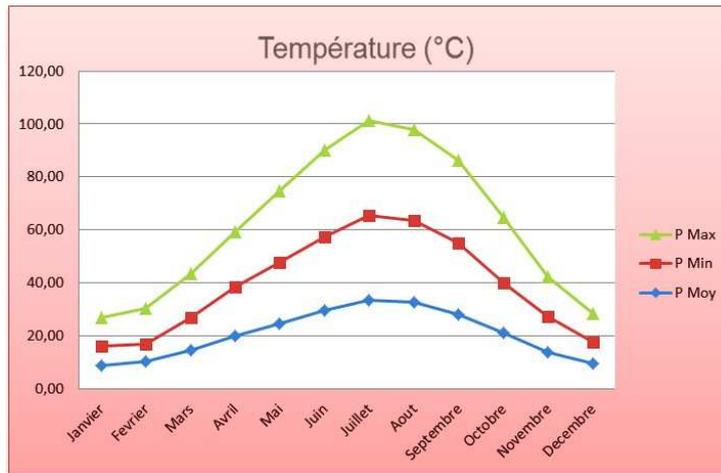


Figure 02 : variations des Températures minimale maximale et moyenne Mensuelle pour les dix ans (2010-2021) de la région Ghardaïa

2.2. Pluviométrie :

Le pluviomètre est un instrument météorologique destiné à mesurer la quantité de précipitations, ces dernières ont un rôle dans l'équilibre de l'hydrogéologie.

D'après SODA (2022), les valeurs de précipitation obtenue la sécheresse de la région, on remarque que Les valeurs maximales son enregistrées au mois de mai (0,45 mm), et la valeur le plus moins a été enregistrées au mois de Juillet (0 mm).

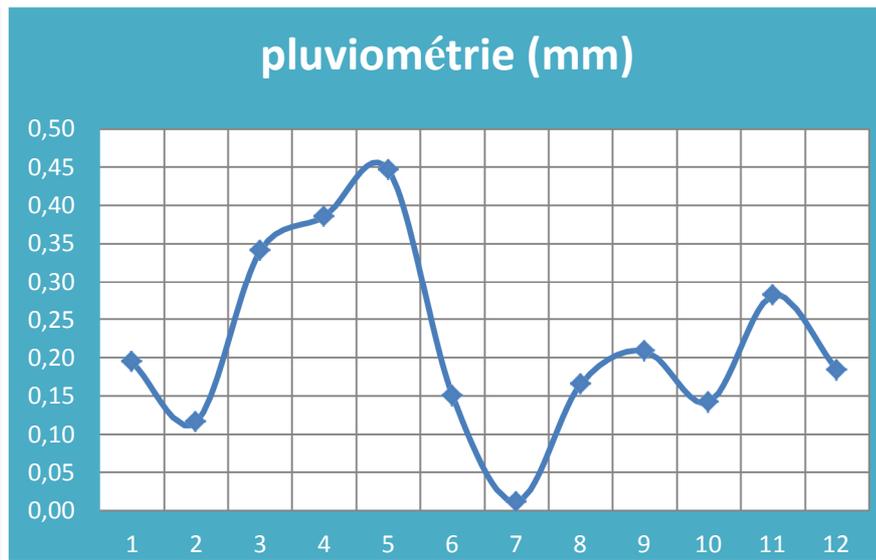


Figure 0 3. Pluviométrie minimale, maximale et moyenne mensuelle pour les dix ans (2010-2021) de la région Ghardaïa.

2.3. L'Humidité :

D'après SODA (2022), L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, c'est la moyenne de la région est minimum pendant le mois de Juillet avec une valeur de l'ordre de 16,48 % et maximum pendant le mois d'Aout avec une valeur de 57,66 %.

Tableau 02: Humidité moyennes mensuelles pour les dix ans (2010-2021) dans la région

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Humidité	51,74	44,55	37,52	32,01	26,30	21,74	16,48	19,97	28,21	36,61	47,77	57,66

Ghardaïa .

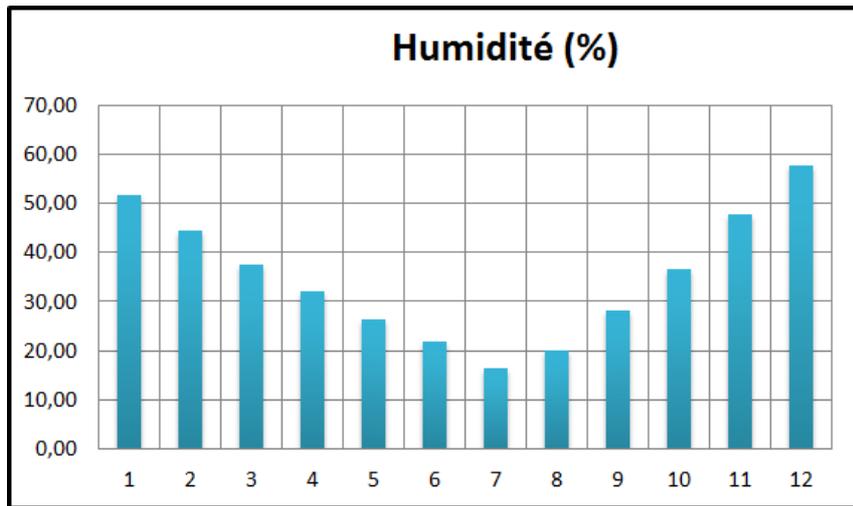


Figure 04: L'Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010/2021) .

2.4. Energie solaire :

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (OZENDA, 1991).

A partir les données affichées (Fig. 05), on remarque la quantité moyenne d'énergie solaire est 575000 Wh/m²/jour, avec un maximum de 800000 Wh/m²/jour au mois de décembre et un minimum de 350000 Wh/m²/jour au mois de Juin.

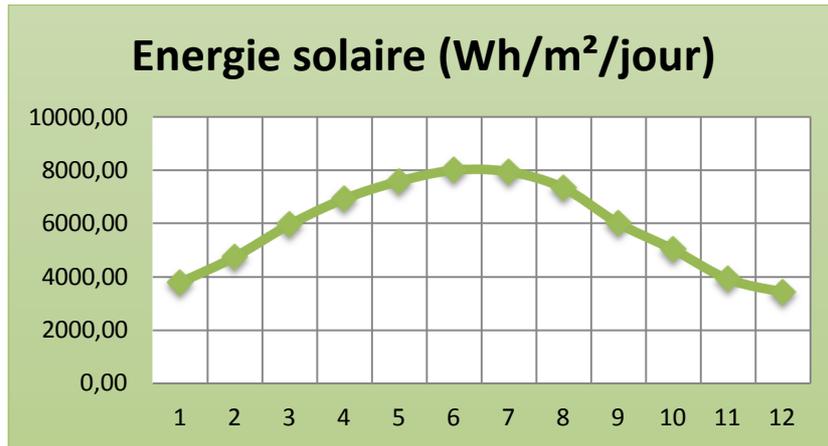


Figure 05 : variations des énergie solaire Mensuelle de la région Ghardaïa

2.5. Vent

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température (OZENDA, 1982). La vitesse du vent influe directement l'évaporation de l'eau, de la surface du sol et des plantes. D'après SODA (2022), La figure (06) représente les vents sont fréquents pendant 12 ans(2010-2021) avec une vitesse moyenne 3,65 m/s et une vitesse maximale de 4,11 m/s et une vitesse minimal 3,11 m/s .

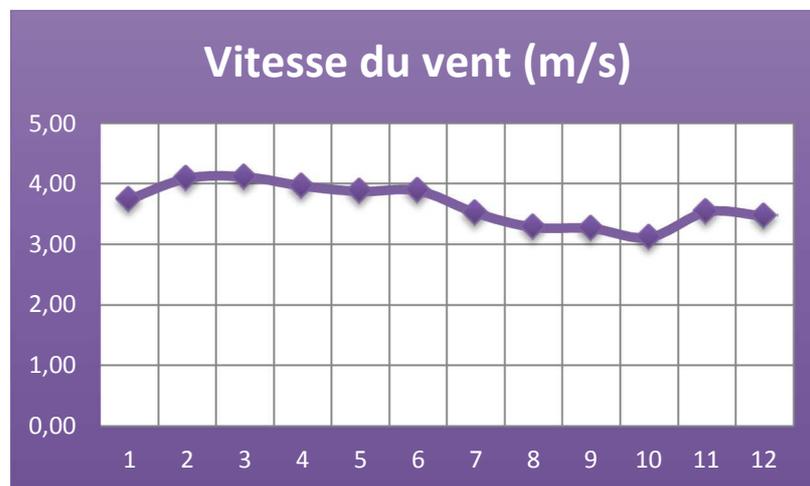


Figure 06 : variations des vitesse du vent Mensuelle de la région Ghardaïa

2.6.Synthèse bioclimatique :

Les facteurs climatiques n'ont pas une véritable indépendance en météorologie et en écologie (SAUVAGE, 1961). La synthèse climatique est une étape indispensable à toute étude

environnementale. Elle est conditionnée par le biais de ces composantes, le type de climat et de la couverture végétale (HEDIDI, 2020) .

3. Géomorphologies :

L'espace saharien, est constitué d'un ensemble de milieux variés : la région de Daya (dépressions), les plateaux d'Hamada et Tademaït, les grands ergs et les vallées alluviales (BEN YOUSEF ., 1999). Du point de vue morphologique, le territoire de la région de Ghardaïa fait partie d'un complexe désertique fortement dominé par le Hammada, une très vaste zone limitée au nord-est par les contreforts de l'Atlas saharien. Ghardaïa est caractérisée par 3 unités géomorphologiques différentes qui forment l'espace naturel de la région(Addoun 2020) .

La wilaya de Ghardaïa est une région de Hammada. Hormis la Chebka du centre-nord du M'Zab qui est montagneuse, le reste du territoire représente un vaste plateau, avec une répartition du relief comme suit :

3.1. Chebka du M'Zab

C'est un plateau rocheux du Crétacé occupant quelque 8 000 km², représentant 21% du territoire de la région (Coyne, 1989). Il est divisé en petites vallées irrégulières plus ou moins parallèles et inclinées vers l'est. Moins hautes (moins d'une centaine de mètres), ces vallées peuvent parfois s'élargir sur plusieurs kilomètres. Les formations environnantes sont constituées de calcaire, généralement dolomitique sur des couches de marne. C'est ainsi que neuf communes y sont plus ou moins situées : Ghardaïa, Berriane, Daïa ben Dahoua, Bounoura, El Atteuf, Metlili, Sebseb, Mansoura et Hassi Lefhal (Addoun 2020).



Figure07 : Vue du ciel d'une partie de la Chebka du M'Zab capturée depuis la minuscule fenêtre de l'avion, Source : Addoun T., le 12/12/2019

3.2. Région des dayas :

Cette région est située au nord de la zone d'étude au sud de Laghouat et s'étend vers le sud jusqu'à la Gaâda d'Oum El Hissiane¹³. Il s'agit d'effondrements en forme d'entonnoir formés sous l'effet des oueds et des crues qui ont emporté les grains de sable et les matières organiques de la surface pour se déposer dans les dépressions. Elles se caractérisent par une certaine richesse floristique. Seule la commune de Guerrara, située au nord-est, occupe une petite partie de cette région (Addoun 2020).

3.3. Région des Regs :

Située à l'est de la région de Ghardaia, et du substrat géologique du Pliocène, cette région se caractérise par l'abondance de Regs, qui sont des sols solides et pierreux. Les Regs sont le résultat de la déflation. Cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Atteuf (Addoun 2020).

4. Géologie :

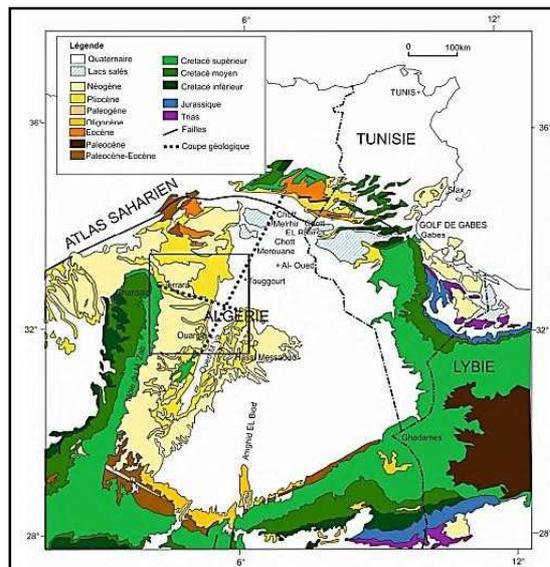


Figure 08 : Carte géologique du bas Sahara d'après ERESS (1972).

La région du Bas-Sahara se présente comme une vaste cuvette limitée à l'Ouest par la dorsale du Mزاب, au Sud par les hamadas du Tadmaït et de Tinhert et à l'Est par les plateaux du Dahar tunisien (Fig. 08). Ses bordures de hauteur modeste, s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée matérialisée par l'axe SSO-NNE des Oueds M'ya et Righ. Vers le Nord au contraire, elle est dressée au-dessus d'une dépression longitudinale occupée par des chotts et dont le fond est inférieur au niveau de la mer (CHELLAT 2014) .

5. Pédologie :

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro-morphes (CHENINI 2013).

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible. (DAOUD et HALITIM, 1994 in CHENINI 2013).

Au niveau de la région de Ghardaïa, les sols sont squelettiques suite à l'action de l'érosion éolienne et souvent marqué par la présence en surface d'un abondant argileux, type « hamada ». Dans les dépressions, les sols sont plus riches grâce à l'accumulation des dépôts alluviaux. (BENHADID, 2010 in BENSANIA 2012).

6. Hydrologie et Hydrogéologie :

L'alimentation du réseau hydrographique du bassin versant de M'Zab se fait à partir du piedmont de l'Atlas Saharien à plus de 750m d'altitude et déverse à son exutoire après 320 km à Sebkhate Safione au nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107mètres.

La willaya de Ghardaïa comprend deux sources d'eau souterraines, la nappe phréatique superficielle d'inféoflux, et le continental intercalaire, la nappe ditealbiene, qui est située à de très grandes profondeurs (BOUKHETTA et SAMMOUNE 2020)

6.1. Nappe phréatique :

Selon BENDRISSOU et DEDJELL (2011), la localisation des nappes phréatiques de la région du M'zab se trouvent dans les alluvions des vallées des Oueds de la willaya de Ghardaïa. Le comportement hydrologique est intimement lié à la pluviométrie et aux crues qui représentent leur source d'alimentation. Les eaux de ces nappes sont captées par des centaines de pluies traditionnels appelé les ' Hassi', qui sont essentiellement destinés à l'irrigation. Leurs profondeurs varient entre 20 et 30 mètres. Concernant la qualité chimique, les eaux de cette nappe sont bonnes à la consommation en amont et impropre à l'aval, du à leur contamination par les eaux urbaines. (ANRH Ouargla) La nappe phréatique du M'Zab fait face à deux problèmes à savoir :

- Une alimentation faible et irrégulière ;
- Une évaporation intense.

La recharge de la nappe phréatique se fait au niveau des alluvions poreux par les précipitations torrentielles, et les apports d'irrigation par l'albien ainsi que par le biais des fissures de calcaires.

La nappe phréatique, vu sa grande perméabilité et sa faible profondeur, est sujette à la pollution essentiellement au niveau des lits des oueds.

Au niveau de la région du M'Zab, la nappe phréatique comprend deux aquifères superficiels, l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré.

6.2. L'aquifère alluvionnaire quaternaire

Il est constitué essentiellement d'alluvions avec du sable fin et grossier et des poudingues, lui donnant une porosité et une perméabilité interstitielles (tableau 1.2.) qui favorise l'infiltration des eaux et l'écoulement souterrain. Ce remplissage de lit des oueds repose en général sur la barre carbonatée cénomano-turonienne avant d'atteindre les argiles, son épaisseur varie de 25 à 45 mètres.

6.3. L'aquifère Cénomano-Turonien :

Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100 mètres, grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire.

6.4. Nappe du Continental Intercalaire :

L'Albien est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300 mètres

La Nappe du continental intercalaire est exploitée à une profondeur allant de 250m à 1000m selon la région. Elle draine d'une façon générale les formations gréseuses et grés argileuses du Barrémien et de l'albien.

Localement l'écoulement s'effectue d'ouest en est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime provient directement des eaux de pluies au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident sud atlassique.

L'eau de la nappe albiennaise est la ressource principale de la région. Elle est exploitée pour l'alimentation en eau potable après traitement, l'irrigation et pour l'industrie. La qualité physicochimique et bactériologique des eaux de cette nappe tire son profil de la nature lithologique de l'aquifère, composé essentiellement de grès et de sables fins argileux

7. Flore et faune :

7.1. Flore :

Les principaux facteurs qui influent d'une manière significative sur la flore de la région de Ghardaïa sont le climat saharien et le faible taux de pluviométrie répartie irrégulièrement dans l'année, de l'ordre de 91,81mm/an. La flore Saharienne est considérée comme pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre. Au Sahara, la culture dominante est le palmier dattier ; l'Oasis est avant tout une palmeraie, entre ces palmiers dattiers on trouve les arbres fruitiers et les cultures maraîchères. (OZENDA, 1983). Ainsi on y rencontre des arbres toutes espèces confondues sur les bandes vertes, les bosquets est essentiellement comme brise vent dans les périmètres de mise en valeur ; parmi les espèces comptées on note le casuarina, le faux poivrier, l'eucalyptus, le tamarix (dans les lits des oueds), le pin d'Alep et le cyprès. (BEN SEMAOUNE, 2008 in SANIA et HAMDANE 2018).

En dehors des palmeraies on peut rencontrer des peuplements floristiques constituant un cas particulier important dans cette zone subdésertique, citant *Aristida pungens*, *Retama retam*, *Calligonum comosum*., *Ephedra allata*., *Urginea noctiflora*, *Erodium glaucophyllum*, *Haloxylon coparium*., *Astragales gombo*, *Caparis spinosa*, *Zilla macroptera*, *Pistachia atlantica*, *Zyziphus lotus*, *Tamarix articulata*, *Populus euphratica* (OZENDA, 1983).

7.2. Faune :

Dans les régions du Sahara, l'adaptation des animaux toujours moindre que celle des végétaux. L'animal est plus mobile peut se déplacer vers les régions plus clémentes, plus abondantes en ressources alimentaires (OULD EL HADJ, 2004). Il existe, toutefois, dans le désert une variété surprenante d'animaux invertébrés, reptiles (la vipère cornue, les lézards, les couleuvres Gecko des murailles...), Oiseaux le Moineau domestique (*Passer domesticus*), la tourterelle (*Streptopelia semequale*), la pie grièche grise (*Lanius sexcubita*), la perdrix ambra

(*Alectorica barbara*), la huppe fasciée (*Upupa epops*) et le pigeon (*Columba livia*). La poule (*Gallus*) est le seul oiseau élevé, pour sa chair, et mammifères en plus des espèces domestiques : mouton, chèvre, dromadaire, âne, mulet, chien et chat, on rencontre le hérisson du désert (*Paraechinus aethiopicus*), des rongeurs dont le Goundi du M'Zab (*Massoutiera m'Zabi*), la grande gerboise d'Egypte (*Jaculus*), la souris domestique (*Mus musculus*) et la gerbille (*Gerbillus*) (KADI et KORICHI, 1993 in SANIA et HAMDANE 2018).

Au Sahara, comme d'autres régions du monde, il n'y a guère de milieu que les insectes ne soient pas parvenus à coloniser. Toutefois les espèces sabliques forment l'élément le plus important du peuplement entomologique du désert (VIAL Y. et VIAL M, 1974 in LEBATTMAHMA, 1997). Les orthoptères représentent le groupe d'insectes le plus important par leur diversité et leur nombre. ZERGOUN (1994) considèrent que les deux principaux embranchements représentés dans le M'Zab, sont les invertébrés (*Insecta*, *Arachnida*) et les Vertébrés (*Reptilia*, *Aves* et *Mammalia*). Les invertébrés renferment surtout les *Arachnida* et les *Insecta*. L'entomofaune est très riche, elle appartient à différents ordres tels que ceux des *Dictyoptera*, des *Orthoptera*, des *Dermaptera*, des *Homoptera*, des *Coleoptera* et des *Lepidoptera* (SANIA et HAMDANE 2018).

8. Présentation de la zone d'étude :

8.1. Situation géographique :

Selon les données du C.D.A.R.S (1999), la commune de Guerrara est située à près de 110 Km au Nord-Est de Ghardaïa chef-lieu de wilaya, elle couvre une superficie totale de 2600 Km², elle est délimitée au Nord par la Wilaya de Djelfa, à l'Est par la Wilaya de Ouargla, à l'Ouest par les Dairas de Berriane et Bounora, et au sud par les Dairas de Zelfana et Al- Atteuf.

Le site d'étude est la palmeraie El-kharefi au s'étale sur une superficie de 1900 ha, elle est située au ruisseau de l'Oued Zegrir(x :4°44'029" , Y :32°41'17 .6 ") (AOUAM 2007). Elle est limitée au :

- Sud par oued ensa (Aine zirara)
- Ouest par dayait Ben Failah
- Nord-est ville de elalaia (Aain Dassi)

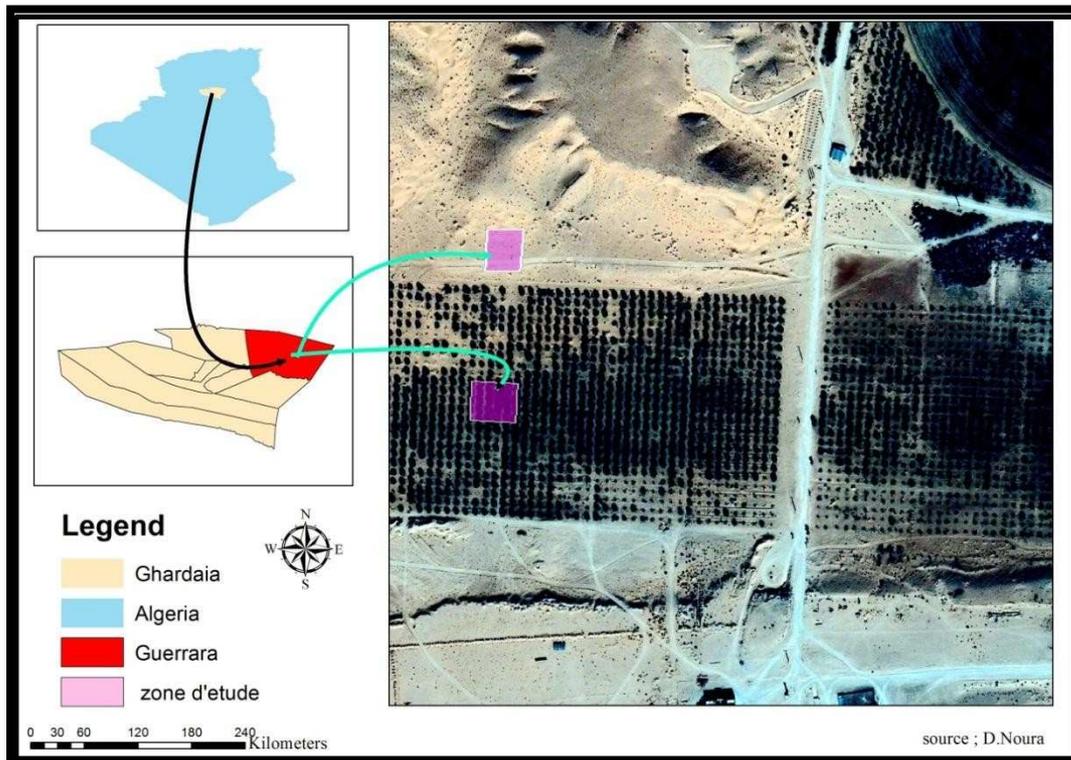


Figure 09 : Localisation géographique de la zone d'étude

8.2. Climat :

Le climat de la région d'étude est typiquement saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (A.N.R.H., 2012).

Tableau 03 : Données météorologiques de Guerrara (Ghardaïa) (2015-2021)

mois	Humidité	Température	Energie solaire	vitesse vent	Pluviométrie
Janvier	53,38	9,72	3697,53	4,30	0,01
Février	45,83	11,65	4627,07	4,49	0,01
Mars	39,94	15,25	5944,66	4,73	0,01
Avril	35,74	20,52	6827,88	4,65	0,02
Mai	29,74	25,90	7483,81	4,67	0,03
Juin	22,74	31,13	7943,67	4,55	0,01
Juillet	18,24	34,18	7997,05	3,97	0,00
Aout	23,71	33,18	7177,42	3,73	0,01

Septembre	32,78	28,50	5916,39	3,67	0,01
Octobre	41,47	21,38	4910,12	3,72	0,01
Novembre	50,09	14,48	3807,40	3,92	0,01
Décembre	59,45	10,63	3362,14	3,90	0,01

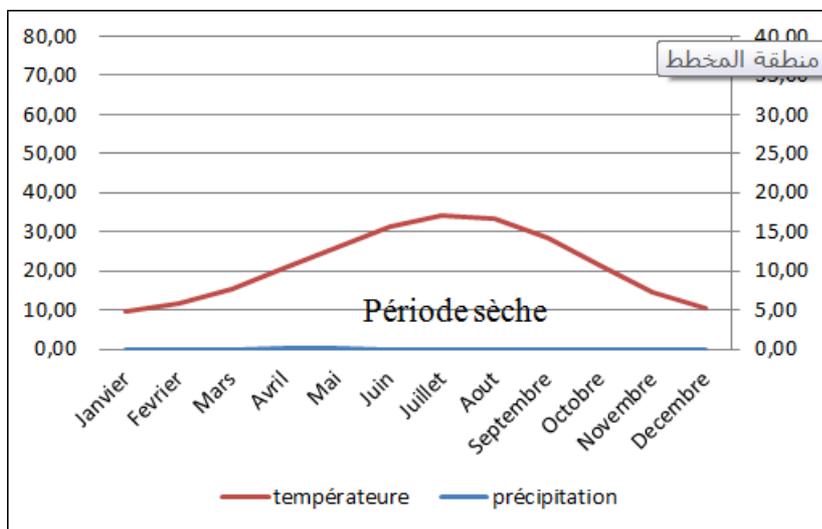
8.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

A partir du tableau (03) qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 5 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

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

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonné 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 Guerrara nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année .



Figur 10 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

8.3.Pédologie :

Les principales données bibliographiques concernant les sols dans notre secteur d'étude sont issues des travaux de BAIT et al (1977) ; CDARS (1999), B.N.E.D.R. (2000).

Elles montrent que les sols du lit des oueds de la région de Guerrara ont une texture limono- sableuse à sablo-limoneuse, leur salinité est faible, de même pour leur fertilité chimique, sauf pour des petites zones où la mauvaise gestion de l'eau et la texture argileuse permet d'avoir des sols salins (AOUAM 2007).

8.4. Couverture végétale

D'après les travaux de BARRY et FAUREL (1973), les principaux groupements végétaux observés dans la région de Guerrara sont les suivant :

- **Steppes gypseuses** de faciès dégradé (anthropique) à *Euphorbia guyoniana* (Oum lebena) et *Oudneya africana* (Ghalga) . Ces deux espèces sont ceux qui dominant autour de Guerrara. Ils présentent une densité un peu plus grande dans les lits d'oued.
- **Groupements psammophiles à *Aristida pungens* (drinn)**. Localisés au sud des oasis de Guerrara, liés à des formations dunaires d'obstacle (nebkas et dunes).
- **Steppes buissonneuses claires** à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium*, comportent trois sous-groupes qui se succèdent du Nord-Est au sud-est à savoir ; steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Farsetia hamiltonii*, steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Aristida plumosa*. Faciès à *Scabiosa camelorum* et steppes à *Rhanterium suaveolens* ssp. *intermedium* et *Aristida plumosa*.
- **Steppes buissonneuses** à *Arthrophytum scoparium* (remt) et *Farsetia hamiltonii*. Occupent la partie Ouest de Guerrara.
- **Palmeraie** à *Phoenix dactylifera*. C'est l'une des oasis isolées de la Pentapole mozabite, irriguées par les eaux de la nappe phréatique et de la nappe Albiennaise ainsi que par les eaux des crues d'oued Zegrir retenues par un barrage (AOUAM 2007).

Chapitre II . Méthodologie de travail

1. Approche méthodologique :

L'approche méthodologique adoptée dans notre travail permet de caractériser les sols à partir des valeurs mesurées de certaines propriétés du sol et de comparer ces valeurs à une situation de référence (témoin) afin de déterminer les effets de l'intensification de l'agriculture sur ces propriétés du sol, à savoir le sodium, le potassium, le pH et la salinité

1.1. Choix de site :

Le choix de site d'étude est stipulé par des critères de fiabilité pour l'établissement des prélèvements. Des prospections de la zone ont été menées en décembre pour obtenir des informations générales sur le site d'étude El-Guerrara.

La palmeraie de ELKHARFI est choisie pour les raisons suivantes :

- Le nombre important d'année de culture, ce qui est recherché pour estimer l'évolution annuelle des paramètres étudiés.
- L'existence d'une parcelle non cultivée (témoin).
- Les facilités rencontrées par le propriétaire de la ferme.

2. Présentation du site d'étude :

La palmeraie sélectionnée a été fondée en 1988. Elle est située dans la partie sud de la 3^e municipalité méridionale de El -Guerrara entre la longitude Est et la latitude Nord (32°41'19.60" N 4°44'16.55"E). Elle couvre une superficie de 1900 ha avec un effectif de 4000 pieds de palmier dattier dont les cultivars sont : Deglat baida, Deglat nore, Tafzwin, EL-Gharse. Les palmiers sont plantés en rangées droites avec une grille de 10*10 mètres. La source d'irrigation est un puits artésien, où les palmiers sont irrigués par la goutte à goutte, la fertilisation est limitée à l'utilisation d'engrais organique produit à l'intérieur de la ferme.

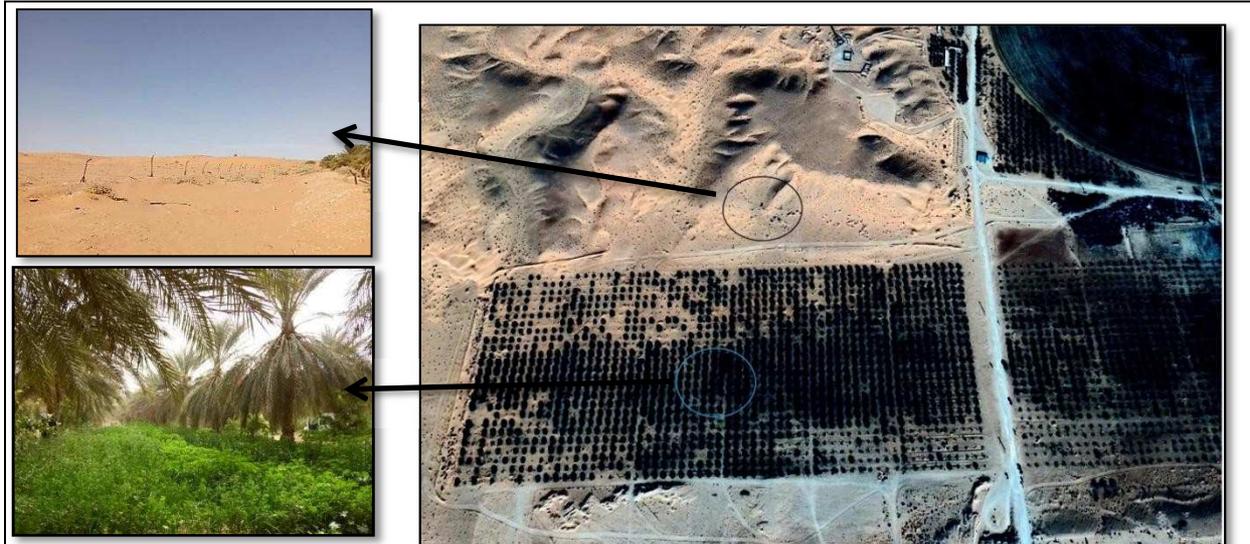


Figure 11 : Localisation de site d'étude

3. Méthodes d'échantillonnage :

Le prélèvement est la première étape de l'analyse de sol. Nous avons procédé à un échantillonnage systématique sur une maille régulière de 8x8m en fonction de l'écartement entre les palmiers (ROSSI et LAVELLE, 1993).

4. Matériel utilisé au terrain :

- Tarière
- Ruban à mesurer
- Corde
- Corde pour délimiter les stations
- GPS
- Caméra

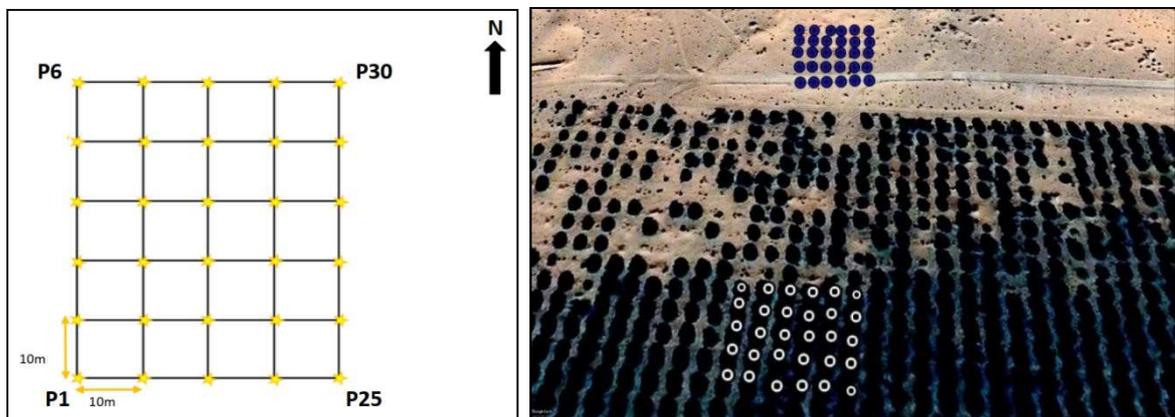


Figure 12 :Plan d'échantillonnage des parcelles étudiées

5. Méthodes d'analyse :

Au laboratoire, les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm. Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire de pédologie à l'université de Ghardaïa.

5.1 Mesure du pH :

Principe :

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution (H^+). Il est représenté par une expression logarithmique : $pH = -\log [H^+]$ (Isabelle.2004). Il est mesuré avec un pH mètre à électrode en verre .

Mesure :

- Mettez 10 g de terre dans un bécher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau déminéralisée.
- Agiter le mélange dans l'agitateur magnétique pendant 5 minutes
- Plongez l'électrode de pH-mètre dans le liquide et effectuez la mesure.
- Prenez la lecture après quelques secondes



Figure 13: Mesure du pH.

5.2. Conductivité électrique

Principe : La conductivité électrique d'une solution est une mesure directe de sa capacité à conduire le courant. La quantité de courant dépend à la fois de la concentration en ions et de leur mobilité. La conductivité d'une solution change avec la température, le pH de la solution et la quantité de dioxyde de carbone dissous (VINCENT, 2007). La mesure est à l'aide de conductimètre et s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mesure :

- Mettez 10 g de sol dans un bécher.
- Ajouter 50 ml de solution d'eau déminéralisée.
- Agiter pendant quelques minutes avec un agitateur magnétique
- Plongez l'électrode de conductimètre dans le liquide et effectuez la mesure.
- Prenez la lecture après quelques secondes (Lorsque la courbe apparaît sur l'écran).

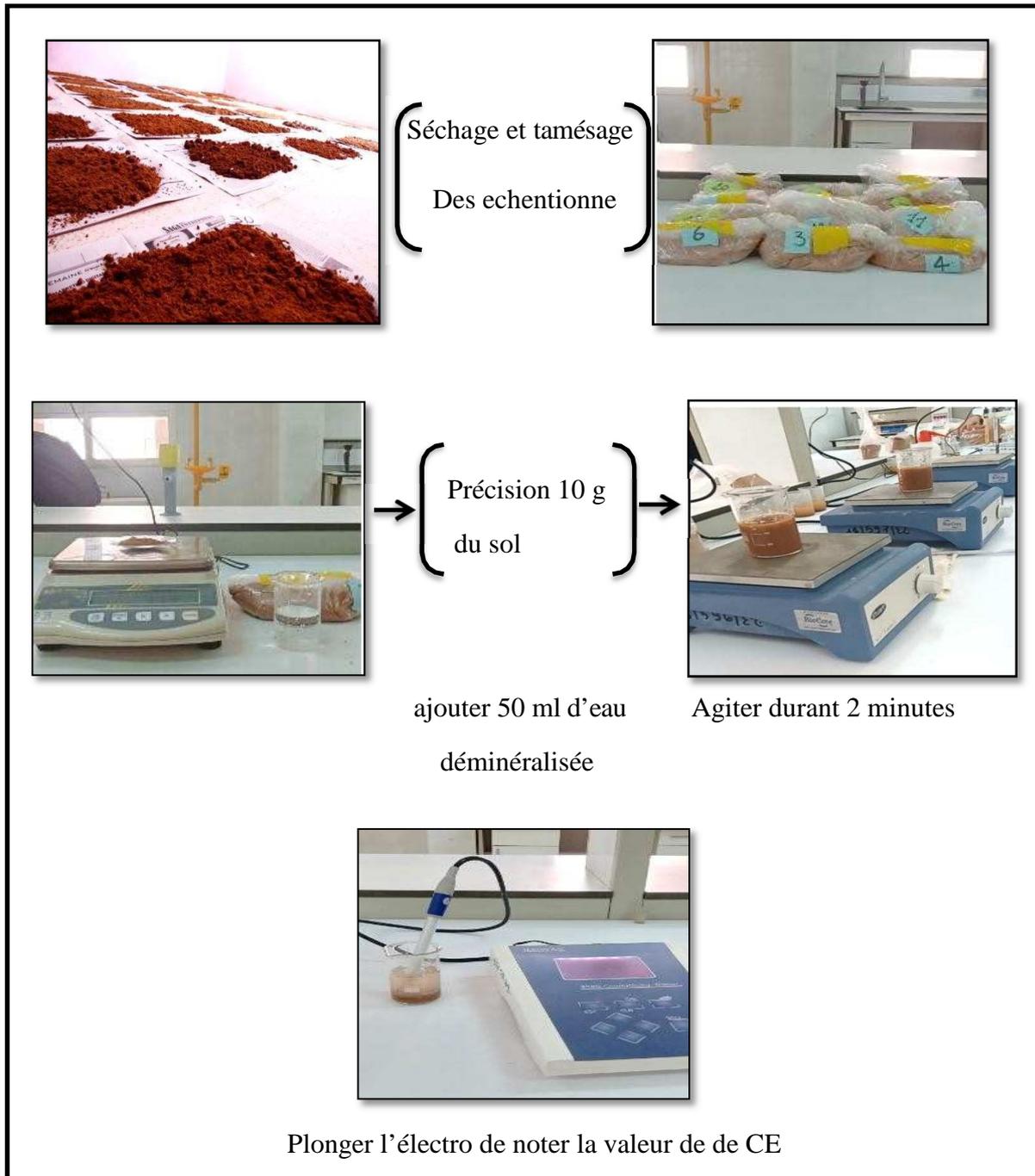


Figure14 : Mesure de la conductivité électrique.

5.3. Sodium et potassium :

Principe : Le filtrat du sodium et potassium obtenu par l'extraction au chlorure de lithium-acétate est dosé directement par un photomètre à flamme

Mesure :

- Mettre en marche le photomètre à flamme suivant les instructions des constructeurs.
- Transvaser les étalons et les solutions à doser dans des béchers de 50 ml.
- Régler le photomètre avec le témoin (d'eau déminéralisée) et la solution étalon ayant la plus élevée.
- Faire aspirer d'abord les solutions étalons puis les solutions à doser en notant à chaque fois les valeurs indiquées par l'appareil (Clement, francoise 2003).

Calcul :

Etablir les courbes étalons sur papier millimétré en portant en abscisse le % lu et en ordonnée les mé.L^{-1} . A l'aide du graphique, lire les mé des échantillons à partir du % lu au photomètre.

$$\text{Na} = R \cdot V/S \times 100/1000$$

$$\text{K} = R \cdot V/S \times 100/1000$$

- Où le Na : sodium, K : potassium
- R : Résultat selon le graphique (en mé.L^{-1}).
- V : volume de l'extrait de cations échangeables (en ml).
- S : poids de la prise de terre (en g).



L'extraction avec le solution chlorure de lithium



→ Filtration par centrifugeuse →



Absorption par spectrophotomètre a flamme

Figure15 : Analyse de sodium et potassium

6. Analyses statistiques :

6.1. Statistiques descriptives :

Les statistiques descriptives dans notre cas concernant la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum. Cet outil d'analyse génère un rapport de statistique à une seule variable pour les données contenues dans la plage d'entrée, fournissant ainsi des informations sur la tendance centrale et la dispersion des données (ODOUX, 1984 ; VOLTZ, 1986 ; SEBASTIEN, 2017).

6.2. Analyse de variance à un facteur :

L'objectif général d'une analyse de variance (souvent appelée ANOVA) est d'utiliser des tests statistiques pour comparer des populations ou pour comparer différents traitements administrés à des sujets. En ce sens, il représente une généralisation du test de l'élève pour comparer les deux méthodes (en supposant la normalité). La méthode est basée sur la division de la diversité de la variable de réponse en composantes associées à différentes sources de variance.

Cette analyse permet en évidence s'il existe une différence entre les moyennes, et l'importance de cette différence, le cas échéant (ANNE-LAURE, 2007). Nous avons retenues les seuils de signification suivants :

- $\alpha < 0,001$ effet très hautement significatif
- $\alpha = 0,01$ hautement significatif
- $\alpha = 0,05$ effet significatif
- $\alpha > 0,05$ effet n'est pas significatif

6.3. Coefficient de variation :

L'écart-type, malgré sa pertinence dans la mesure de la dispersion d'une distribution, possède un inconvénient majeur, il est exprimé dans l'unité de la variable à laquelle il se rapporte. Il est alors impossible de comparer les dispersions de deux ou davantage distributions ayant un lien entre elles (lien de causalité ou autre) et dont les valeurs s'expriment dans des unités différentes.

Le coefficient de variation est une mesure de dispersion des observations d'une variable quantitative d'intervalle qui permet de s'affranchir de la notion d'unité et ainsi de comparer la

dispersion de différentes distributions C'est une mesure neutre qui s'exprime la plupart du temps en pourcentage. Il se calcule en divisant l'écart-type par la moyenne et s'écrit donc (MARIE, 2011):

$$CV (\%) = 100. \sigma / m$$

Selon NOLIN *et al.*(1997), il existe cinq classe pour qualifier l'intensité de la variabilité des sols (Annexe 1).

7. Analyse d'eau

7.1. Température :

La température est un paramètre clé du comportement et de la qualité des eaux souterraines. Elle constitue non seulement un indicateur des conditions de recharge et du flux thermique dans l'aquifère, mais elle contrôle aussi l'activité bactérienne et les équilibres hydro -chimiques dans le sous -sol. De ce fait, une augmentation de la température de l'eau peut, par exemple, entraîner une diminution de la concentration en oxygène dis -sous, favorisant la présence de bactéries pathogènes et provoquant ainsi la diminution des microorganismes indicateurs de la bonne qualité de la ressource (SCHÜRCH *et al.*, 2018).

7.2. pH :

Par définition, le pH est une mesure de l'activité des ions H⁺ contenus dans une solution : $pH = -\log (H^+)$.(UWAMUNGU YUFENG JIANG, 2010)

Il est mesuré avec un pH mètre à électrode en verre .

7.3. Conductivité électrique :

La conductivité est l'aptitude d'une solution à faire passer un courant électrique entre deux électrodes. Elle mesurée à 25°C au conductimètre. Le courant est transporté par des ions, c'est à dire que la conductivité augmente avec le nombre et la mobilité des ions présents en solution. (DALMAS, 2000).

7.4. Dosage des cations Na⁺ et K⁺ : Par spectrophotométrie à flamme.

7.5. Dosage des chlorures (Cl⁻) : Par la méthode argentométrique de MOHR, qui consiste précipité les ions Cl⁻ sous forme de AgCl en présence de AgNO₃.

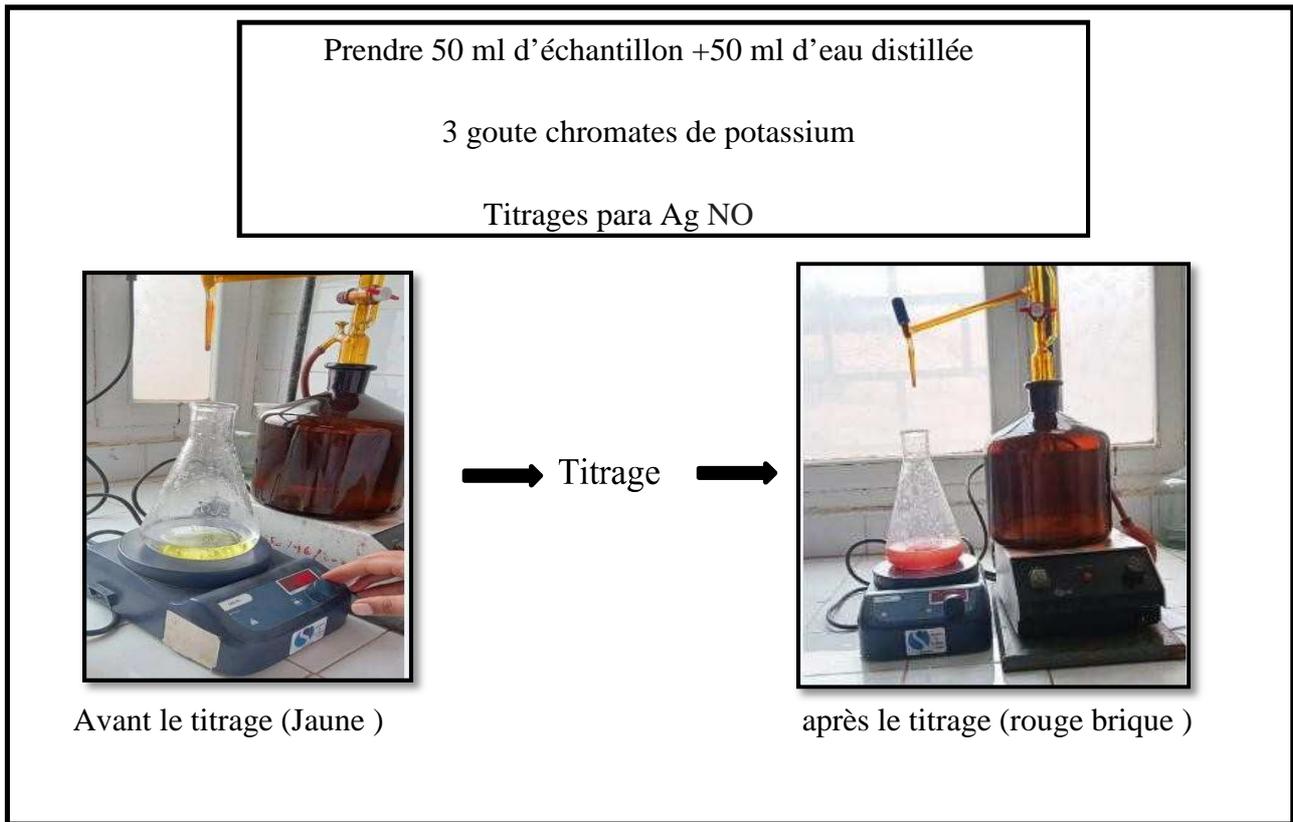


Figure16 : analyse de chlorure Cl⁻

7.6. Dosage des sulfates (SO₄²⁻) : Par la méthode gravimétrique au BaCl₂, qui consiste à précipiter les ions SO₄²⁻ sous forme de sulfate de baryum en présence de BaCl₂ à 10 %

7.7. Bicarbonates :

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées qui bordent la nappe, selon la réaction suivante :



Les fortes teneurs sont enregistrées pendant la période des hautes eaux avec une moyenne de 185.6 mg/l et un maximum de 263 mg/l, suite à la dissolution des calcaires. Les concentrations varient faiblement (écart type : 39.49 mg/l) (**Layachi 2008**)

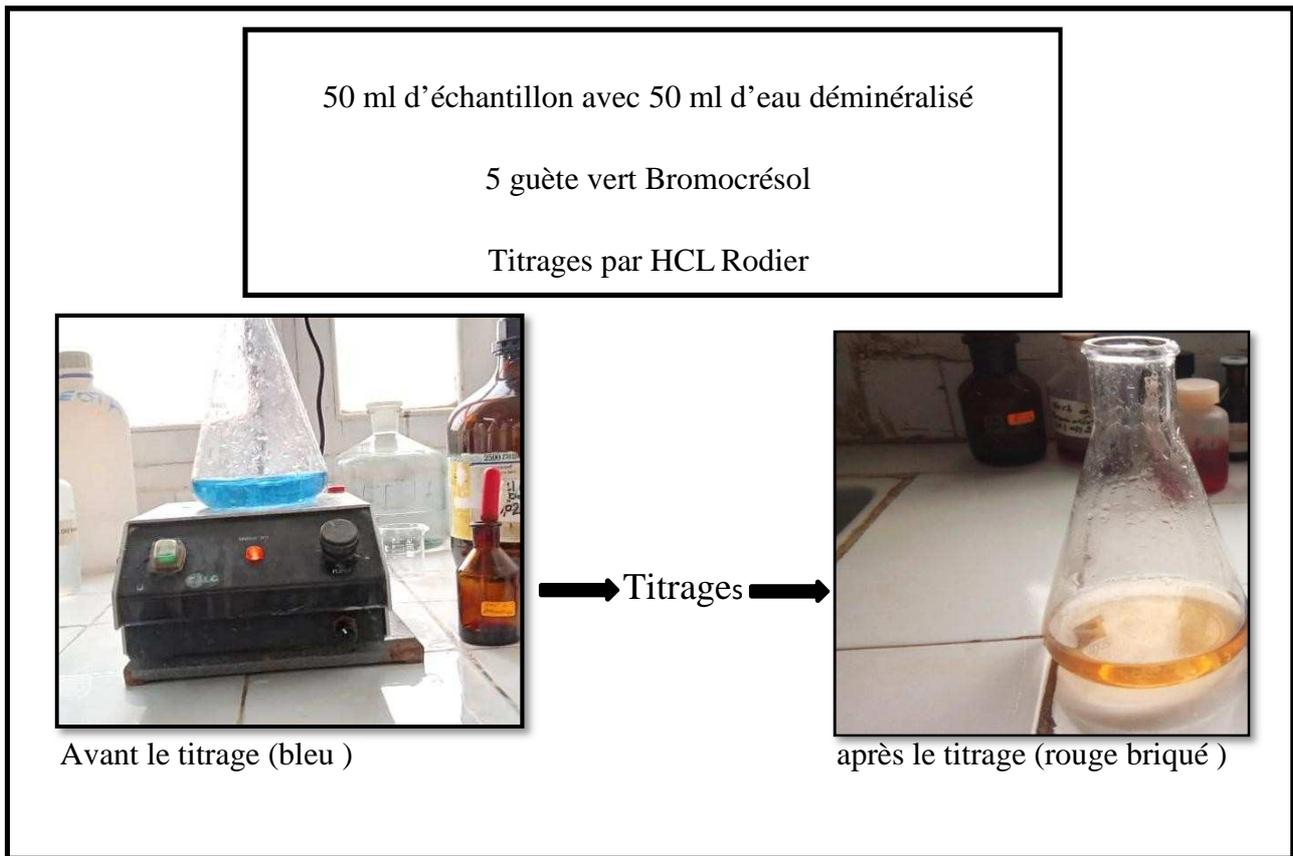


Figure17 : analyse de TAC

7.8. Dureté :

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Le dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fait par complexométrie avec l'EDTA .La dureté est généralement exprimée sous forme d'équivalents de carbonate de calcium (CaCO_3) en ppm ou en mg/L (ISABELLE 2004) .

7.9. Alcalinité :

Les mesures sont réalisées en neutralisant un certain volume V_0 d'eau par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique de normalité Na, en présence de phénolphtaléine pour le TA et en présence d'hélianthine pour le TAC. L'alcalinité de l'eau est généralement exprimé en ppm (mg/L) de carbonate de calcium (CaCO_3) (ISABELLE 2004)

8. Réalisation des cartes thématiques :

Les cartes thématiques de différents paramètres étudiés sont tracées par le logiciel Arc gis 10.8 par la méthode de Krigeage afin de mettre en évidence la répartition spatiale des paramètres étudiés.

Le terme de Krigeage désigne un ensemble de méthodes d'interpolation linéaire basées sur l'expression de la dépendance spatiale par le semi-variogrammes. Il est considéré comme le meilleur prédicteur linéaire (OLIVER, 2010). Les deux types de Krigeage les plus communs sont le Krigeage ponctuel et le Krigeage par blocs (BURGESS et WEBSTER, 1980). Cette technique minimise la variance d'estimation et assure la meilleure estimation globale d'une variable.

Chapitre III : Résultats et discussion

Cette partie est destinée à la présentation et la discussion des résultats de variabilité spatiale de certaines propriétés du sol.

1.1.1. Etude de la variabilité spatiale de la salinité :

Les résultats analytiques de la salinité du sol de 30 prélèvements par parcelle, montre que la salinité du sol à 25°C varie de 2 ms/m à 30 ms/m avec une moyenne de $10,18 \pm 7,72$ (sol peu salé) dans la palmeraie et de 0,9 ms/m à 4,5 ms/m avec une moyenne de $1,57 \pm 0,70$ (sol non salé) dans la parcelle témoin.

Tableau 04 : Résultats d'analyses de la salinité du sol

	Max	Min	Moy	Ecart-type	CV%
Palmeraie	30	2	10,18	7,72	75,83
Témoin	4,5	0,9	1,57	0,70	44,77

L'analyse en boites à moustaches (Fig. 20) montre une augmentation du taux de salinité dans la parcelle cultivée par rapport au témoin.

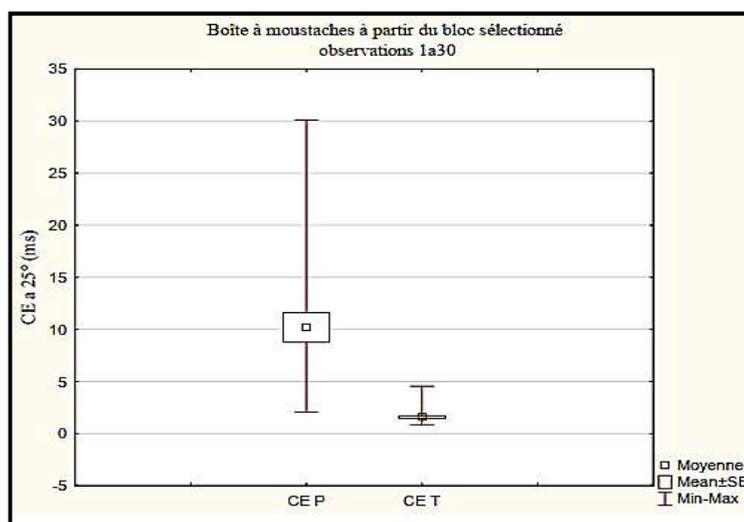


Figure 20. Boite à moustaches de la variation de la conductivité électrique du sol

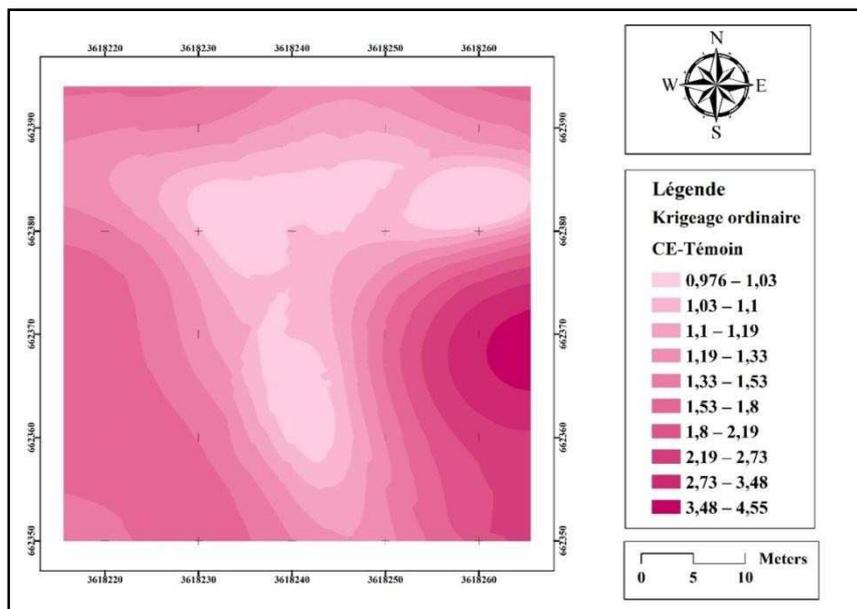
L'analyse de la variance à un facteur a révélé que cette augmentation est significative ($F=36,9954231$ $P=9,9645E-08$) (Tab 05).

Tableau 05 : ANOVA à un facteur : Salinité du sol dans la palmeraie et témoin.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1111,64196	1	1111,64196	36,9954231	9,9645E-08	4,00687289
A l'intérieur des groupes	1742,78946	58	30,0480941			
Total	2854,43141	59				

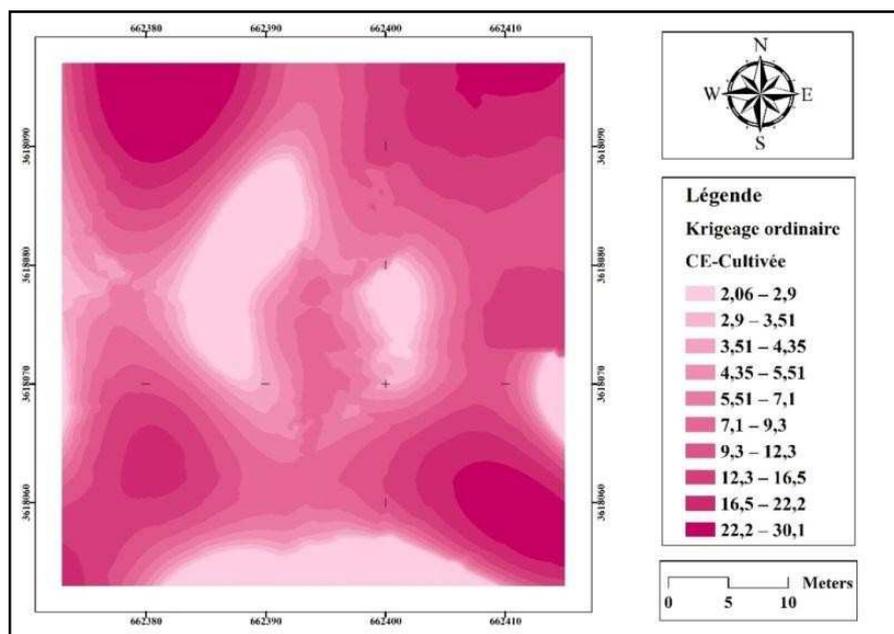
1.1.2 Réalisation des cartes thématiques

La carte (01) montre une variation élevée de la salinité dans la parcelle témoin, avec un coefficient de variation de 44,77 %. Nous observons que, les valeurs les plus élevées sont enregistrés dans l'est de la parcelle. Le sol est non salé dans toute la parcelle avec des valeurs variant de 0.9 à 4.5 ms/m.



Carte01. Répartition spatiale de la salinité dans la parcelle témoin

La carte (02) montre une variation très élevée de la salinité dans la palmeraie, avec un coefficient de variation de 75,83%. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les extrémités de la parcelle (nord et sud). Le sol est peu salé dans toute la parcelle, la conductivité électrique varie de 2 à 30 ms/m.



Carte 02. Répartition spatiale de la salinité dans la parcelle cultivée

1.2.1. Etude de la variabilité spatiale de la réaction du sol

Les résultats relatifs à l'étude des paramètres du sol dans la palmeraie de El-Guerrara sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 06. Résultats d'analyses de la réaction du sol

	Max	Min	Moy	Ecart-type	Cv%
Palmeraie	8,3	7,5	7,96	0,23	2,88
Témoin	8,8	8,09	8,34	0,23	2,79

Selon les résultats obtenus (Tab 06) à partir de l'analyse des échantillons, il est observé que le pH du sol à 25°C varie entre 7,5 à 8,3 avec une moyenne de $7,96 \pm 0,23$ dans la palmeraie ; le sol est légèrement alcalin tandis que dans la parcelle référence il varie 8,09 à 8,8 avec une moyenne de $8,34 \pm 0,23$; le sol est modérément alcalin.

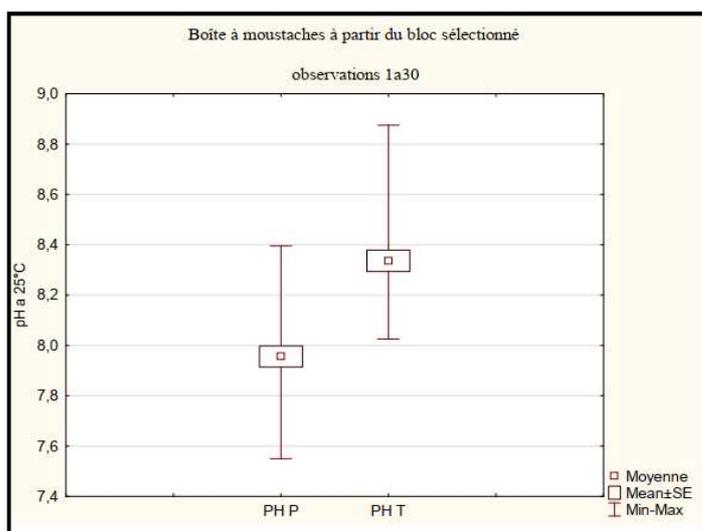


Figure 21. Boîte à moustaches de la variation de pH du sol.

L'analyse en boîtes à moustaches (Fig 21) montre une diminution du taux du pH dans la parcelle cultivée par rapport au témoin. L'analyse de la variance à un facteur a révélé que cette diminution est significative ($F=40,6710017$ $P=3,228E-08$) (Tab 07)

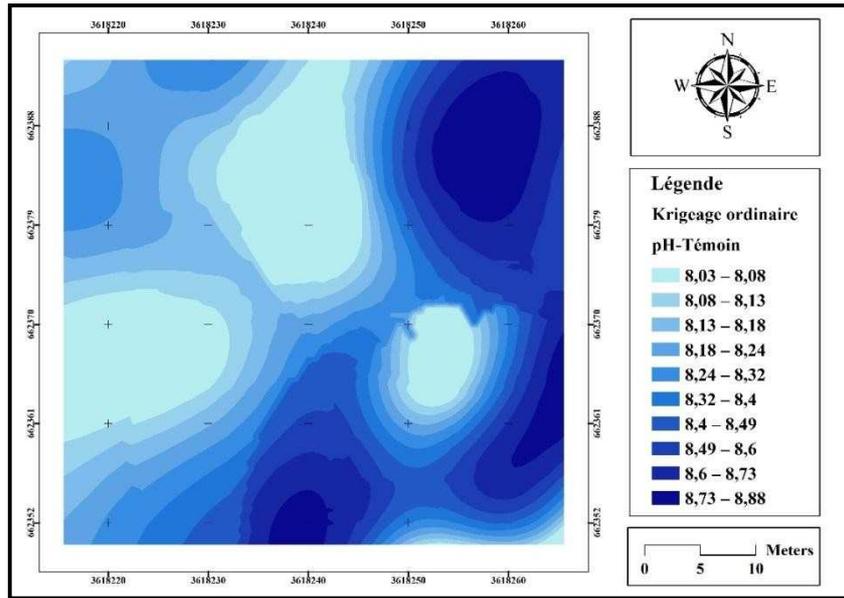
Tableau 07. ANOVA à un facteur : pH dans la parcelle cultivée et non cultivée

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	2,1704356	1	2,1704356	40,6710017	3,228E-08	4,00687289
A l'intérieur des groupes	3,09520935	58	0,05336568			

1.2.2 Réalisation des cartes thématiques

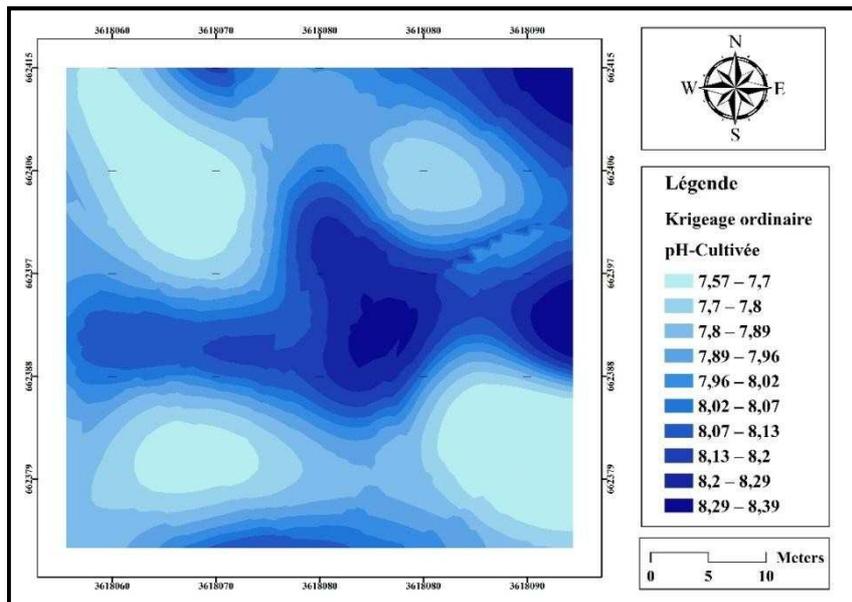
La carte (03) montre une variation faible du pH dans la parcelle témoin, avec un coefficient de variation de 2.79 % selon l'échelle de (NOLIN et al., 1997 in MATHIEU, 2009).

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans la partie est de la parcelle. Le pH est modérément alcalin de 8,09 à 8,8.



Carte 03 : Répartition spatiale du pH dans la parcelle témoin.

La carte (04), illustre la variation spatiale du pH dans la parcelle cultivée qui varie entre 7.5 à 8.3. Le sol demeure faiblement à modérément alcalin. Cette variation est considérée comme faible avec un coefficient de variation de 2,88 %.



Carte 04 : Répartition spatiale du pH dans la parcelle cultivée

1.3.1. Etude de la variabilité spatiale du sodium (Na^+) :

A partir les résultats analytiques de l'extrait de sol du sodium (Na^+) (Tab 08), on observe que la concentration du sodium dans la parcelle témoin varie entre 2 mg/l et 81 mg/l avec une moyenne de $6,27 \pm 14,36$, tandis que dans la palmeraie elle varie de 3 à 230 mg /l avec une moyenne de $48,53 \pm 48,57$.

Tableau 08: Résultats d'analyses de sodium (Na^+)

	Max	Min	Moy	Ecart-type	CV%
Palmeraie	230	3	48,53	48,57	100,08
Témoin	81	2	6,27	14 ,36	229 ,14

L'analyse en boîtes à moustaches (Fig. 22) montre que la concentration du Na^+ de sol dans la palmeraie est plus importante par rapport à la parcelle témoin.

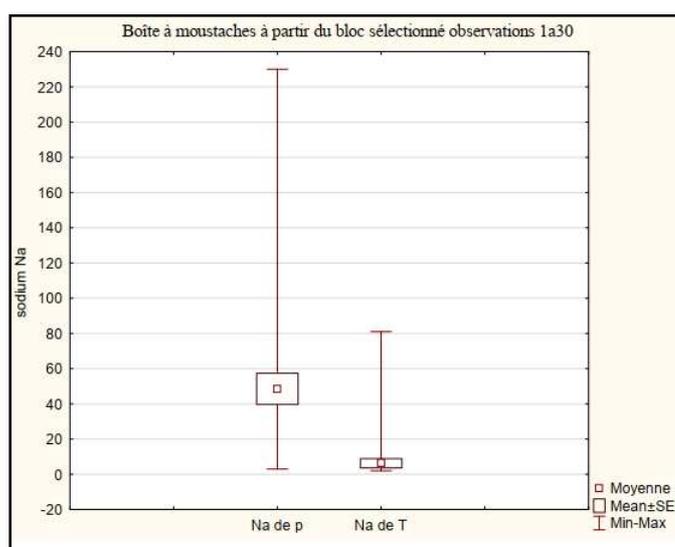


Figure 22. Boîte à moustaches de la variation de Na^+ du sol.

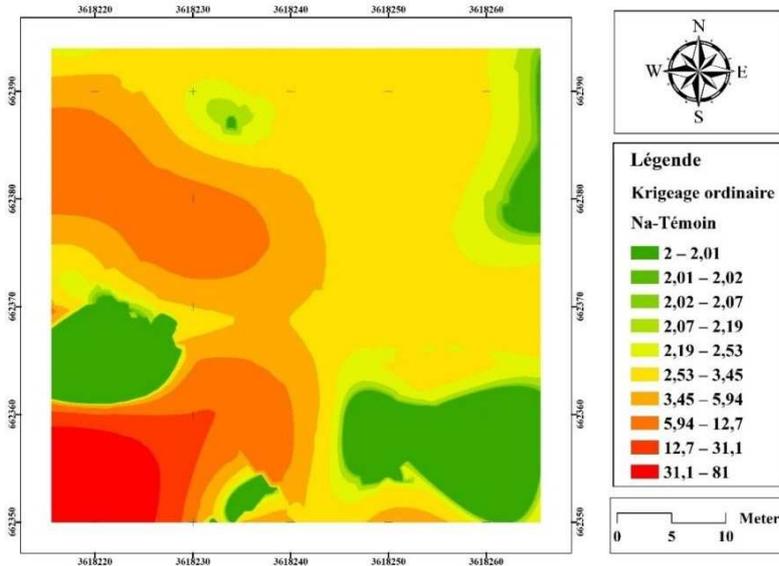
L'analyse de la variance à un facteur a révélé que cette augmentation est significative ($F=20,888689$, $P=2,5981E-05$) (Tab 09).

Tableau 09. ANOVA à un facteur : Na^+ dans la palmeraie et la parcelle témoin

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	26797,066 7	1	26797,0667	20,88868 9	2,5981E-05	4,00687289
A l'intérieur des groupes	74405,333 3	58	1282,85057			
Total	101202,4	59				

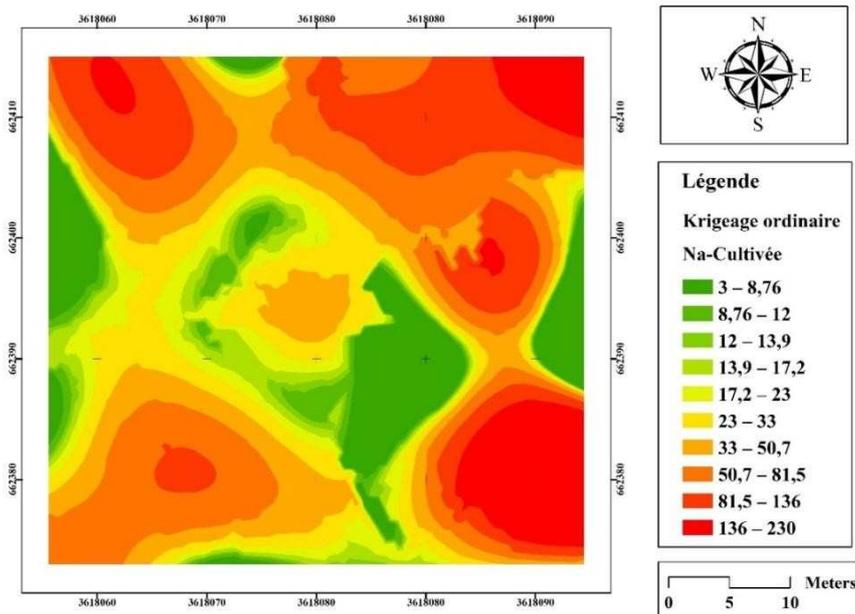
1.3.2 Réalisation des cartes thématiques :

D'après la carte (05), la concentration du sodium présente une variation spatiale extrêmement élevée avec un coefficient de variation d'ordre 229.14%. Le sol présente une alcalinisation intense.



Carte 05 : Répartition spatiale du sodium dans la parcelle témoin

La variabilité spatiale du sodium dans la parcelle cultivée est extrêmement élevée avec un CV de 100.08 % (Cart.06).



Carte 06 : Répartition spatiale du sodium dans la parcelle cultivée

1.4.1. Etude de la variabilité spatiale du potassium (K⁺)

A partir des résultats obtenus des analyses pour les 30 échantillons dans chaque parcelle étudiée, il est constaté que le potassium varie entre 21mg/l et 31 mg/l (élevé) dans la parcelle témoin avec une moyenne de 25.67 ± 3.03 et de 17 mg/l (moyen) à 66 mg/l (élevé) dans la parcelle cultivée avec une moyenne de 32.43 ± 10 .

Tableau 10: Résultats d'analyses de potassium (K⁺)

	Max	Min	Moy	Ecart-type	CV%
Palmeraie	66	17	32,43	10,66	32,88
Témoin	31	21	25,67	3,03	11,81

L'analyse en boîtes à moustaches (Fig. 23) montre une augmentation de la concentration du K⁺ dans la palmeraie par rapport à la parcelle témoin

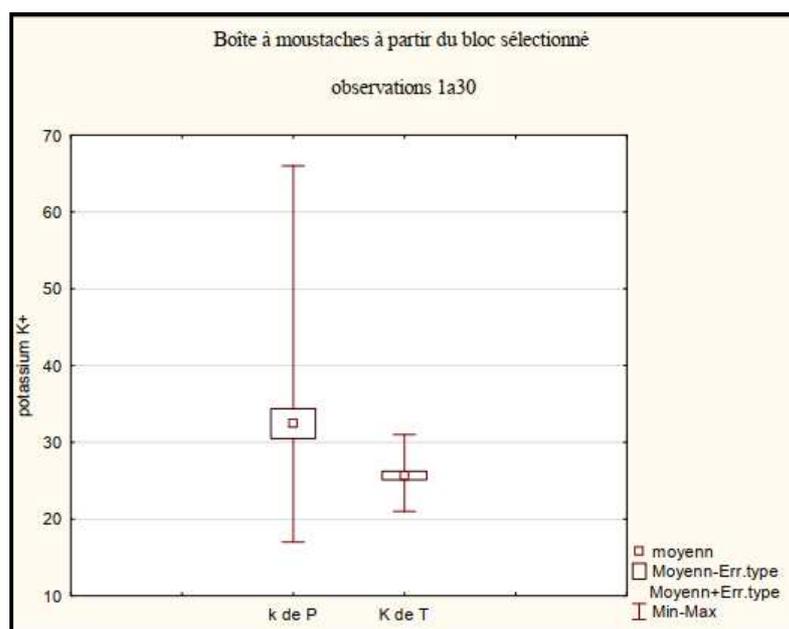


Figure 23. Boîte à moustaches de la variation K⁺ du sol.

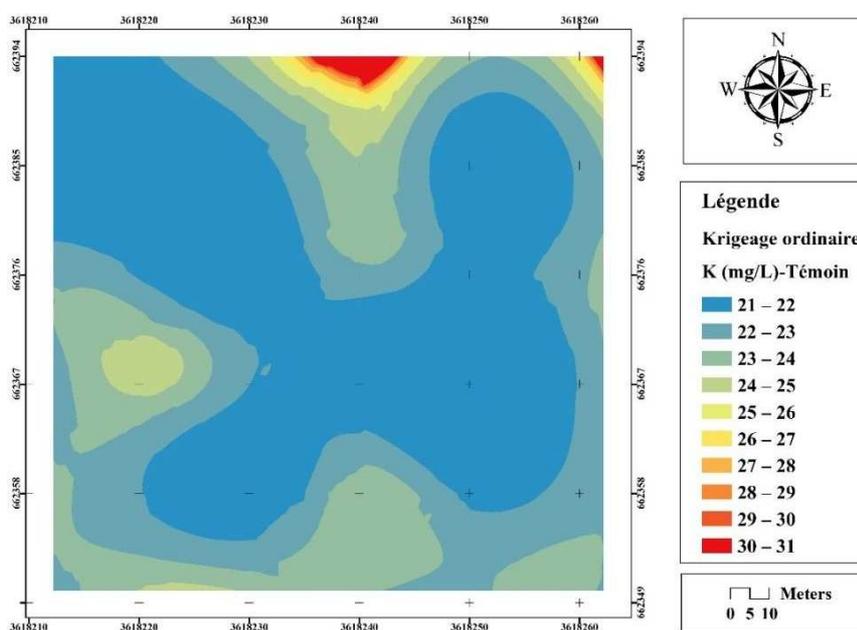
L'analyse de la variance à un facteur a révélé que cette augmentation significative ($F=11,1770466$, $P=0,00145506$) (Tab 11).

Tableau 11. ANOVA à un facteur : K^+ dans la palmeraie et la parcelle témoin.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	686,816667	1	686,816667	11,1770466	0,00145506	4,00687289
A l'intérieur des groupes	3564,03333	58	61,4488506			
Total	4250,85	59				

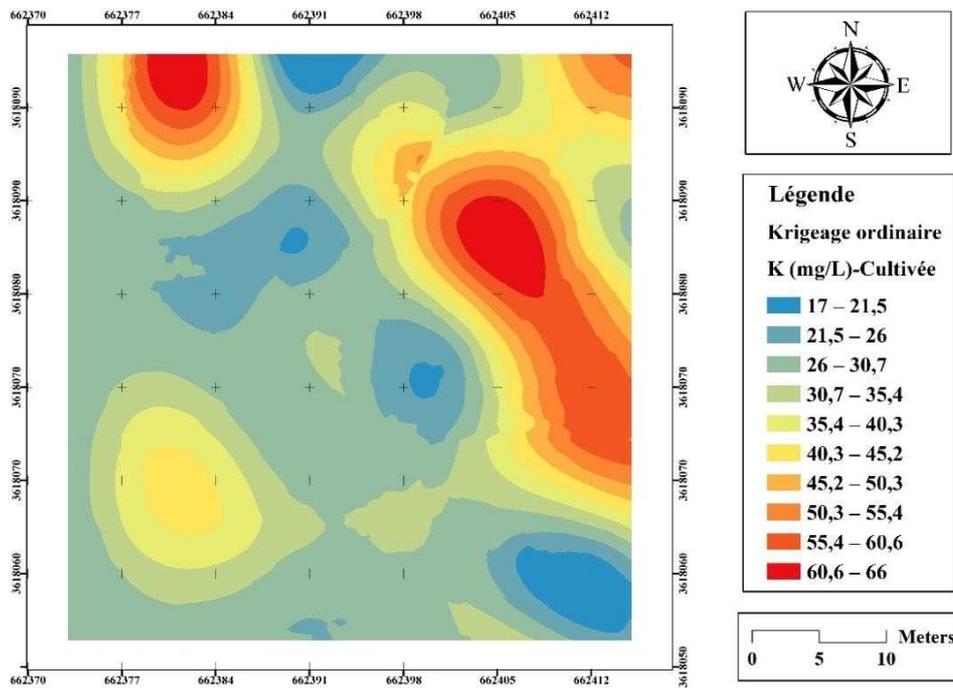
1.4.2 Réalisation des cartes thématiques

D'après la carte (07), la concentration du sodium présente une variation spatiale faible avec un coefficient de variation d'ordre 11,81%. Les valeurs les plus élevées sont concentrées au milieu de la zone échantillonnée.



Carte 07: Répartition spatiale du sodium dans la parcelle témoin

D'après la carte (08), le potassium présente une variation spatiale élevée avec un CV de 32,88% dans la parcelle cultivée, le potassium varie de moyen à très élevé.



Carte 08 : Répartition spatiale du sodium dans la parcelle cultivée

2. Caractéristiques des eaux d'irrigation

Les pratiques agricoles, et notamment la mise en place de systèmes d'irrigation, ne sont pas sans effet sur la qualité des eaux souterraines. Les sels minéraux contenus dans les eaux d'irrigation ont en outre un impact sur le sol et les plantes, car ils peuvent causer des changements dans la structure du sol (modifiant ainsi sa perméabilité et son aération) et perturber le développement des plantes (PERSON, 1978 in GOUAIDIA, 2008). Pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation de notre palmeraie nous avons utilisé le diagramme de PIPER, pour la détermination des faciès chimiques, et les diagrammes de L.V. WILCOX (1948) et L.A. RICHARDS (1954 – diagramme de "Riverside"), pour appréhender le risque de salinisation et de sodisation des sols.

2.1. Classification des eaux souterraines selon PIPER

La représentation des analyses chimiques sur ce type de diagramme permet d'avoir une idée globale sur la composition chimique des eaux. Le principe consiste à représenter dans chaque triangle les quantités en réaction pour chaque cation ou anion où on obtient un point triple soulignant la prédominance d'un anion ou d'un cation. Ces deux points triples donnent un point critique représentant la nature chimique de l'échantillon considéré

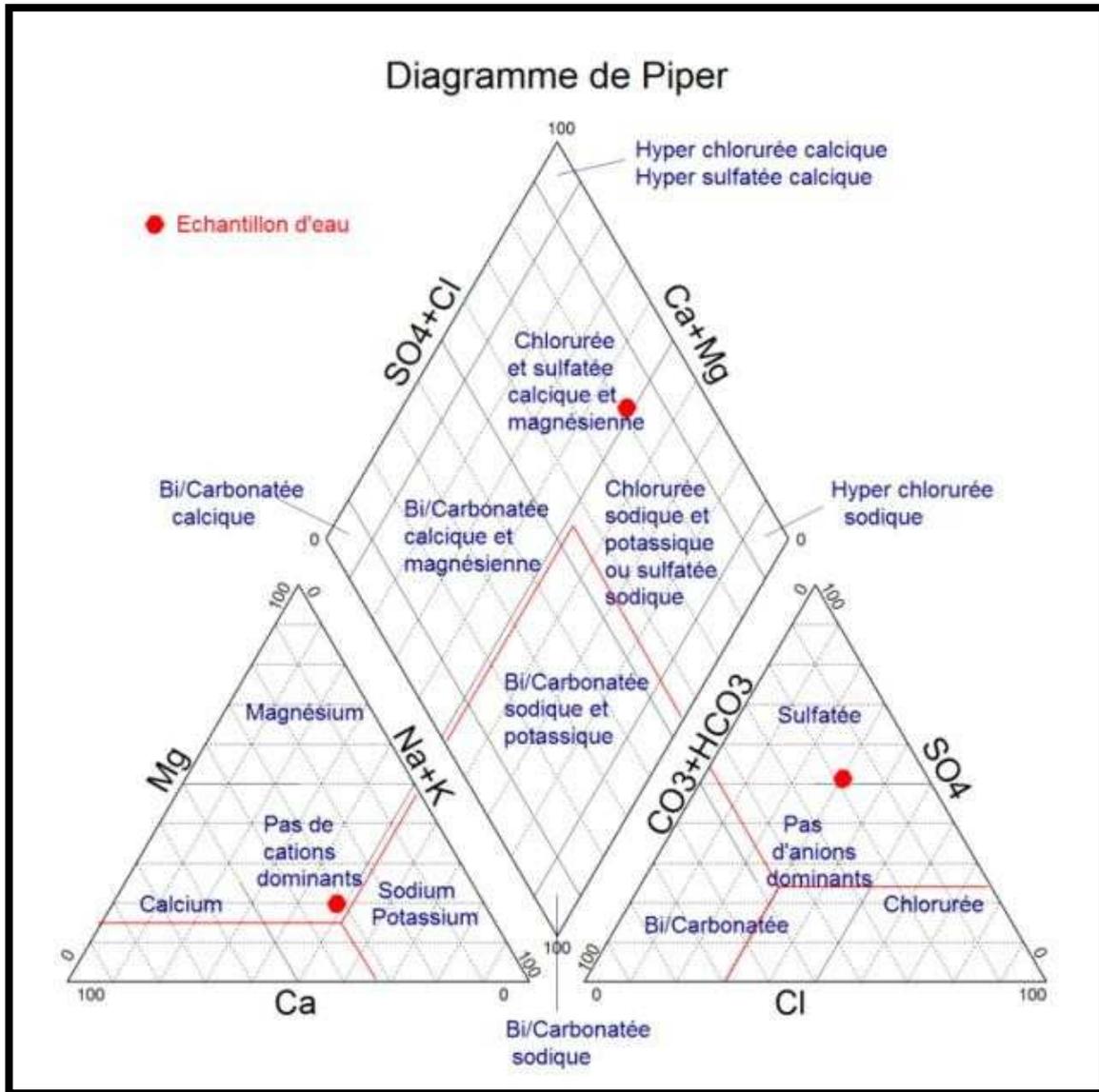


Figure 24 . Diagramme de PIPER pour les eaux de station d'étude

D'après les résultats de diagramme de PIPER (Figure 20), les échantillons analysés ne présentent pas de cation dominants, remarqué dans le triangle des cations, alors que dans le triangle des anions on remarque une dominance des chlorurées. Le faciès dominant de type Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

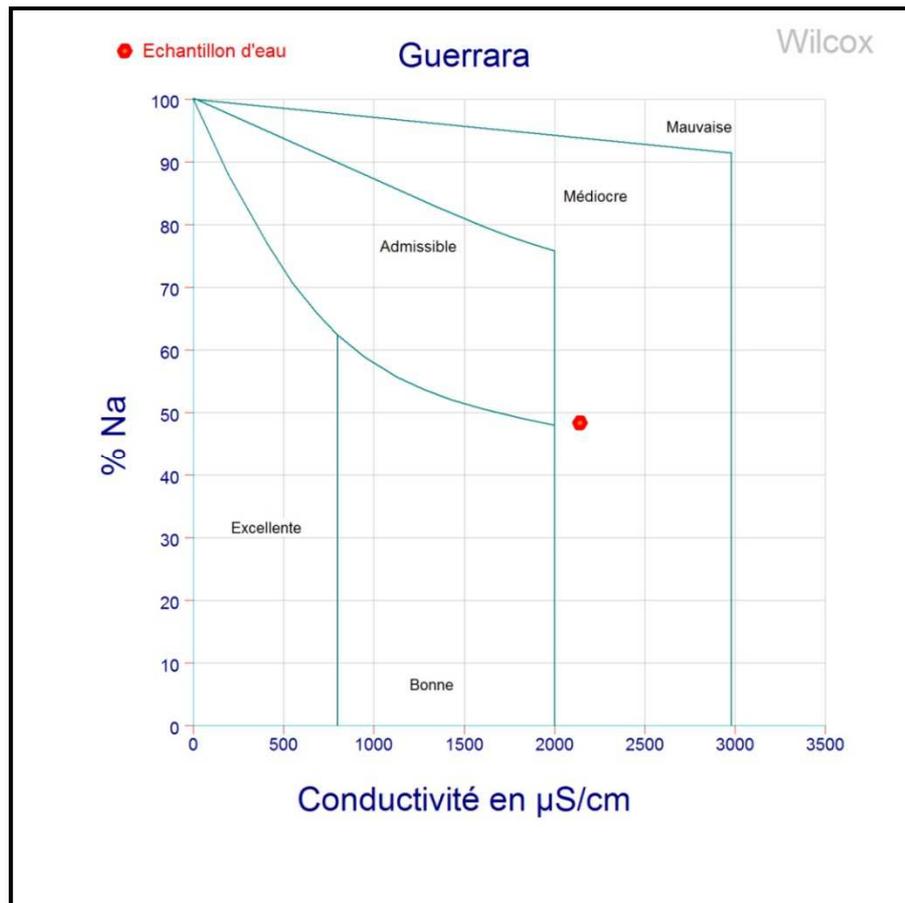


Figure 25. Evaluation de la qualité des eaux d’irrigation dans la station d’étude (Diagramme de WILCOX)

La méthode de l’évaluation des eaux d’irrigation WILCOX (1948) a proposé une méthode est basée sur le pourcentage de sodium et la conductivité électrique. Le pourcentage de sodium est calculé selon la formule :

$$\%Na^{+} = \frac{(Na^{+} + K^{+})}{(Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^{+} + K^{+})} \times 100$$

L’eau d’irrigation de notre palmeraie appartient à la classe " médiocre" (Fig.21).

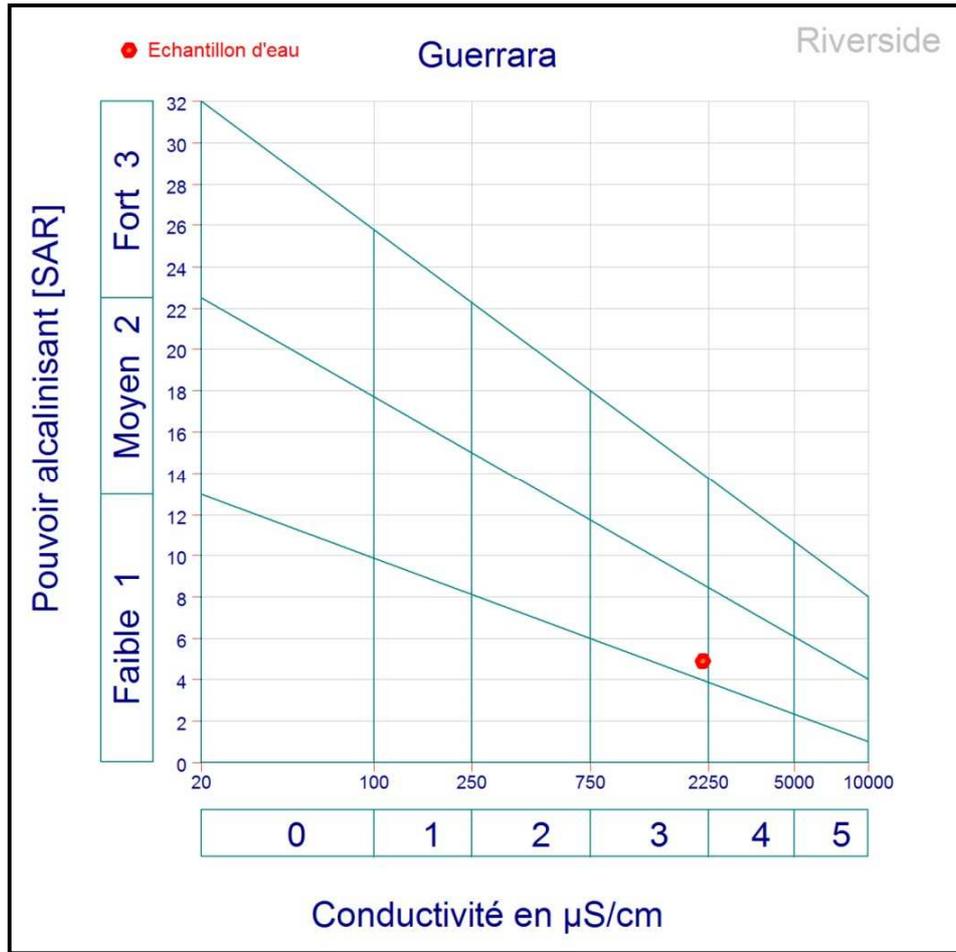


Figure 26. Classification des eaux d'irrigation de la station d'étude (Diagramme de RIVERSIDE)

Le diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après RIVERSIDE, montre que l'échantillon d'eau d'irrigation appartient à la classe C3S1 ce qui désigne un risque élevé de salinité et un risque faible d'alcalinité.

Pour cela, la qualité de ces eaux d'irrigation peut être considérés comme qualité moyenne à médiocre. A utiliser avec précaution et nécessite un drainage.

Discussion

La connaissance des propriétés du sol dans un sol agricole est un moyen de caractérisation du sol de point de vue fertilité physique, chimique et même biologique.

L'étude de la variation spatiale des propriétés du sol dans la région de El-Guerrara a permis de caractériser quelques paramètres à savoir : le sodium, le potassium, le pH et la conductivité électrique, d'étudier leur variabilité spatiale à travers la réalisation des cartes thématiques par la méthode d'interpolation krigeage qui offre la prédiction la plus fiable.

Les résultats d'analyses de la salinité du sol ont révélé une augmentation significative de la salinité dans la parcelle cultivée après 31 ans de mise en culture, avec ce qui est due principalement à l'action de l'irrigation continue par une eau saline de qualité médiocre (C3S1), la salinité de l'eau d'irrigation étant de dS/m, ce qui a fait augmenter le stock en sels solubles dans le sol (BENBRAHIM, 2018).

L'étude de la variabilité spatiale réalisée suite à un échantillonnage par maillage systématique, a démontré l'existence de variabilité très élevée (CV= 75,83%) dans la parcelle cultivée et élevée (CV=44,77 %) dans la parcelle témoin. Selon WILLIAM (2003) ; WYN-JONES et GUNSTON (1991) in MASMODI (2012), la salinité augmente dans les terres cultivées à cause de l'intensification de l'irrigation par des eaux de qualité médiocre, l'insuffisance d'eau pour lessiver des sels, le mauvais drainage des sols, la faible profondeur de la nappe phréatique.

En d'autres termes, de telle milieux sont le siège d'une salinisation secondaire : il y a entrée des solutions salines mais sortie d'eau pure uniquement par l'évapotranspiration (SIMONNEAU et AUBERT, 1963 ; AUBERT, 1975 ; HULLIN, 1983 ; BOIVIN et *al.*, 1989 ; DAOUD et HALITIM, 1994 ; CHERVERRY et ROBERT, 1998 ; CONDOM, 2000).

Les résultats d'analyses de la réaction du sol ont montré une diminution du taux du pH dans la parcelle cultivée par rapport au témoin. La cause principale de cette diminution du pH est la lixiviation des cations alcalins et alcalinoterreux suite à l'irrigation (DUCHAUFFOUR, 1977 in BENBRAHIM, 2018). D'autres causes peuvent contribuer à la diminution du pH à savoir l'apport d'engrais ammoniacal augmente l'acidité. En effet, leur nitrification ou absorption conduit à une production de protons (BOURGEOIS et *al.*, 2016)

La variabilité spatiale du pH est faible dans les deux parcelles cultivées et témoin avec un CV d'ordre 2.79 %, 2,88 respectivement. Cette dernière tient en compte la nature des

roches (les sols sableux et limoneux sont plus acides que les sols calcaires), la saison (en hiver il est plus élevé). L'activité biologique est aussi source de modification du pH. Pour limiter les variations de pH, le pouvoir tampon du sol est sollicité. C'est à travers le complexe argilo-humique qu'il y a une régulation du pH. Il est porteur de charges négatives et c'est donc un lieu d'échanges avec les cations (H^+ , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ ...) présents dans la solution du sol (BOURGEOIS *et al.*, 2016).

Les résultats d'analyse du sodium dans le sol, ont démontré une augmentation significative de sa teneur et variation spatiale extrêmement élevée pour les deux parcelles avec un CV= 100.08% pour la parcelle cultivée et CV = 229,14% pour la parcelle témoin. D'après HALITIM (1988) et FAO (1996), la présence d'un pourcentage élevé de sodium échangeable est la conséquence d'un haut niveau de salinité, un mauvais système d'irrigation alimenté par une nappe salée, dépôt sédimentaire salin (OMOURI 2009).

Les résultats obtenus ont montré une augmentation significative de la teneur en potassium dans le sol cultivé par rapport au sol témoin. Le niveau de l'intensité de variabilité spatiale du potassium est faible (CV=11,81%), dans la parcelle de référence et élevée dans la parcelle cultivée (CV=32,88). Le potassium échangeable est sous la dépendance de nombreux facteurs pédologiques, climatiques et agricoles qui conduisent à une grande variabilité des teneurs observées (DOGNIN *et al.*, 1981).

Probablement, l'augmentation de la teneur de potassium dans la parcelle cultivée est dû à l'eau d'irrigation utilisée. A l'exception de certains sols franchement sableux, riches en feldspaths potassiques (sable arkosique), les sols à texture fine (textures argileuses, argilo limoneuse,...etc.) sont potentiellement plus riches en K^+ total que les sols à texture grossière (MHIRI. 2002). L'épandage périodique de fumier peut entraîner une accumulation de potassium dans le sol au fil du temps.

Conclusion :

L'étude des effets de l'intensification agricole sur l'évolution des propriétés des sols dans la zone de Guerrara (Ghardaïa) a été réalisée par prélèvement systématique de 30 échantillons dans chaque parcelle cultivée (palmeraie), non cultivée (témoin) a porté sur l'analyse de la distribution spatiale et l'étude de l'intensité de l'évolution de quelques paramètres à savoir, le pH et la salinité, sodium et potassium, et le bilan ionique d'eau d'irrigation.

Les résultats d'analyses du sol ont révélé que le sol cultivé est peu salé, légèrement alcalin, riche en sodium et potassium. Nous avons enregistré une augmentation significative pour les paramètres étudiés dans le sol de la palmeraie par rapport au sol non cultivée.

La distribution spatiale des paramètres étudiés illustre l'existence d'une variabilité spatiale extrêmement élevée pour le sodium, très élevée pour la salinité du sol et le potassium et faible pour le pH. L'étude sur la variabilité spatiale s'avère intéressante à une bonne compréhension de la situation actuelle des sols agricoles en vue d'une meilleure gestion, maintien et amélioration de leur productivité.

L'analyse d'eau d'irrigation appliquée appartient à la classe médiocre avec un faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésien.

L'étude de l'impact de l'intensification agricole oasisienne sur l'évolution des paramètres étudiés reste insuffisante et mérite d'être poursuivi en tenant compte de :

L'étude de l'impact de l'intensification agricole sur propriété du sol dans la région de Guerrara ce qui amène aux recommandations suivantes :

- Caractérisation morphologique et analytique du sol afin de bien expliquer les résultats trouvés.
- L'analyse complète de l'eau d'irrigation afin de déterminer le faciès dominant.
- L'étude de la variabilité verticale des propriétés du sol, afin de comprendre le devenir de chaque propriété dans le profil
- Extension de l'échantillonnage sur plusieurs palmeraies.

Références

- **A.N.R.H., 2012.** Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. ED ; Agen. Ati. Alger. Ressources hydrique, p 19.
- **ADDOUN,T . (2020)** Dynamiques spatiales des agglomérations du Sahara nord central algérien (wilaya de Ghardaïa) ,P 40-41.
- **Ademe ,G .(2019)** Journée technique sur la géostatistique appliquée aux sites pollués ,Comment passer des analyses chimiques à la cartographie des teneurs en polluants ,P01.
- **Anne-Laure ,F.(2007)** Analyse de la variance à un facteur,P01 .
- **AOUAM,H. (2007)** Etude minéralogique et micromorphologique de sols alluviaux de la Région de Guerrara (W. Ghardaïa),P17 .
- **AUBERT G., 1975** - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'I.N.A., Alger, 6 (1), pp. 185-195.
- **BABAZ , A. HADJ SAID, M. (2021)** Enquête sur les pratiques phytosanitaires dans la viticulture de la région de Ghardaïa ,P 22 .
- **BARBOUCHI ,M et al (2013)** caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie radar satellitaire : cas de la Tunisie et du Maroc P08.
- **BENBRAHIM F., 2018**-Variabilité spatiale de la qualité du sol dans les agrosystèmes du Sahara algérien. Thèse. Doct. Université Badji-Mokhtar, Annaba, 116pp.
- **BENSANIA , M. (2012)** la politique du renouveau rural dans la wilaya de Ghardaia : Situation et perspectives , p35
- **BENSLAMA ,A. (2021)** Qualité des eaux d'irrigation et salinisation des sols dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa – Cas de Zelfana p19 .
- **BENSLAMA, A. (2021)** Qualité des eaux d'irrigation et salinisation des sols dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa – Cas de Zelfana P 01
- **BOIVIN P., HACHICHA M., JOB J.O., LOY ER J. Y., 1989** -Une méthode de cartographie de la salinité des sols Conductivité électromagnétique et interpolation par krigeage .ORSTOM Fonds Documentaire, Tunis 27(1) pp 69-72.
- **BOUKHETTA,A. SAMMOUNE,M.(2020)** Support de décision spatiale pour la gestion des ressources en eau de la Value de Ghardaïa.p24.
- **BOUKHETTA,A.SAMMOUNE,M.(2020)** Support de décision spatiale pour la gestion des ressources en eau de la Value de Ghardaïa ,P24 .
- **BOURGEOIS, M et al (2016)** L'acidité des sols P01 .

- **BURGESS T.M., WEBSTER R., 1980**- Optimal interpolation and isarithmic mapping soil of properties. The semi-variogram and punctual kriging. Soil Sci. 31, 331p.
- **CHELLAT,S ,(2014)** Cadre Sédimentologie et Paléo environnemental des Formations mio- pliocènes de la région de Guerrara (Ghardaïa, Algérie) ,P14 .
- **CHERRY CL., ROBERT M., (1998)** -la dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée . étude et gestion des sols 5(4), pp.217-226
- **CHNINI,M (2013)** Impact de l'intensification agricole (céréaliculture sous pivot) sur la variation de la salinité du sol dans la région de Ghardaïa (cas de HASSI EL F'HEL) ,P 38.
- **CLEMENT, M FRANCOIS ,P(2003)**Analyse chimique de sols ,Méthodes choisies P212.
- **CONDOM N., (2000)**-analyse et modélisation couplée des processus hydrogéochimiques de la salinisation des sols. Application aux sols rizicoles de l'office du Niger (mali). Thèse. Doct. Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier, 189p.
- **Corstanje, R., S. Grunwald, K. R. Reddy, T. Z. Osborne et S. Newman, 2006,** Characterization of the spatial distribution and un certainty of soil properties in Water Conservation .pp. 938–949.
- **DALMAS,P.(2000)** Mesure de conductivité sur une eau pure ou comment appliquer la norme USP24-NF19 P05.
- **DAOUD Y., HALITIM A., 1994**-irrigation et salinisation au Sahara algérien Sécheresse 5(3), pp.151-160.
- **Dognin et all, (1981).** Dynamique du potassium échangeable dans les sols tropicaux cultivés. P 1.
- **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 meskian P146.
- **HEDIDI,.(2020)**Synthèse bioclimatique et étage bioclimatiqueP03.
- **HULLIN M., 1983** - Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés. Cours photocopié, Vol. 3,I.N.A., Alger, 139 p.
- **Isabelle ,C.(2004)**Analyse d'eau pour fin d'irrigation, P04.

- **Isabelle ,C.(2006)** Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation p05.
- **Jean ,Y. Yufeng , J .(2010)** Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière RWASAVE: Cas des sites utilisés comme eau potable ,P 22.
- **Layachi ,G. (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.p53.
- **Marie ,H.(2011)** De la donnée à la connaissance : traitement, analyse et transmission,P69.
- **Masmoudi ,A .(2012)**Problèmes de la salinité liés à l'irrigation dans la région Saharienne : Cas des Oasis des Ziban P05.
- **Masmoudi ,A.(2012)** Problèmes de la salinité liés à l'irrigation dans la région Saharienne : Cas des Oasis des Ziban P14,15,21,22,28,29 .
- **Mathieu ,Q. (2009)** Cartographie à l'échelle de la parcelle agricole de variables indicatrices de la capacité des sols à fixer le phosphore à l'aide de la télédétection et des nouvelles technologies, p 18.
- **MHIRI, A.(2002)** Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche : le potassium dans les sols de Tunisie, p II.2, II.3, II.9.
- **OMOURI, O (2009).** Contribution à l'étude de la réhabilitation au laboratoire des sols salso-diques des palmeraies de la région d'In Salah par l'utilisation du phosphogypse, P 18.
- **Patricia ,D.(2000)** . Mesure de conductivité sur une eau pure .p04.
- **Raphaël, G. (2004)** 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 ,P 5 .
- **Riedacker ,A .(1993)** physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides .p474.
- **SANIA ,N.HAMDANE,C. (2018)** Inventaire des plantes spontanées dans la région de Ghardaia (Cas de Daya ben Dahoua et Numérate),P16 -17 .
- **SAUVAGE,C (1961)** Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines P98.
- Schürch ,M. Bulgheroni ,M. Sinreich ,M .(2018,)La température des eaux souterraines,P01. **Sébastien ,D .(2017)** Statistique descriptive , P05.
- **SIMONEAU P., AUBERT G., 1963** -L'utilisation de l'eau salée au Sahara. Ann

.Agron. 14(5):859-872.

- **Thierry ,D. Denis ,C.(2016)** Qualité de l'eau et entretien du système d'irrigation, P02. **Vincent ,S. (2007)** chimie analytique , titrage automatisé des bains de finissage,P06.
- **Walter von , F . (2020)** Une carence en potassium cause des nécroses foliaires chez les betteraves.p02.
- **WILIAM, G .(2003).** Physiologie végétale, p 465.
- **Zaghouane ,O.et al (2006)** Quelles perspectives pour l'agriculture e de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ,P183-184 .
- **ZITA,H (2011)**Evaluation pastorale des parcours camelins et étude comparative de la richesse floristique en fonction des différentes formations géomorphologiques du Sahara Septentrional. –cas de la région de Ghardaïa P 14 , 56.

Annexes

Annexe 01 : Classes d'intensité de la variabilité (NOLIN et al., 1997 in MATHIEU, 2009).

Intensité de la variabilité	Coefficient de variabilité (%)
Faible	<15
Modérée	15-35
Élevée	35-50
Très élevée	50-100
Extrêmement élevée	>100

Annexe 02 : Normes d'interprétation du pH-eau du sol (MATHIEU et al, 2009)

pH	Normes
0 à 3	Extrême acide
3 à 4	Très fort acide
4 à 5	Forte acidité
5 à 6	Modérée acidité
6 à 7	Faible acidité
7 à 8	Faible alcalinité
8 à 9	Modérée alcalinité
9 à 10	Fort alcalinité
10 à 11	Très fort alcalinité

Annexes 03 : Echelle salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978).

C.E. (dS/m à 25°C)	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < C.E. \leq 2$	Sol peu salé
$2 < C.E. \leq 2,4$	Sol salé
$2,4 < C.E. \leq 6$	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé

Annexe 04 : Propriétés de l'eau d'irrigation.

Paramètre	Concentration
Ph	7.76
CE	2.14 ms
Calcium	185mg/L
Magnésium	69.98 mg/L
Potassium	27 mg/L
Sodium	307mg/L
Sulfate	582.9 mg/L
bicarbonate	268.4 mg/L
Chlorure	253.84 mg/L
Température	25°C