



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar EL-OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية

Département de Sciences Agronomie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences Agronomie

Spécialité : **production végétale**

Cartographie de la salinité des sols en utilisant les systèmes d'informations géographiques (SIG) au niveau des premières agricoles de la région d'EL OUED (la commune de Sidi Aoun)

Présenté par : laouini CHAIMA & MOUNIA

&

Devant le jury composé de :

Président :	Hakimi youcef	M.C.B	Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued
Directrice de mémoire :	Merdaci samir	M.C.B	Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued
Examineur:	Slimani noureddine	M.C.B	Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued

- Année universitaire 2023/2024-

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

من قال أنا لها نالها وأنا لها رغما عنها أتيت بها ، وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة، لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون فعلتها ونلتها وما كنت لأفعل لولا الله فالحمد لله عند البدء وعند الختام .

بداية الى قطاع غزة المرابط المحتسب سلام عليكم بما صبرتم فنعم عقبى الدار

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلى من سعى إلى راحتي ونجاحي إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة إلى من غرس في روحي مكارم الأخلاق داعمي الأول في مسيرتي وسندي وملاذي وقوتي بعد الله إلى فخري وإعتزالي (والدي)

الى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبها قبل يديها وسهلت لي الشدائد بدعائها، إلى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات سر قوتي ونجاحي ومصباح دربي ، إلى من تشاركني أفراحي وآساتي إلى أروع امرأة في الوجود (أمي)

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي ، إلى ملهمي نجاحي ، إلى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينباع أرتوي منها ، إلى خير أيامي وقرة عيني (عبد النور -عبير -العيد-ايمان - صفاء - زيد)

لكل من كان عون وسند في هذه الطريق لرفقاء السنين وأصحاب الشدائد والأزمات أهدىكم هذا الإنجاز راجين من الله تعالى أن ينفعنا بما علمنا وأن يعلمنا ما ينفعنا إلى صديقاتي (مونية- هادية - سلسبيل - لينة- شيرين - جنان- حفصة - منال)

إلى من تقاسمنا معهم مقاعد الدراسة فكانوا خير جليس زملائي ...

وأهدي تخرجي وفرحي لمن أرادوا بي كسرا فخيبت الله ظنهم وزدت قوة وجبرا ، وإلى من أمسكو بيدي لمساعدتي على النهوض...

شيماء

الإهداء

الحمد لله حبا وامتنانا على البدء والختام " واخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين "

اهدي هذا النجاح الى :

•نفسي الطموحة التي قاومت مشقات الحياة وصبرت حتى أذابها التعب.

• الى ملاكي الطاهر ، وقوتي بعد الله ، لمن دعمتني وكانت أكبر حافز لي ومبدا لمخاوفي وآمنت بي و عززت الثقة في نفسي ..إلى من اخذتها الأيام مني لك هذا النجاح والتخرج .. (جدتي الحبيبه رحمها الله)

•الى الذي زين اسمي باجمل الالقاب الى من دعمني بلا حدود واعطاني بدون مقابل داعمي الاول في مسيرتي لمن غرس فيني قواعد الخلق الكريم لمن كان له الفضل الاول في بلوغي هاذا النجاح والذي الحبيب اطل الله في عمره (لزهوري)

•الى من علمتني الاصرار والصبر للتي استمدت منها قوتي الى ينبوع العطاء المتقاني مدى عمري والدتي الغالية اطل الله في عمرها وجزاها عني خير جزاء ..(سعيدة)

• الى من شاركتني جميع خطوات مسيرتي عمتي العزيزة (حياة)

•الى الرجل العظيم الذي شاركني وشجعني للوصول إلى طموحاتي رفيق دربي وكل خطواتي السعيدة سندي (أسامة)

•الى ملائكة رزقني الله بهم لأعرف من خلالهم طعم الحياة الجميلة ، تلك الملائكة التي غيرن مفاهيم الحب والصداقة والسند في حياتي ، الى من قيل فيهم " سنشد عظذك بأخيك " اخوتي الاعزاء (لميس ، لونيس ، ملاك)

• الى الذين غمروني بالحب والتوجيه وأمدوني دائماً بالقوة وكانوا موضع الإتكاء في كل عثراتي والذين رزقني الله بهم لأعرف من خلالهم طعم الحياة الى اصدقاء العمر (شيماء ، هادية ، سلسبيل ، لينة)

•الى قطع السعادة المتناثره في قلبي الى الاحياء منهم والاموات ، الى أرق وأحب خلق الله ، الى من غرس الله حبكم في قلبي قططي يا قطعة مني انتم يا سبب رحمتي وعلمي الصالح وقربي الى مرضات الله...

مونية

شكر وعرفان

لا يسعنا في هذا المقام إلا أن نتقدم بجزيل الشكر والعرفان لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل وإتمامه على أكمل وجه.

نتوجه في المقام الأول بالشكر الجزيل إلى أستاذنا المشرف الدكتور [مرداسي سمير]، الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته وإرشاداته القيمة طوال فترة إعداد هذه المذكرة. كما نتقدم بالشكر الخالص إلى جميع أساتذة قسم العلوم الفلاحية، على ما قدموه لنا من دعم علمي.

كما نتقدم بالشكر إلى زملائي في الجامعة على مساندتهم ومساعدتهم المتواصلة طوال فترة الدراسة..

وأخيراً، أتوجه بالشكر والتقدير إلى كل من ساهم بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في إنجاز هذا العمل.

لجميعكم منا كل الشكر والتقدير...

ملخص

اتاحت لنا الدراسة الميدانية لبلدية سيدي عون بولاية الوادي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية SIG انشاء خرائط لملوحة التربة والمياه. يمكن استخدام رسم هذه الخرائط كأداة مساعدة لإتخاذ القرار بشكل أفضل وتحديد المناطق المالحة ومتابعة تطور هذه الملوحة...

وللقيام بذلك أخذنا عينات من المناطق المروية بشكل عشوائي على عمق 30 سم. ثم حللنا التربة في مخبر كلية العلوم الطبيعية والحياة. لإنشاء خرائط طبوغرافية لملوحة التربة CE. يتيح التعيين إمكانية تمييز المناطق الأقل ملوحة عن المناطق الأكثر ملوحة. تظهر لنا النتائج التحليلية أن التربة تحتوي على اختلافات قوية بين قيم CE وأن هناك عدم تجانس في توزيعها في بلدية سيدي عون، وبالتالي بفضل الخريطة التي يتم الرجوع إليها جغرافيا باستعمال نظام تحديد المواقع العالمي GPS، يمكنك بدقة استهداف المساحات المراد معالجتها

كلمات مفتاحية: ملوحة التربة، بلدية سيدي عون ، خرائط ،CE،SIG،

Résumé :

L'étude a été menée au niveau de la commune de Sidi Aoun, wilaya d'El Oued, en utilisant les Systèmes d'Information Géographique (SIG) qui nous a permis de créer des cartes de salinité des sols et de l'eau. La réalisation de ces cartes peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision pour une meilleure gestion des sols au niveau de la commune, en identifiant les zones salées et en suivant l'évolution de cette salinité.

Pour ce faire, nous avons prélevé des échantillons de manière aléatoire dans les zones irriguées, à une profondeur de 30 cm. Nous avons ensuite analysé les sols au laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Cela nous a permis de créer des cartes topographiques de la salinité des sols (CE). Cette identification nous a permis de distinguer les zones les moins salées des zones les plus salées. Les résultats d'analyse montrent que les sols présentent de fortes différences de valeurs de CE et une hétérogénéité dans leur répartition sur la commune de Sidi Aoun. Ainsi, grâce à la carte géoréférencée à l'aide du système de positionnement mondial (GPS), il est possible de cibler avec précision les zones à traiter.

Mots-clés: Salinité des sols ،Commune de Sidi Aoun, Cartes, SIG, CE

Abstract :

The study carried out in the municipality of Sidi Aoun, Wilaya of El Oued, using Geographic Information Systems (GIS) that allowed us to create soil and water salinity maps. The creation of these maps can be used as a decision-making tool for better management of the bio ressources of municipality, by identifying saline areas and monitoring the evolution of this salinity.

To do this, we randomly collected samples from the irrigated areas, at a depth of 30 cm. We then analyzed the soils in the laboratory of the Faculty of Natural and Life Sciences. This allowed us to create maps of soil salinity (EC). This identification makes possible to distinguish the less saline areas from the more saline areas. The analytical results show that the soils present strong differences in EC values and a lack of homogeneity in their distribution in the municipality of Sidi Aoun. Thus, using the geographically referenced map (the Global Positioning System GPS)

keywords:

Soil Salinity, Municipality of Sidi Aoun, Maps ,GIS, EC

Liste des tableaux		
N°	Le titre	P
1	Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)	6
2	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25°C	9
3	Classification de SAR	10
4	Classification des sols salins	11
5	Classification des eaux d'irrigation proposée par l'USDA	16
6	Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol	16
7	Les classes issues du diagramme de Riverside	18
8	Altitude moyenne des différentes communes de la vallée d'El Oued	29
9	Températures moyennes mensuelles de la région d'El Oued durant la période 2013–2023	31
10	L'humidité moyenne mensuelle de la région d'El Oued durant la période 2013–2023	31
11	Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région d'El Oued durant la période 2013 –2023	31
12	Précipitations moyennes mensuelles de la région d'El Oued durant la période 2013–2023	32
13	Résultats des CE de l'eau de Sidi Aoun	45
14	Résultats des CE de sol de Sidi Aoun	47

Liste des figures		
N°	Le titre	P
1	Diagramme de RIVERSIDE selon Richards	17
2	Le diagramme de Wilcox	19
3	Forme de couches thématiques	22
4	Les types de données géographiques dans un SIG	23
5	Relation entre les données géographiques et attributives dans un SIG	24
6	IDW Interpolation	26
7	Situation géographique de la région d'El Oued (Réalisé par QGIS)	28
8	Carte topographique de la vallée d'El Oued	30
9	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSE	32
10	Localisation de la région d'El Oued sur le climagramme	33

11	Situation géographique de la commune dans la Wilaya (Réalisé par QGIS)	39
12	Plan de travail	43
13	La carte d'échantillonnage au niveau de la commune de Sidi Aoun	44
14	Logiciel QGIS	49
15	L'exécuter de l'interpolation IDW	50
16	La carte de la salinité de l'eau commune de Sidi Aoun	50
17	La carte de la salinité de sol commune de Sidi Aoun	52

Liste des Photos		
N°	Le titre	P
1	Points d'échantillonnage	40
2	Eau d'irrigation	40
3	Balance électronique	41
4	Conductivimètre	41
5	Bécher	42
6	Agitateur	42

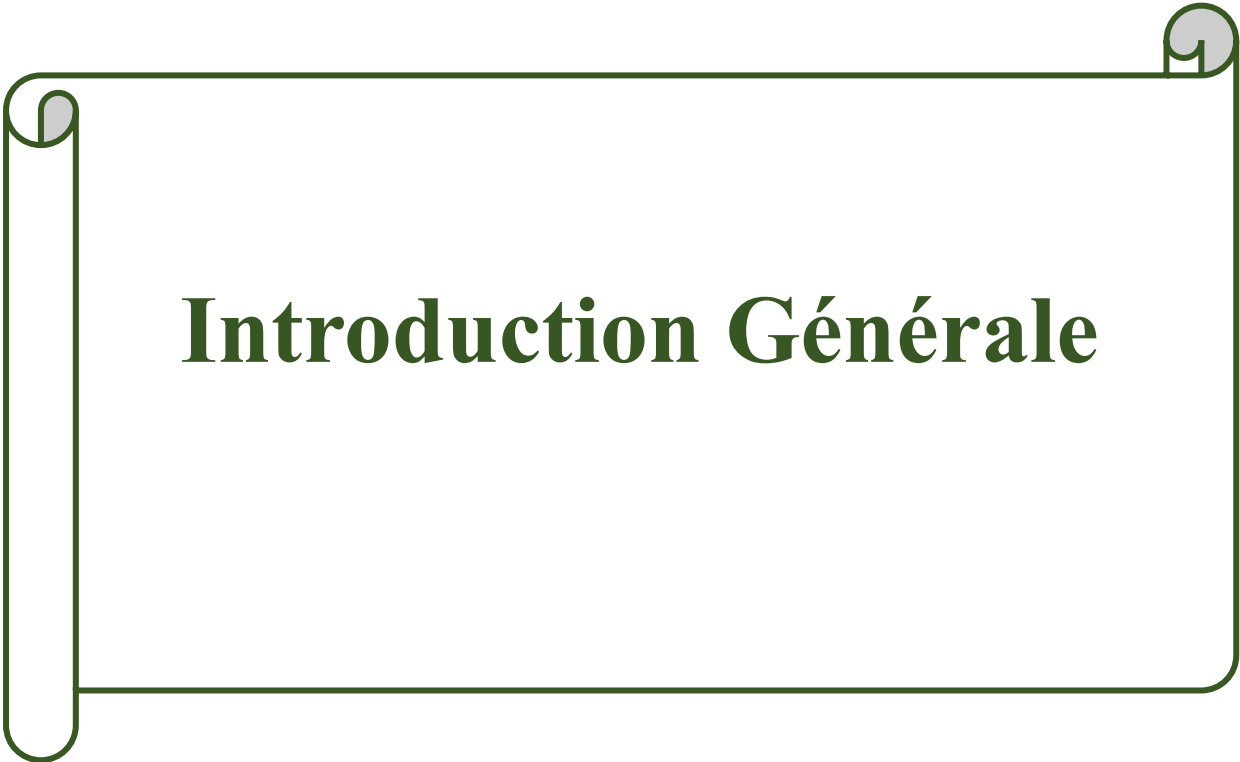
Liste d'abréviation	
ITDAS	Institut Technique de Développement de L'agronomie Saharienne
SAR	Sodium Absorption Ratio
DSA	Direction service agricole
FAO	Food and Agricuture Organisation
CE 1/5	Conductivité électrique de l'extrait 1/5 des sols
SIG	Système d'informations géographiques
PH 1 /2.5	PH d'extrait 1/2.5 des sols
IDW	Pondération par l'Inverse de la Distance
TIN	Interpolation triangulaire
GPS	Globale position System

DRE	Direction de Ressources en Eau
ONM	L'Office de la National de la Météorologie

Les Titres	P
LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I: La Salinité et L'irrigation	
1.Définition	5
1.1.Salinité	5
1.2.Salinisation	5
2.Répartition des sols salés dans le monde et dans l'Algérie	5
2.1.Salinité dans le monde	5
2.2.Salinité en Algérie	6
3.Type de la salinisation	7
3.1.Salinisation primaire ou naturelle	7
3.2.Salinisation secondaire	7
4.Paramètres de caractérisation des sols salés	8
4.1.Conductivité électrique	8
4.2.PH du sol	9
4.3.ESP (Taux de sodium échangeable)	9
4.4.SAR (sodium absorption ratio)	9
5.Classification des sols salés	10
6.Effets de la salinité sur les sols et sur les végétaux	11
6.1.Effets de la salinité sur les propriétés microbiologique, physiques et chimiques du sol	11
6.1.1.Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol	11
6.1.2.Effet sur les propriétés chimiques	11
6.1.3.Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol	12
6.2.Effets de la salinité sur les végétaux	12
7.L'irrigation dans les zones arides	12
7.1.L'agriculture saharienne	13
7.2.L'irrigation en zones arides	13
8.L'irrigation par les eaux souterraines et leur conséquence sur le sol	14
9.La qualité des eaux utilisées en irrigation	14

9.1.Les critères qu'il faut tenir en compte pour choisir une eau d'irrigation	14
9.2.Les grandeurs d'évaluation pour la qualité d'eau d'irrigation	15
9.2.1.La salinité	15
9.2.2.Le sodium	16
9.3.Classification des eaux irrigation	17
9.3.1.Le Diagramme de Richards	17
9.3.2.Diagramme de Wilcox	18
CHAPITRE II :SIG COMME OUTILS D'AIDE A LA DECISION DANS LE DOMAINE AGRICOLE	
1.DEFINITION D'UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)	21
1.1.Les composants d'un SIG	21
1.2.Comment fonctionne un SIG	22
1.3.Types de données	23
1.3.1.Données géographiques	23
1.3.2.Les données vectorielles	23
1.3.3.Les données raster	23
2.Présentation de QGIS	24
2.1.Analyse Spatiale (Interpolation)	25
2.2.Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW)	26
2.3.Interpolation triangulaire (TIN)	26
Chapitre III :Etude de la région	
1.La situation géographique	28
2.Division administrative	28
3.SITUATION TOPOGRAPHIQUE	29
3.1.Nature topographique de la région d'étude	29
3.2.Pente de terrain	29
4.Le Climat	30
4.1.La température	30
4.2.Humidité relative	31
4.3.Le vent	31
4.4.La pluviométrie	31
5.Synthèse climatique	32
5.1.Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	32
5.2.Climagramme D'emberger	33

6.Qualifications naturelle	34
6.1.Zone naturelle	34
6.2.Zone géographique	34
7.Potentiel des ressources en eau de la Wilaya	34
7.1.Les aquifères souterrains trouvés dans cette région sont les suivants	35
7.2.Ressources en eaux de surface	35
8.Activité sociale, culturelle et économique	35
9.Espaces irrigués	35
10.Type d'agriculture en général	36
Chapitre IV: Application pour la cartographie de la salinité de sol	
1.Introduction	38
2.La zone d'étude	39
2.1.Localisation géographique	39
2.2.Les limites administrative	39
2.3.Caractère local	40
Méthode et matériel	
1.Comment choisir les sites et l'échantillonnage	40
1.1.choix les sites	40
1.2.Echantillonnage	40
2.Eau d'irrigation	41
3.Laboratoire	42
3.1.Conductivité électrique (1/5)	42
4.Méthode de travail	44
4.1.Points d'échantillonnages	45
Analyse et résultats	
1.Logiciel QGIS et l'Outil de traitement IDW	51
2.les cartes et interpolation	52
3.Solution et Recommandation	55
CONCLUSION GENERALE	57
LES RÉFÉRENCES	59

A decorative frame resembling a scroll, with a dark green border and rounded corners. The top and bottom edges have small, light gray circular accents that look like the ends of rolled-up paper.

Introduction Générale

Introduction Générale

La salinité des sols est un problème préoccupant qui menace les terres agricoles de notre région, ainsi que des régions semi-arides et désertiques en général. Plusieurs facteurs contribuent à ce phénomène :

1. Irrigation avec des eaux souterraines salines : Dans ces régions, l'agriculture dépend largement des eaux souterraines. Cependant, si ces eaux sont salines, elles peuvent augmenter la salinité du sol lorsqu'elles sont utilisées pour l'irrigation (QADIR et QURESHI, CHERAGHI ,2008).
2. Utilisation excessive d'engrais chimiques : L'abus d'engrais chimiques peut entraîner une accumulation de sels dans le sol, ce qui contribue à l'augmentation de sa salinité.
3. Remontée des nappes phréatiques : Dans certaines régions, les nappes phréatiques peuvent remonter près de la surface du sol, amenant avec elles des sels dissous. Lorsque l'eau s'évapore, les sels se déposent dans le sol, augmentant ainsi sa salinité (FAO ,2008).
4. Températures élevées et évaporation accrue : Les régions désertiques se caractérisent souvent par des températures élevées, ce qui entraîne une évaporation plus rapide de l'eau du sol. Cette évaporation laisse derrière elle les sels dissous, augmentant ainsi la concentration de sel dans le sol.
5. Irrigation irrationnelle et mauvaise gestion des systèmes d'irrigation et de drainage : Une irrigation inefficace et une mauvaise gestion des systèmes d'irrigation et de drainage peuvent entraîner une accumulation de sels dans le sol.

La gravité de ce phénomène entraîne la dégradation des terres arables, ce qui met les cultures sous stress et réduit leur rendement. Cela se traduit par des coûts de production élevés pour les agriculteurs.

Pour lutter contre la salinisation des sols dans les zones irriguées, il est important de mettre en place des plans et des stratégies. Cela comprend:

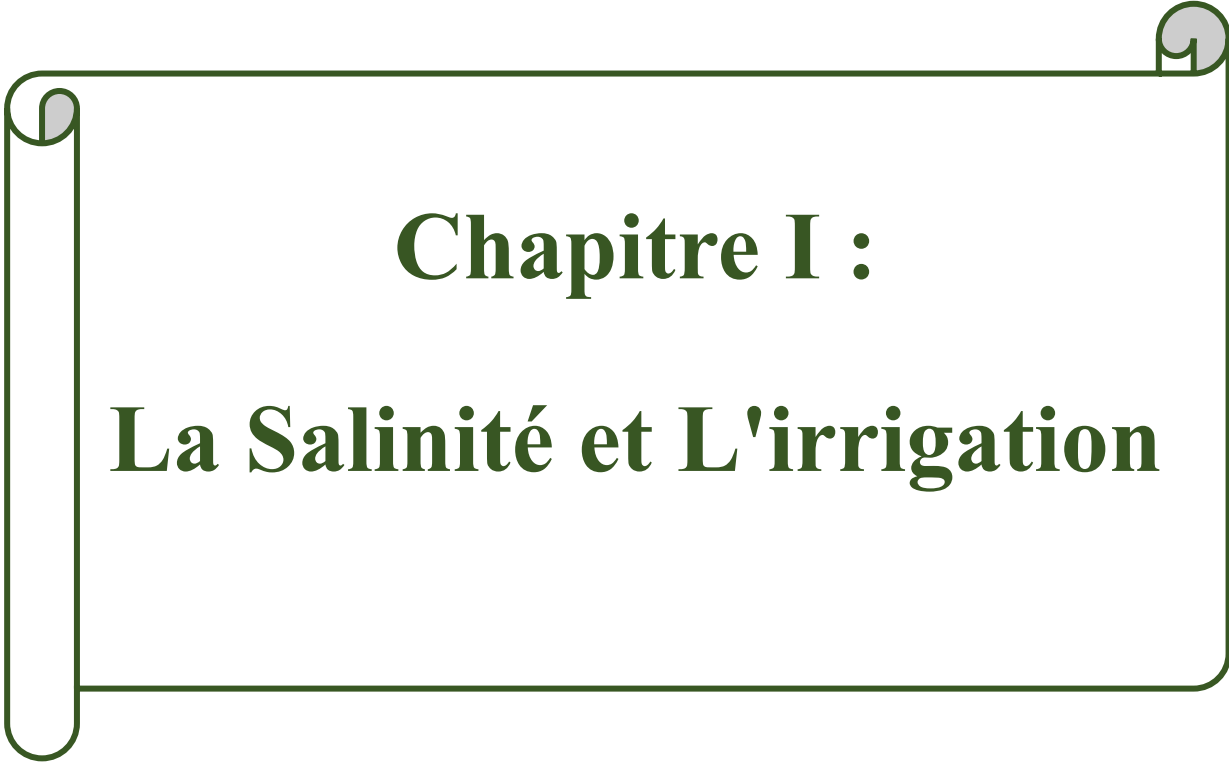
1. Surveillance de la distribution des sels dans le sol : Il est essentiel de surveiller régulièrement la concentration de sel dans le sol pour prendre des mesures appropriées.
2. Délimitation des zones salées : En cartographiant les zones présentant une salinité élevée, il est possible de cibler les efforts de gestion et de mise en œuvre de solutions adaptées.
3. Suivi de l'évolution de la salinité : Il est important de suivre les changements de salinité au fil du temps afin de détecter les tendances et d'évaluer l'efficacité des mesures prises.

L'utilisation de techniques telles que les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection peut être bénéfique pour cartographier la salinité des sols. Ces outils permettent d'obtenir des données spatiales et de surveiller les changements à grande échelle.

Introduction Générale

Dans le cadre de notre étude, nous réalisons une cartographie de la salinité des sols à Sidi Aoun, en utilisant des techniques telles que les SIG et la télédétection, afin de mieux comprendre ce phénomène et de proposer des solutions pour atténuer ses effets néfastes sur les terres agricoles de la région (METTERNICHT et ZINCK ,2003).

LA PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I :

La Salinité et L'irrigation

I. 1. Définition

I.1.1 Salinité :

La salinité se réfère à la quantité des sels solubles qui se trouve dans le sol (CHESWORTH, 2008).

Elle est mesurée à l'aide de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (MATHIEU et LOZET, 2011).

I.1.2 Salinisation :

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium, le magnésium, le calcium, le chlorure, le sulfate, le carbonate, le bicarbonate et le sodium. L'accumulation du sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent (S.O.C.O., 2009).

Tout d'abord, la salinisation implique une accumulation de sels par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sels du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sels et/ou par un drainage insuffisant (S.O.C.O., 2009).

I. 2. Répartition des sols salés dans le monde et dans l'Algérie

I.2.1 Salinité dans le monde :

Au niveau mondial, les terres émergées occupent une superficie de 13,5 milliards d'hectares. Cependant, après avoir exclu les déserts, les hautes montagnes, l'Antarctique et le Groenland, il reste 3 milliards d'hectares de terres cultivables, ce qui correspond à 22% du total. C'est seulement 50 fois la taille de la France [NAHON, 2008]. De plus, la moitié de ces 3 milliards d'hectares de terres cultivables sont déjà exploitées. Étant donné que la population humaine devrait doubler à court terme, il est plus que nécessaire de prendre des mesures pour préserver le capital sol. Cependant, ce capital est limité et menacé (LEGOS, 2009).

À l'échelle mondiale, les sols salins couvrent de vastes surfaces et posent un problème majeur pour l'agriculture. La superficie touchée par la salinité dans le monde est estimée à 954,8 millions d'hectares, soit 23% des terres cultivées (FAO, 2008).

Le tableau suivant présente la superficie affectée par la salinité dans le monde:

Tableau 1 : Superficie affectée par la salinité dans le monde

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80.5
Europe	50.8
Amérique du Nord	15.7
Amérique du Sud	129.2
Australie	357.3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211.7
Asie du sud	87.6
Total	954.8

Source (FAO, 2008)

I.2.2 Salinité en Algérie :

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affecté par la salinité ou susceptibles de l'être (DURAND, 1983).

Ils sont répartis dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Relizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains Chotts comme Chott Melghir . Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et d'autres (DURAND, 1983).

Sols salés d'Algérie sont caractérisés en générale par une conductivité électrique supérieure à 7 dS/m et de pourcentage de sodium échangeable qui varie 5 à 60 % de la C.E.C (AUBERT ,1975).

D'après HALITIM (1988), dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25% de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares (HAMDI, 1999).

I.3 Type de la salinisation

La présence des sels solubles dans les sols se justifie par diverses causes. Deux processus sont signalés.

I.3.1 Salinisation primaire ou naturelle :

Est un processus associé à la formation des sols, résultant de l'altération des roches salifères qui libèrent des sels en raison de divers facteurs géologiques, géomorphologiques et climatiques (GAUCHER et BRUDIN, 1974 in MISSAOUI, 1991).

Les sels solubles peuvent provenir de différentes sources :

1. Les matériaux géologiques peuvent libérer les éléments nécessaires à la formation de sels solubles par le biais de leur altération. Cela peut se produire lors de l'altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, ou encore par la dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes.
2. L'eau de mer constitue une source principale de sel dans les zones côtières. La salinisation peut être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou elle peut être causée par la présence de lentilles d'eau salée lorsque les zones basses sont isolées de la mer par des dépôts alluviaux (salinisation lagunaire).
3. Une nappe phréatique continentale, naturellement salée en raison de son héritage géologique, peut contaminer les sols par capillarité ascendante (IRD, 2008, in YACINE, 2022).

I.3.2 Salinisation secondaire

Dans ce contexte, il convient de noter que lorsque le sol est déjà formé et a acquis une composition spécifique, la salinisation qui se produit suite à l'invasion de la mer sur une partie d'une plaine littorale, par exemple, est considérée comme secondaire, bien que le contact soit direct. De même, un sol alluvial qui se salinise en raison de la remontée d'une nappe d'eau contenant des chlorures est également considéré comme secondaire. Cette distinction vise à préciser à quel moment de son évolution un sol a acquis des caractéristiques halo morphiques (SANDA, ABBANI B. et ABDE-LALI Y., 2005, in YACINE, 2022).

La salinisation d'origine secondaire est causée par l'activité humaine et est souvent liée à des pratiques agricoles inappropriées (MERMOUD, 2006). Il s'agit d'un processus d'enrichissement en sels solubles du sol qui résulte de l'apport d'eau pour l'irrigation et qui conduit à la formation d'un

sol salin. L'irrigation perturbe le bilan hydrique du sol en introduisant un apport d'eau supplémentaire, qui est toujours accompagné d'un apport de sels (in YACINE,2022).

En réalité, même une eau douce de bonne qualité contient des sels dissous, et bien que la quantité de sels apportée par cette eau puisse sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulatif considérable de sels dans les sols. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le point de départ de la salinisation du sol. La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau salée (IPTRID, 2006).

Ainsi, la salinisation d'origine secondaire est principalement provoquée par des activités humaines, souvent liées à des pratiques agricoles inappropriées. Les principales causes de la salinisation secondaire sont (GAUCHER et BRUDIN, 1974 in MISSAOUI, 1991, in YACINE,2022).

I.4. Paramètres de caractérisation des sols salés

Le diagnostic de la salinité des sols se base sur un ensemble de mesures physicochimiques (CE, pH et CEC) et chimiques (cations solubles, anions solubles et sodium échangeable). Ces paramètres nous permettent d'apprécier le degré et la charge sodium échangeable). Ces paramètres nous permettent d'apprécier le degré et la chargesaline ainsi que le faciès chimique des sels et le taux de sodium échangeable. La mesure de la conductivité électrique et du pH nous permettons d'estimer la salinité globale dans le sol (HADDAD et ABBES, 2015, in BOUGUERRA,2018).

L'étude d'un sol sur le plan de la salinité se basé sur un ensemble des factures sont:

I.4.1 Conductivité électrique :

La salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturé ou l'extrait diluée du sol. Elle est exprimée en dS/m à 25 C° (USSL, 1954), (tableau 2).

L'échelle agronomique mise au point par United State Salinity Laboratory (USSL) 1954 est graduée selon les valeurs de la CE, de 0 à 16 m mhos/cm. Un sol considéré salé lorsque la CE est supérieure à 4 millimhos /cm (4 dS/m) à 25°C (USSL, 1954 ; CALVET, 2003, in BOUGUERRA,2018).

Tableau 2 : Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C

CE _{e1:5} a 25°C	Classe de salinité
CE ≤ 0.6	Non salé
0.6 < CE ≤ 1	Légèrement salé
1 < CE ≤ 2	Salé
2 < CE ≤ 4	Tres salé
CE > 4	Extrêmement salé

(MATHIEU et PIELTAIN, 2009, in BOUGUERRA,2018).

I.4.2 PH du sol :

Selon (SOLTNER, 1989 in HADDAD et ABBES) la notion de pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol salins. Les sols salés ont un pH supérieur à 7, et il augmente en corrélation avec le rapport Na^+ / CEC . La mesure du pH du sol s'effectue dans une suspension de l'échantillon de sol dans l'eau (pH eau) ou dans l'eau plus de chlorure de potassium (pH kcl) dans laquelle on mesure la concentration en ions H^+ et OH^- à l'wilaya dissocié, dans le liquide surnageant. Le rapport sol/eau étant généralement de 1/2,5. Aussi dans le sol, le pH de la solution varie habituellement de 4,5 à 9,5 (MATHIEU et LOZET, 2011).

I.4.3 ESP (Taux de sodium échangeable) :

Selon (RICHARDES ; 1954) ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange. L'ESP est fonction de la CEC exprimée en (meq/1).

$$ESP = Na^+ / \text{Quantité totale des cations absorbées}$$

I.4.4 SAR (sodium absorption ratio) :

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol. (RICHARDES,1954, in BOUGUERRA,2018).

D'après (MATHIEU ,2009) Dans l'étude de mécanisme de sodisation, l'Ecole de Riverside aux Etats-Unis utilise depuis 1969 un paramètre précis pour définir la composition des solutions du sol ou des nappes salées ; il s'agit de SAR « Sodium Adsorption Ration » ou taux de sodium adsorbé (in BOUGUERRA,2018) :

$$SAR = Na^+ / ((Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2)^{1/2}$$

Les cations sont exprimés en mol. L⁻¹.

Et selon (Durand, 1958, in BOUTLLI, 2012). Le SAR est déterminé par la relation suivante

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}} ; \text{ Avec l'unité de } (\text{Na}^+, \text{Mg}^{++}, \text{Ca}^{++}) \text{ définie par méq/l}$$

Tableau 03 : Classification de SAR

SAR	(Sodium absorption ratio) Degré alcalinisation
≤ 4	Basse alcalinisation
$4 < \text{SAR} \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < \text{SAR} \leq 12$	Alcalinisation Moyenne
$12 < \text{SAR} \leq 18$	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

(SERVANT et al. 1966 in BENZAHY 1994, in BOUGUERRA, 2018)

I.5. Classification des sols salés

Plusieurs auteurs utilisent des paramètres de salinité et de sodicité pour obtenir des

Classes de sols salés basées sur la concentration en sels (CE) et le (ESP) (RICHARD, 1954) (CRAMER, 2002) (KOTURBY, AMACHER et al. (1997) in BADACHE A, 2005). Les sols ont été classifiés comme salin, sodique ou salin-sodique. Il y a trois catégories des sols salins et sodiques, déterminés par un système de classification établi par le laboratoire américain de la salinité (RICHARD, 1954, in YACINE, 2022) :

Tableau 4 : Classification des sols salins

Type des sols	CE (dS/m)	SAR
Sols salins	CE > 4 dS/m	SAR<13
Sol sal-sodiques	CE > 4 dS/m	SAR>13
Sol sodiques	CE< 4 dS/m	SAR>13

(RICHARD, 1954, in YACINE,2022)

I.6. Effets de la salinité sur les sols et sur les végétaux

Les sols salés sont caractérisés par des propriétés physiques, chimiques et biologiques défavorables à la croissance des végétaux en raison de la présence de sels solubles, et/ou de sodium échangeable en quantité élevée (BADACHE, 2005, in BOUGUERRA,2018).

I.6.1 Effets de la salinité sur les propriétés microbiologique, physiques et chimiques du sol :

I.6.1.1 Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol :

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'égard du sodium échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par voie de conséquence (in BOUGUERRA,2018) :

- Structure dégradée.
- Réduction de la perméabilité et de l'aération.
- Mauvaise stabilité structurale.

I.6.1.2 Effet sur les propriétés chimiques :

Lorsqu'un sol contenant des ions Na^+ sur le complexe argilo-humique devient humide (irrigation ou précipitation), le Na^+ fixé repasse en solution et provoque des réactions qui aboutissent à la libération d'ions OH^- qui vont élever le pH du sol (DJAMAI, 1993). Si l'élévation du pH est forte (jusqu'à 10), elle perturbe la physiologie des plantes et celle des micro-organismes (BADACHE, 2005 in BOUGUERRA,2018).

La présence d'un taux élevé de sels peut entraîner une augmentation de la CE qui dépasse 4 dS/m. La salinité peut augmenter le pH dans le cas du sol sodique qui dépasse 8,5 (MATHIEU et al., 2007, in KEMASSI, 2015, in BOUGUERRA,2018).

I.6.1.3 Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol :

Discussion L'effet de la salinité sur l'activité microbienne n'est apparemment pas une fonction linéaire, mais représente une valeur seuil de salinité au-delà de laquelle, il y a une forte diminution des populations microbiennes (HALITM et DELLAI ; in OUSTANI, 2006). Hormis la tension osmotique élevée, caractérisant les sols salés, ces derniers constituent un milieu défavorable pour les microorganismes en raison de la présence des ions toxiques et de leur pH très basique, ainsi que leur structure asphyxiante (OUSTANI, 2006). Le blocage de l'activité microbiologique des sols par la salinité influe négativement sur la nutrition des plantes, dans la mesure où c'est cette activité microbienne qui transforme les composés organiques en formes minérales assimilables par les plantes (GOBAT et al. In OUSTANI, 2006, in BOUGUERRA, 2018).

I.6.2 Effets de la salinité sur les végétaux :

Les sels dissous ont des effets indirects sur les végétaux par leur action sur la structure du sol et la circulation des fluides et ont des effets directs sur la croissance et le développement des plantes (CALVET, 2003), provoquant ainsi son flétrissement « sécheresse physiologique » (DIARRA, 1991, in BOUGUERRA, 2018).

I.7. L'irrigation dans les zones arides

L'agriculture en zone aride est une pratique spécifique qui s'adapte aux conditions écologiques (climatiques et édaphiques) de ces régions. Cette activité, comme partout ailleurs, a des répercussions sur les ressources naturelles de la zone aride, qui sont connues pour leur fragilité, notamment les ressources en eau souterraine, un élément limitant pour la viabilité et la durabilité de l'agriculture dans ces régions (in YACINE, 2022).

Il est estimé qu'environ 40% des terres émergées de la planète sont arides, ce qui représente 5,2 milliards d'hectares, abritant plus de 2 milliards de personnes. L'Afrique compte 37% de zones arides, et en Algérie, ces zones représentent près de 95% du territoire national, dont 80% sont considérées comme hyperarides (Halitim, 2011, in YACINE, 2022).

Au fil du temps, les sociétés humaines vivant dans les régions arides ont développé des systèmes qui leur permettent de s'installer, de prospérer et de développer une économie basée sur la valorisation des ressources locales, tout en préservant l'écosystème agricole. C'est notamment le cas du modèle oasien, qui a été mis en place pour assurer la durabilité et la résilience des communautés dans ces régions (in YACINE, 2022).

I.7.1 L'agriculture saharienne :

L'agriculture saharienne est principalement caractérisée par un système oasien, qui repose essentiellement sur la culture du palmier dattier. Les autres cultures étaient principalement destinées à l'autoconsommation et à quelques échanges commerciaux au niveau des marchés locaux. Au cours des vingt dernières années, un processus de transformation et de réformes structurelles important a permis l'émergence de nouvelles expériences et pratiques, ainsi que le développement de stratégies économiques et sociales (in YACINE,2022).

L'Wilaya joue un rôle crucial dans le processus de modernisation de l'agriculture dans les zones arides et semi-arides du Sud de l'Algérie. Il apporte un soutien technique aux exploitations du secteur privé, aux producteurs agricoles à vocation commerciale et aux organismes de mise en valeur. L'introduction de la loi sur l'Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) en 1983 a entraîné une augmentation significative de la base matérielle de production et a favorisé l'émergence de nouveaux systèmes agricoles reposant sur des techniques performantes, notamment la plasticulture qui est principalement axée sur la commercialisation. Dans ce contexte, des activités de recherche et de développement ont été menées, tant pour les cultures sous serre que pour les cultures en plein champ (ITDAS, 2013 cité par Laib, 2014, in YACINE,2022).

I.7.2 L'irrigation en zones arides :

L'irrigation vise à approvisionner les cultures en eau à l'aide de méthodes industrielles afin de permettre leur développement dans les zones arides et de pallier les effets de la sécheresse, assurant ainsi une dynamique agricole et la stabilité de la production.

Dans certaines régions, le développement des nappes phréatiques peut jouer un rôle important dans le développement de l'agriculture à petite échelle. Cependant, il est rare que l'eau souterraine soit une ressource renouvelable dans les terres arides. Une nouvelle approche émerge dans les zones sahariennes, notamment dans la région de Biskra, qui consiste à remplacer les systèmes d'irrigation traditionnels, qui consomment beaucoup d'eau, par des systèmes plus économes tels que l'aspersion et l'irrigation localisée. Cela s'applique aussi bien à la culture des dattes qu'à d'autres cultures intensives telles que la plasticulture et la céréaliculture. En effet, dans ces zones, une rénovation des techniques d'irrigation est nécessaire, étant donné que l'agriculture pluviale est pratiquement impossible (in YACINE,2022).

I.8. L'irrigation par les eaux souterraines et leur conséquence sur le sol

L'utilisation intensive des eaux souterraines pour l'irrigation dans la plupart des régions arides et semi-arides a augmenté de façon spectaculaire au cours des 50 dernières années (Bouarfa and Kuper, 2012). Ce développement, considéré par certains comme «la révolution silencieuse » (Shah, 2010), a été initié par des modestes agriculteurs en Californie (Wilayas-Unis), l'Asie du Sud et de la Chine et plus récemment en Afrique du Nord (Amichi et al., 2012, in ABDENNOR, 2021).

Dans la littérature, l'irrigation par les eaux souterraines est principalement due aux problèmes d'augmentation de la demande en eau, la sécheresse et la dégradation des réseaux collectif de distribution qui caractérisent ces régions (Bouarfa and Kuper, 2012). Par ailleurs, l'irrigation par les eaux souterraines est souvent considérée comme un moyen efficace pour accroître la production et de la lutte contre la pauvreté (Llamas and Martínez-Santos, 2005 ; Shah, 2010). À l'échelle mondiale, un tiers des superficies irriguées pour l'agriculture (113 millions d'hectares) est basé sur l'exploitation des ressources souterraines (Margat, 2011). Grâce au développement fulgurant de puits et forages (Lopez-Gunn and Ramón Llamas, 2008), le taux d'extraction des eaux souterraines a été multiplié par 10 en 50 ans (Margat, 2008, in ABDENNOR, 2021).

L'irrigation, en général, peut engendrer des dégradations importantes de la qualité des sols surtout dans les zones semi-arides, et aride (Abdenour et al., 2019).

Elle est souvent considérée comme la seule raison de l'expansion des terres salées. En effet, les sols irrigués touchés par le phénomène de salinité sont estimés entre 20 à 30 millions d'ha sur les 280 millions irrigués dans le monde (Marlet, 2004, in ABDENNOR, 2021).

La présence des sels solubles dans l'eau d'irrigation, l'évapotranspiration et le mauvais drainage sont les principaux facteurs de salinisation des sols en zones arides (Alam and Bhutta, 2004 ; Chandio et al., 2013). La qualité des eaux souterraines d'irrigation est souvent évoquée comme un pourvoyeur de la salinité et de dégradation des sols en zones arides (Bradaï et al., 2011, in ABDENNOR, 2021).

I.9. La qualité des eaux utilisées en irrigation

I.9.1 Les critères qu'il faut tenir en compte pour choisir une eau d'irrigation :

Le choix d'une source d'eau pour assurer les besoins en eau des cultures doit dépendre du type et de la concentration des substances qui y sont dissoutes ou en suspension. Il dépend aussi des caractéristiques physiques et chimiques du sol (Durand, 1983). Bien que certaines sources d'eau

soient de bonnes qualités, d'autres contiennent des taux élevés de sels, de microorganismes et d'autres résidus. De ce fait, la connaissance des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau utilisée pour l'irrigation est indispensable pour éviter des effets négatifs sur les plantes, en plus, du système d'irrigation utilisé, du sol, et de l'environnement. Pour choisir une source d'eau pour irriguer, il faut penser à trois facteurs très importants : la quantité d'eau, le type de culture et le type de sol (in ABDENNOR, 2021).

L'évapotranspiration qui détermine le débit d'irrigation requis, en général, plus la quantité d'eau d'irrigation utilisée annuellement est importante, plus les substances qu'elle contient risquent de s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des concentrations toxiques. La sensibilité des cultures à l'égard des substances toxiques est très variable. Le taux de percolation est généralement plus élevé dans les sols sableux que dans les sols argileux. Les concentrations élevées de sodium peuvent agir de manière défavorable sur la structure et la perméabilité des sols argileux. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont la salinité, le sodium, l'alcalinité, le pH de l'eau et en fin la concentration en éléments dont certains peuvent être toxiques pour le végétal (Bradaï et al., 2012, in ABDENNOR, 2021).

I.9.2 Les grandeurs d'évaluation pour la qualité d'eau d'irrigation :

I.9.2.1 La salinité :

La salinité est un critère important, car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration (Durand, 1983, cité par ABDENNOR, 2021).

Les principaux sels solubles responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de Magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^{+}), de potassium (K^{+}), les chlorures (Cl^{-}), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^{-}). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante (Harivandi, 1999, cité par ABDENNOR, 2021).

Le tableau ci-dessous, donne une classification des eaux d'irrigation proposée par l'United States Département de Agriculture (USDA).

Tableau 5 : Classification des eaux d'irrigation proposée par l'USDA.

Nomination	Classe	Interpretations
Classe 1 (C1)	< 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	basse salinité
Classe 2 (C2)	250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ à 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	salinité modérée
Classe 3 (C3)	750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ à 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	haute salinité
Classe 4 (C4)	> 2250 à 5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	très haute salinité
Classe 5 (C5)	>5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Non utilisable en irrigation

(Harivandi, 1999, cité par ABDENNOR, 2021).

I.9.2.2 Le sodium :

Parmi les sels dissous dans l'eau, le sodium requiert plus d'attention. De fortes concentrations en sodium peuvent être dommageables pour la plante en place en modifiant les conditions physiques du sol. Par ailleurs, dans la littérature on ne parle pas de concentration en sodium, mais plutôt d'une valeur qui tient compte des effets mutuels du sodium, du calcium et du magnésium (cité par ABDENNOR, 2021).

Tableau 6 : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol.

Nom de la class	Classe	Interpretation
CLASSE S1	$0 < \text{SAR} \leq 10$ Bas taux de sodium	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols. Danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.
CLASSE S2	$10 < \text{SAR} \leq 18$ Taux moyen de sodium	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à textures fine et à forte capacité d'échange, surtout dans la condition de faible lessivage. Eau utilisable sur les sols de texture Grossière, ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité.
CLASSE S3	$18 < \text{SAR} \leq 26$ Haut taux de sodium	Eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigeant la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. Addition de matière organique, amendements chimiques est souvent nécessaire.

CLASSE S4	SAR > 26 Très haut taux de sodium	Eaux souvent inutilisables pour l'irrigation, présentant un fort danger D'alcalinisation. Ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, seulement si leur salinité permet l'addition de calcium ou si le sol en contient suffisamment.
--------------	---	---

(Cité par ABDENNOR, 2021)

I.9.3 Classification des eaux irrigation :

I.9.3.1 Le Diagramme de Richards :

Les classes des eaux (C1S1, C5S4) correspondent dans le diagramme de Richards (Figure 2) au SAR (en ordonnées pour la lettre S) et à la conductivité (en abscisses pour la lettre C). Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C5S4 (coin haut à droite) est la plus mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum (cité par ABDENNOR, 2021).

La Figure 1 et le tableau 6 donnent, respectivement, le diagramme de RIVERSIDE, les classes issues du diagramme de RIVERSIDE et l'interprétation de chaque classe

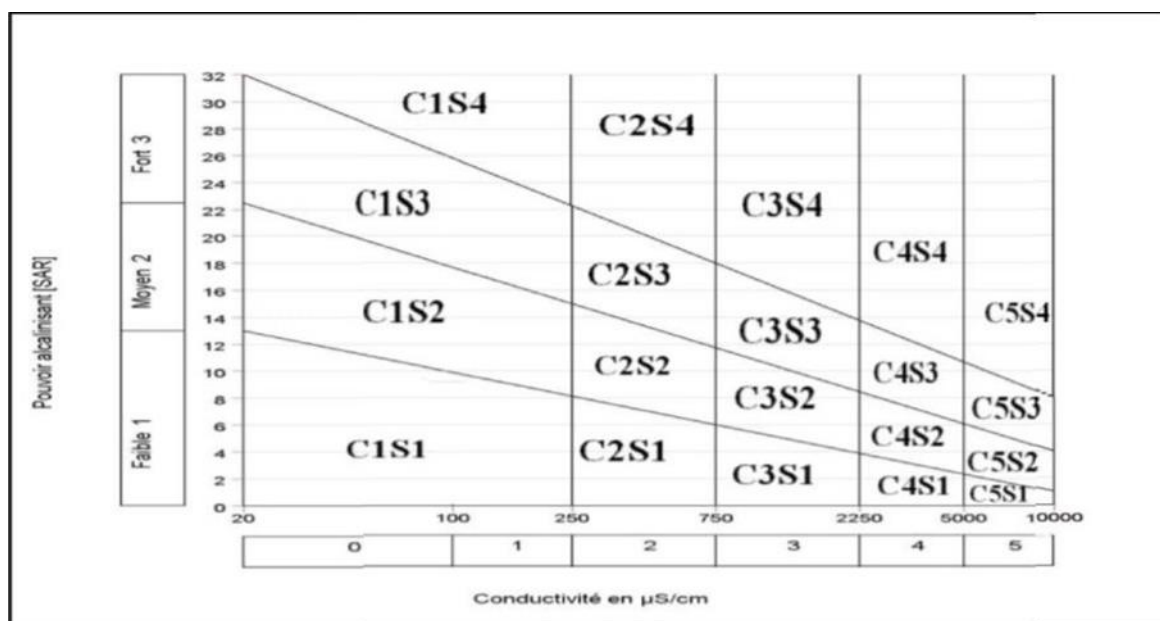


Figure 01 : Diagramme de RIVERSIDE selon Richards

Tableau 7: Les classes issues du diagramme de Riverside.

CE SAR	Classe CE (µS/cm)				
	C1 0 – 250	C2 250 – 750	C3 750–2250	C4 2250 – 5000	C5 5000 – 10000
S1 0 – 10	C1S1	C2S1	C3S1	C4S1	C5S1
S2 10 – 18	C1S2	C2S2	C3S2	C4S2	C5S2
S3 18 – 26	C1S3	C2S3	C3S3	C4S3	C5S3
S4 > 26	C1S4	C2S4	C3S4	C4S4	C5S4

(Cité par ABDENNOR, 2021).

I.9.3.2 Diagramme de Wilcox :

Les concentrations élevées de sodium dans une eau d'irrigation limitent souvent son utilisation en irrigation. Il est adsorbé dans des sites d'échange de cations dans le sol et cause la dispersion des agrégats. Ainsi, les pores se trouvent scellés et, en conséquence, la perméabilité du sol est réduite, en particulier pour les sols argileux (Marlet and Job, 2006). Les sols argileux affectés deviennent soit anaérobiques, sodiques ou compactés (cité par ABDENNOR, 2021).

La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau qui est exprimée en pourcentage, est définie par la relation suivante, ce qui a donné 5 classes de d'eau d'irrigation (Figure 3) :

$$Na(\%) = \frac{(Na + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} * 100$$

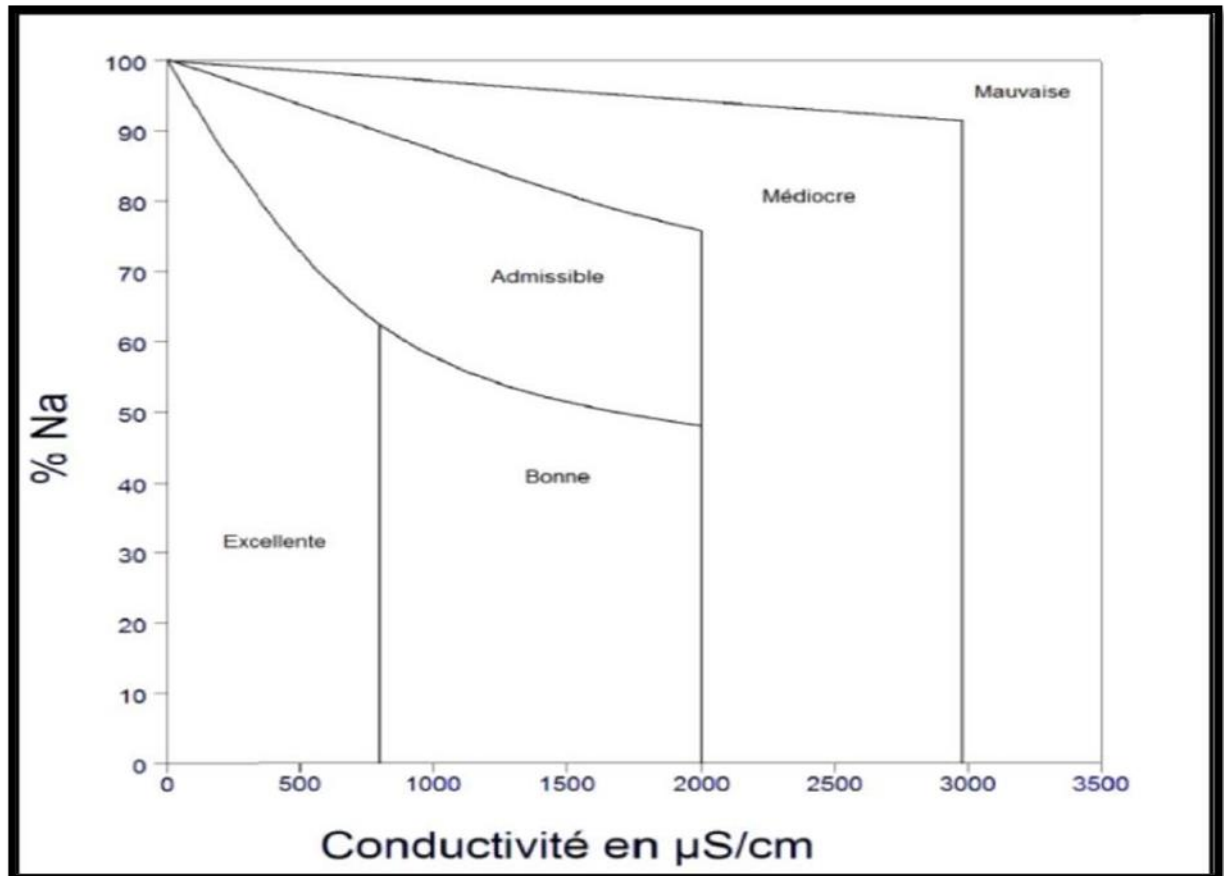
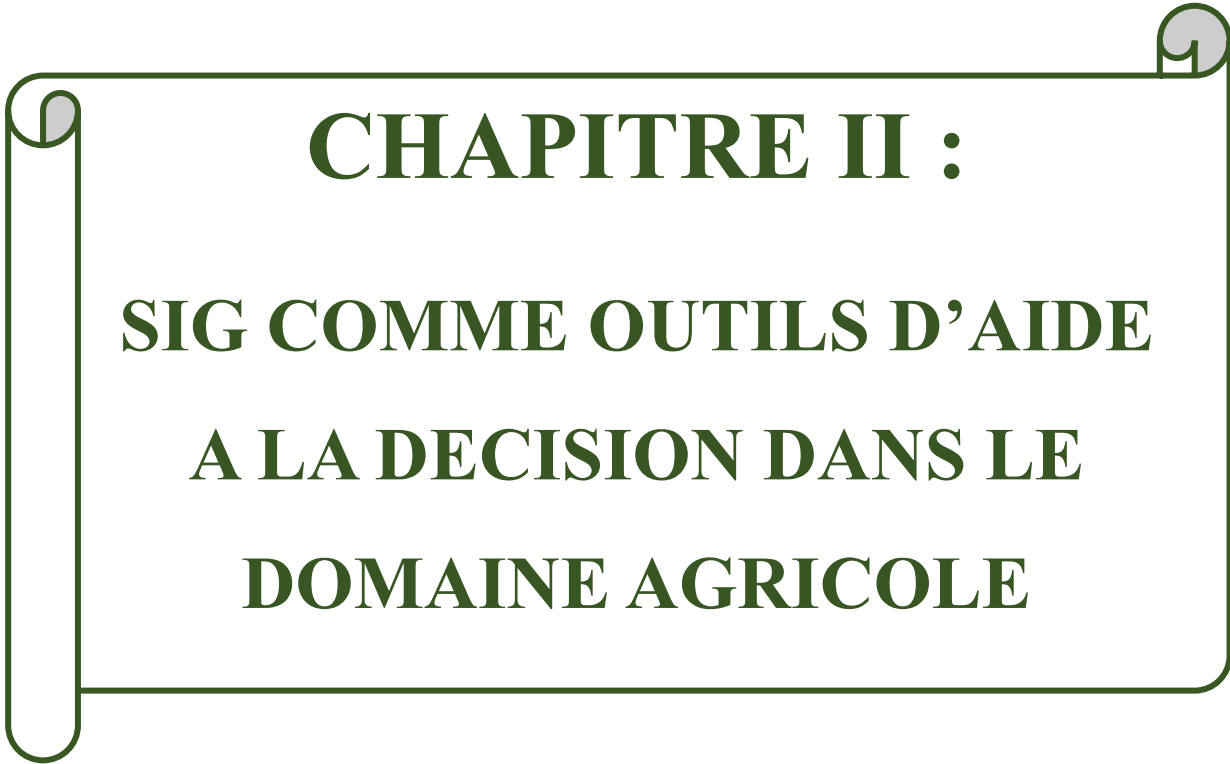


Figure 02 : Le diagramme de Wilcox

A decorative scroll frame with a dark green border. The frame has a vertical scroll on the left side and a small circular element at the top right corner. The text is centered within the frame.

CHAPITRE II :

SIG COMME OUTILS D'AIDE A LA DECISION DANS LE DOMAINE AGRICOLE

II.1. DEFINITION D'UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)

Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, au travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes.

Ces capacités spécifiques font du SIG un outil unique, accessible à un public très large et s'adressant à une très grande variété d'applications (cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

II.1.1 Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs:

Matériel : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

Logiciels : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Principaux composants logiciels d'un SIG : Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques. Système de gestion de base de données. Outils géographiques de requête, analyse et visualisation. Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

Données : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données (in, TOUATI, ABBIDI ,2018).

Utilisateurs : Un Système d'Information Géographique (SIG) étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique.

Méthodes : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation (cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

II.1.2 Comment fonctionne un SIG:

Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets.

Références géographiques L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...). Le géocodage, processus automatique, est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements sur la terre afin de les analyser(in, TOUATI, ABBIDI ,2018).

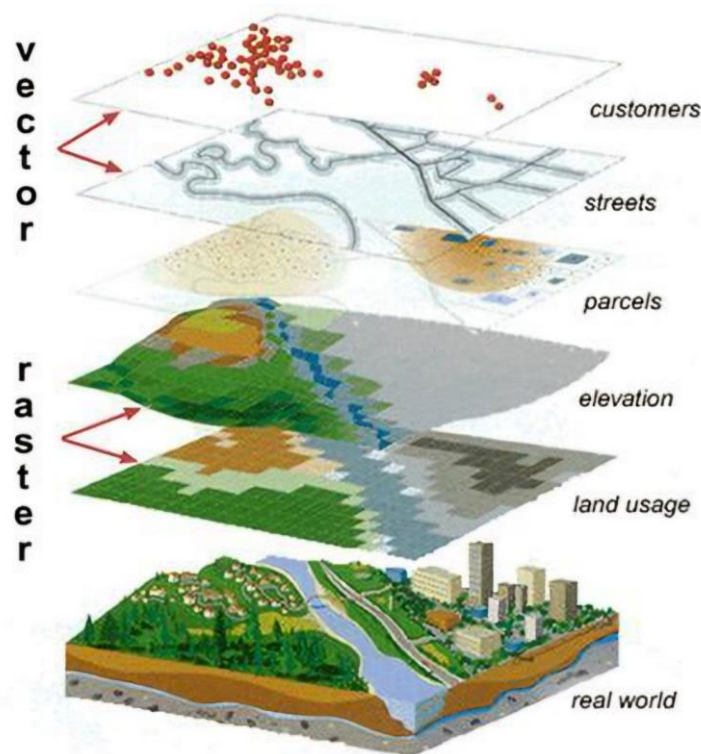


Figure (3) : Forme de couches thématiques.

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques:

1. Le modèle vecteur : Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées x, y. Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par polyligne. Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) Sont, quant à eux, représentés par des polygones (cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

2. Le modèle raster, quant à lui, est constitué d'une matrice de points pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol...

II.1.3 Types de données :

II.1.3.1 Données géographiques :

Les couches d'information peuvent être présentées sous la forme de données géographiques.

Qui vont représenter la forme d'éléments se situant dans l'espace. On différencie ainsi les données raster et les données vectorielles.

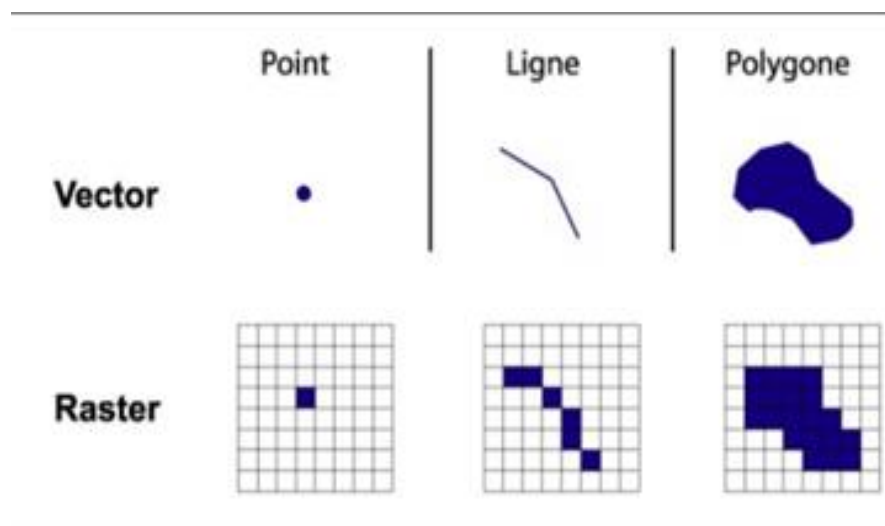


Figure 04 : Les types de données géographiques dans un SIG

II.1.3.2 Les données vectorielles :

Dans ce type de données, le point avec ses coordonnées est le porteur de l'information géométrique. Les lignes et les surfaces se comprennent comme une suite définie de points caractéristiques. Les données vectorielles sont la plupart du temps le résultat de la numérisation manuelle ou semi-automatique. De façon générale, dans les données vectorielles on distingue les points, les lignes et les surfaces qui sont toujours représentés en couches différentes (in YACINE,2022).

II.1.3.3 Les données raster :

Les données raster ont comme élément essentiel le pixel (Picture élément). Les données raster proviennent soit d'une scénarisation (d'une carte), soit d'une image numérique telle que les images satellites. Les pixels sont répartis dans un raster de façon régulière. Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par l'enchaînement de pixel unique. Un objet ne peut donc être

représenté que de façon approximative ; c'est ainsi que la taille du pixel-raster conditionne l'exactitude de la représentation (cité par, YACINE,2022).

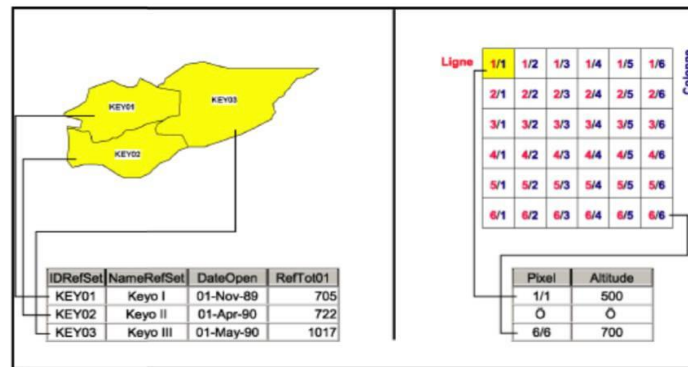


Figure 05 : Relation entre les données géographiques et attributives dans un SIG

Dans cette étude ; pour créer les cartes de salinité du sol, nous utilisons le Logiciels QSIG.

II.2 Présentation de QGIS

QGIS est avant tout un logiciel de type Système d'Information Géographique (SIG). Il est présenté de manière synthétique:

Logiciel Open Source, c'est -à-dire:

- Gratuit
- Libre
- Distribué sous la licence GNU GPL (General Public License). Ceci signifie que nous pouvez étudier et modifier le code source, tout en ayant la garantie d'avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable
- Alternative au logiciel SIG payant de référence
- «Arc GIS »(<https://www.arcgis.com/features/>) de la firme ESRI
- Multi plate-forme : compatible avec les systèmes d'exploitation Linux, Mac OS X, Androïde et Windows
- Avec une communauté d'assistance internationale d'utilisateurs, de développeurs et de supporters enthousiastes
- QGIS est l'un des projets officiels de la « Fondation Open Source Géospatial » (En : « The Open Source GeospatialFondation ») (OS Géo).

Site web : <http://www.osgeo.org/> OS Géo est une association sans but lucratif créée le 27 février 2006 au Delaware (USA) OS Géo a pour mission principale d'aider au;

- Développement et à la promotion des logiciels libres spatiaux tout en améliorant la collaboration entre les différents projets existants, Développement rapide depuis 2002.
- Intégrateur d'autres logiciels SIG Libre / Open Source de référence (qui seront appelés
- Dans ce manuel les « applications tierces » : OrfeoToolBox (OTB), GRASS, GDAL
- OGR, LIDAR, R scripts, SAGA, Scripts Python, TauDEM
- Simple à utiliser
- Présentant de nombreuses fonctionnalités
- Gestion des formats raster (matrice, image) et vecteur (point, ligne, polygone) des données spatiales
- Visualisation des données Cartographie

II.2.1 Analyse Spatiale (Interpolation) :

L'analyse spatiale est le processus de manipulation de l'information spatiale pour extraire une nouvelle information et la signification des données originales. Habituellement, l'analyse spatiale est réalisée avec un Système d'Information Géographique (SIG). Un SIG fournit généralement des outils d'analyses spatiales pour le calcul des entités statistiques et la réalisation des activités de géo traitement comme interpolation des données. En hydrologie, les utilisateurs souligneront probablement l'importance de l'analyse de terrain et de la modélisation hydrologique (modélisation de la circulation de l'eau en surface et en profondeur de la terre). Dans la gestion de la faune, les utilisateurs sont intéressés par des fonctions analytiques traitant de la localisation des points de faune et leurs relations à l'environnement. Chaque utilisateur aura différentes choses qui les intéressent en fonction du type de travail qu'il fait (in YACINE,2022).

En raison du coût élevé et des ressources limitées, la collecte de données est généralement menée que dans un nombre limité d'emplacements de points sélectionnés. Dans les SIG, l'interpolation spatiale de ces points peut être appliquée pour créer une surface raster avec les estimations faites pour toutes les cellules raster (in YACINE,2022).

Les résultats de l'analyse d'interpolation peuvent ensuite être utilisés pour les analyses qui couvrent la zone entière et pour la modélisation. Il existe plusieurs méthodes d'interpolation. Dans cette introduction, nous présenterons deux méthodes largement utilisées, à savoir Pondération par Distance inverse (IDW) et *Interpolation Triangulaire*(TIN).

II.2.2 Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW) :

Dans la méthode d'interpolation IDW, les points d'échantillons sont pondérés durant l'interpolation de telle sorte que l'influence d'un point par rapport à un autre décline avec la distance du point inconnu à créer

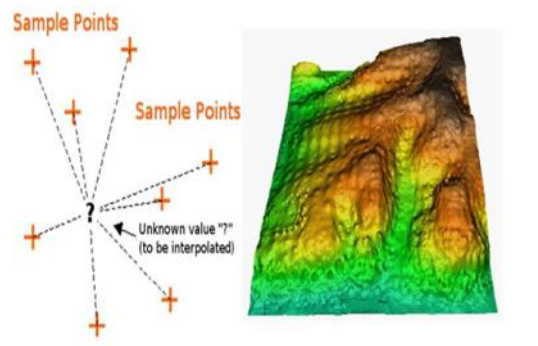


Figure 06 : IDW Interpolation

La pondération est appliquée à un échantillon de points par le biais de l'utilisation d'un coefficient de pondération qui contrôle comment l'influence de pondération diminuera quand la distance des nouveaux points augmente.

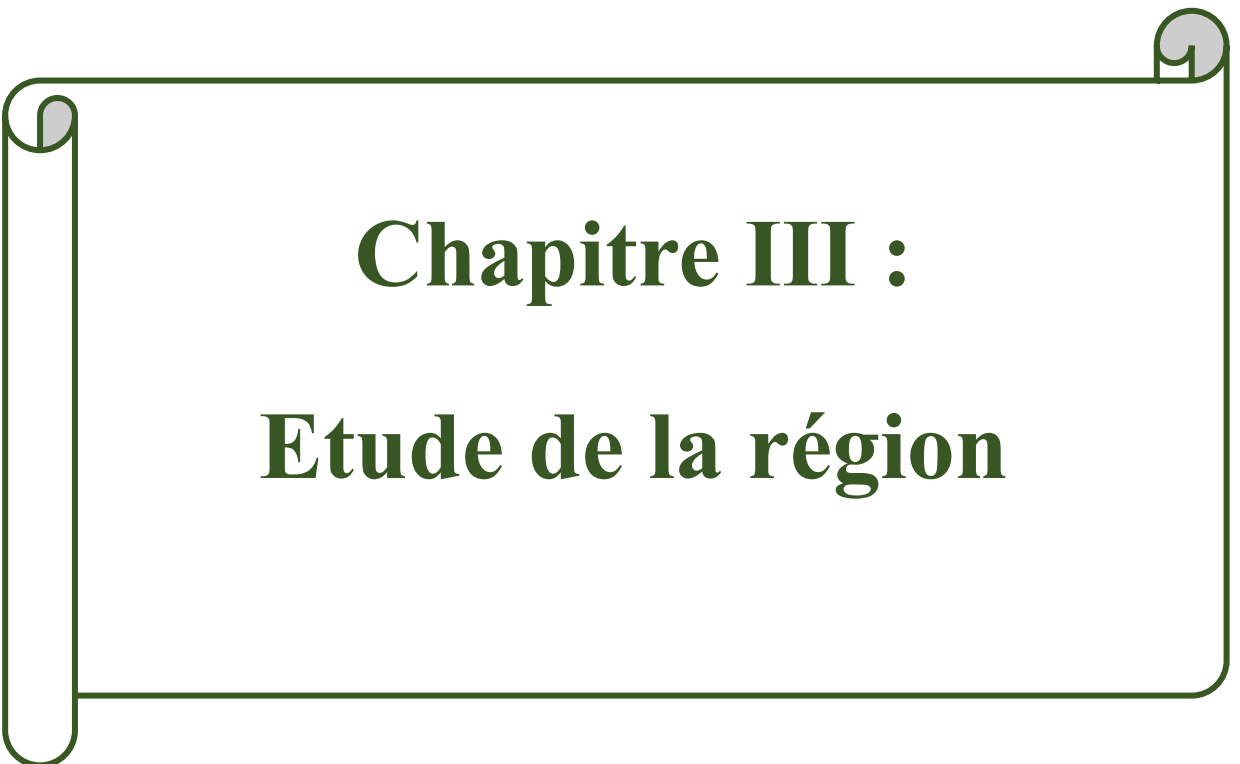
Plus le coefficient de pondération est grand, moins les points auront d'effet s'ils sont loin du point inconnu durant le processus d'interpolation. Quand le coefficient augmente, la valeur du point inconnu s'approche de la valeur du point d'observation le plus proche.

En SIG, les résultats d'interpolation sont souvent montrés dans une couche raster en 2 dimensions (cité par, YACINE,2022).

II.2.3 Interpolation triangulaire (TIN) :

L'interpolation TIN est un autre outil populaire en SIG. Un algorithme TIN commun est appelé Triangulation de Delaunay. Il tente de créer une surface de triangles formés par des points voisins les plus proches. Pour faire ceci, les cercles circonscrits autour des points d'échantillon sélectionnés sont créés et leurs intersections sont connectées à un réseau de triangles non-superposés et aussi compacts que possible.

Nous utilisons la méthode d'interpolation IDW (in YACINE,2022).



Chapitre III :

Etude de la région

III.1. La situation géographique

La wilaya d'El Oued, l'une des villes les plus importantes au niveau national, est située dans la vaste région du sud-est et occupe une vaste superficie de 35 752 kilomètres carrés, soit 1,5% de la superficie du territoire de la République algérien.

La superficie de l'Wilaya est de 35 752 km²(Soit 1,5 pour cent du territoire national) et sa population à fin 2021 est estimée à 716 905 personnes (soit Avec un taux de densité de population de (20,05)

La wilaya d'El Oued est située au sud-est du pays et ses frontières sont les suivantes:

Au nord, l'wilaya de Khenchela

Nord-est de la wilaya de Tébessa

Nord-ouest la wilaya d'Al-Mughayir

À l'ouest la wilaya de Touggourt

Au sud-ouest de la wilaya de Ouargla

Est de la République Tunisienne (bande frontalière 260 km).

III.2. Division administrative

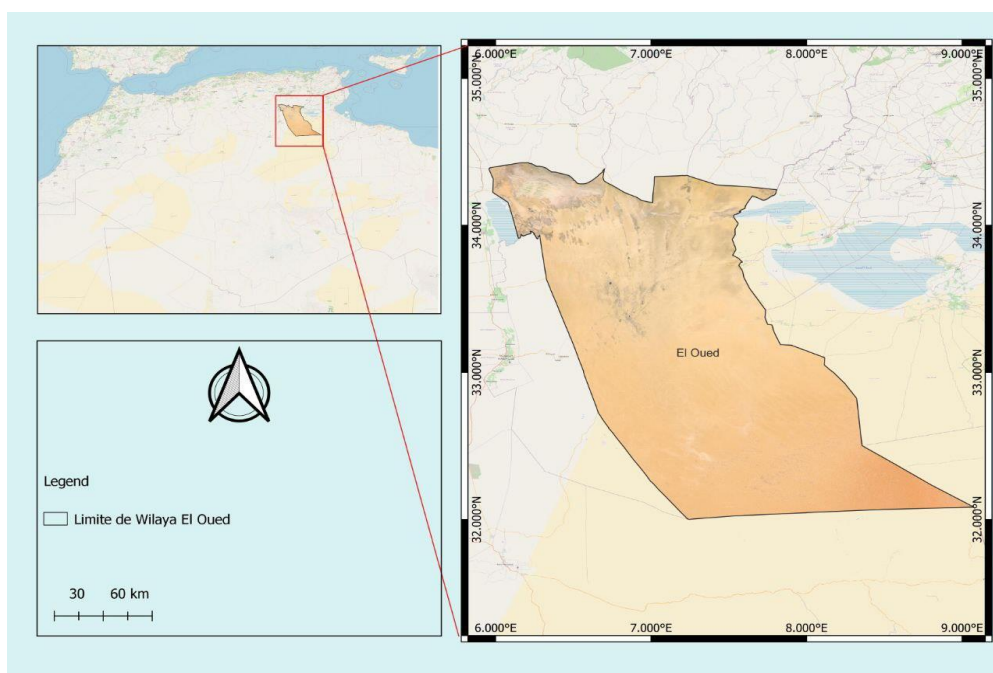


Figure (7) : Situation géographique de la région d'El Oued (Realisé par QGIS)

III.3. SITUATION TOPOGRAPHIQUE

III.3.1 Nature topographique de la région d'étude :

La région d'El Oued appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-Est du pays- Le point le plus haut se trouve à la cote 125 m à la commune de Bayadha (Soualah), alors que le point le plus bas se trouve à la cote 29m à la commune de Réguiba (Foulia).

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres et accuse une diminution notable du Sud vers le Nord pour être de 25 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara.

III.3.2 Pente de terrain :

Le pendage général de la zone d'étude est orienté Sud/Nord, avec une pente moyenne très faible (au mieux de l'ordre de 0,002 m/m à 0,003 m/m) et des incidents liés à la présence des dunes (cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

Tableau (8) : Altitude moyenne des différentes communes de la vallée d'El Oued

N°	Commune	Altitude Moy (m)	N°	Commune	Altitude Moy (m)
01	Hassi Khalifa	77	10	Sidi Aoun	54
02	El-Ogla	91	11	Trifaoui	81
03	Mouih Ouansa	91	12	Magrane	60
04	El Oued	77	13	Ourmes	85
05	Robbah	93	14	Kouinine	75
06	Oued Allenda	83	15	Réguiba	57
07	Bayadha	90	16	Taghzout	78.5
08	Nakhla	85	17	Débila	62
09	Guemar	64	18	Hassani Abdelkrim	66

(Cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

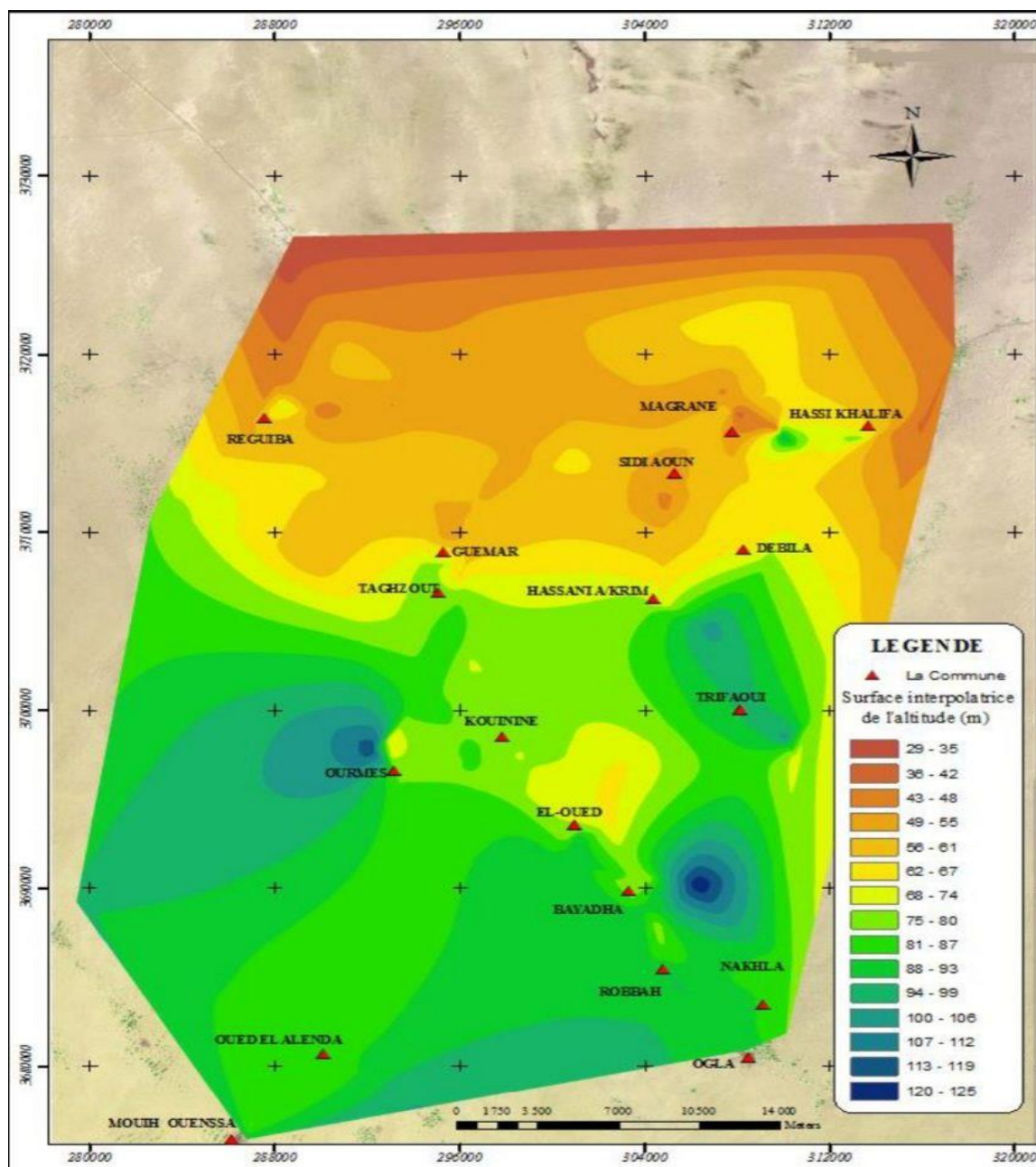


Figure (8) : Carte topographique de la vallée d'El Oued(Cité par, TOUATI, ABBIDI ,2018).

III.4. Le Climat

L'étude du climat de la région d'el 'oued, est faite pour la période (2013-2023), sur la base des données recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie de Gamar

III.4.1 La température:

Le tableau 01 montre que la température moyenne annuelle enregistrée à el 'oued est de 25°C. La température minimale est enregistrée pour le mois de janvier avec 9°C et la température la plus

chaude est enregistré le mois de juillet avec 45°C. Le nombre de mois dont la température dépasse les 30°C est de 4 à 5 mois suivant les années.

Tableau (9) : Températures moyennes mensuelles de la région d'El Oued durant la période 2013–2023

moins	Jan	fév	mars	Avril	mai	Juin	jul	aout	sep	oct	nov	déc	Moy Annuel
T max	18	18	22	23	33	44	45	43	37	29	24	15	29.3
T min	9	11	16	20	23	26	30	32	29	26	16	11	20.8
T moy	13.5	14.5	19	21.5	28	35	37.5	37.5	33	27.5	20	13	25

Source (ONM)

III.4.2 Humidité relative:

Tableau (10) : l'humidité moyenne mensuelle de la région d'El Oued durant la période 2013-2023

Mois	jan	fév	mars	Avril	Mai	Juin	jul	Aout	sep	oct	nov	Dec	Total
H (%)	56.9	49.4	41.6	36.9	33	30.5	26	33	39.4	47	55.1	65.5	42.9

Source (ONM)

III.4.3 Le vent :

Les vents caractérisés par une vitesse moyenne de 3.07 m/s. Ils soufflent pendant toute l'année avec des vitesses variables suivant les saisons.

Tableau(11) : Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région d'El Oued durant la période 2013-2023

moins	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jul	Aout	Sep	oct.	nov.	déc.	Total
Vitesse Vent (m/s)	2.5	2.7	3.5	3.7	3.7	3.8	3.2	3.3	3.3	2.44	2.6	2.1	3.07

Source (ONM)

III.4.4 La pluviométrie:

Les pluies sont rares et irrégulières. Les quantités les plus importantes de pluies sont enregistrées au mois de Avril, avec 4.2mm. Le cumul annuel de précipitations est de 24.4mm.

Tableau(12) : Précipitations moyennes mensuelles de la région d'El Oued durant la période 2013–2023

moins	jan	fév	mars	avril	mai	Juin	jul	Aout	sep	oct	nov	déc	Total
P(mm)	1.3	2.6	2.4	4.2	1.33	0.2	0	0.7	2.6	2.2	3.3	3.6	24.4

Source (ONM)

III.5. Synthèse climatique

III.5.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Pour donner une synthèse climatique de la région d'étude, nous avons établi le

Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gausсен (figure 09) et le climagramme

D'Emberger (figure 10).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен est une méthode graphique

Qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année. Pour la région d'el 'oued et

À partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une

Période de 11 ans, nous remarquons que la période sèche s'étale sur toute l'année (figure09).

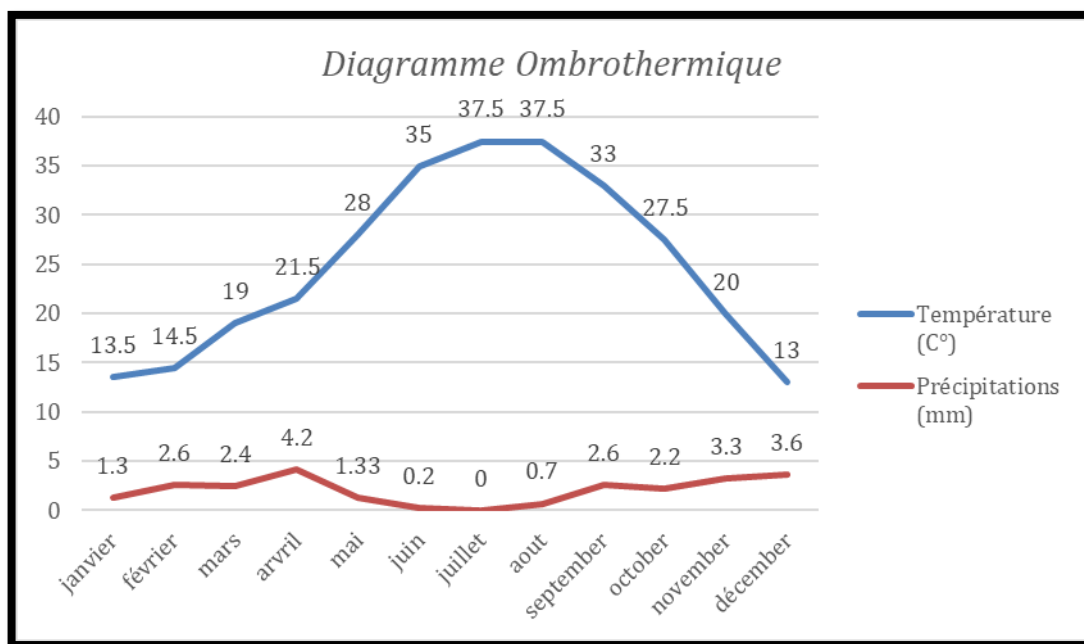


Figure09: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSE

III.5.2 Climagramme D'emberger:

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q2)

Spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER est calculé par la formule suivante:

$$Q2 = 3,43. \frac{P}{M-m} = 3,43. \frac{24,4}{45-9} = 2,32$$

Q2 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Les précipitations annuelles en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud.

m : La température minimale du mois le plus froid.

= 3,43 Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

Donc, ces valeurs nous permettent de classer la région d'El 'oued selon le climagramme d'EMBERGER dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure 10).

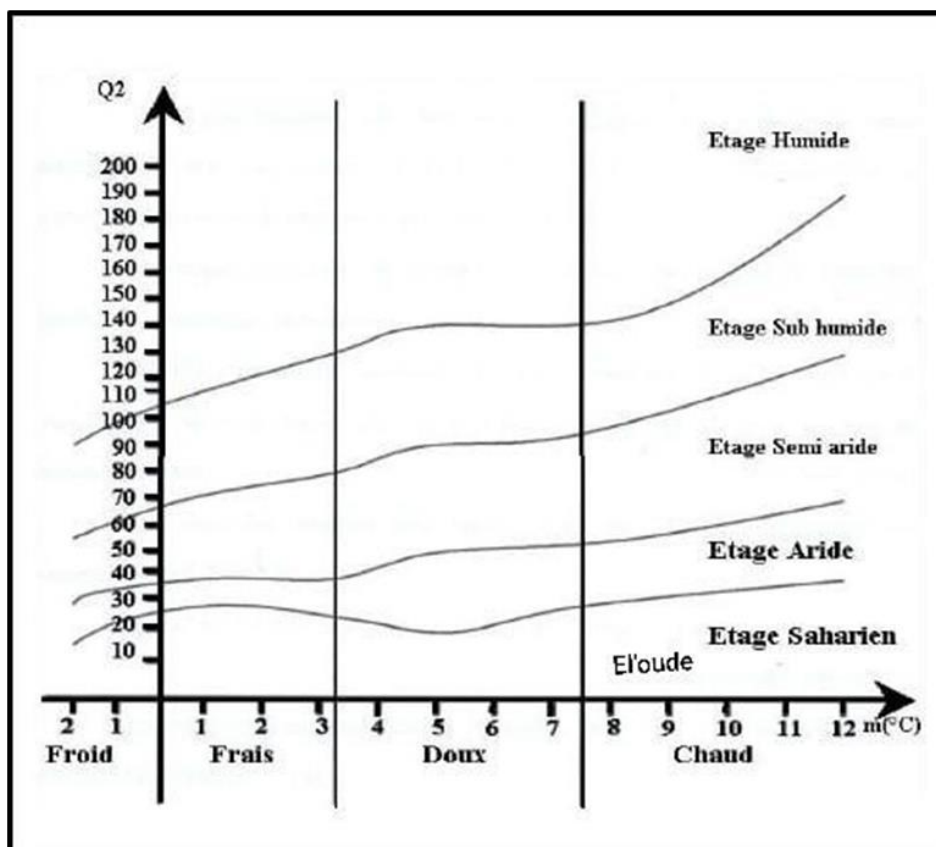


Figure 10: Localisation de la région d'El Oued sur le climagramme

III.6. Qualifications naturelles

III.6.1 Zone naturelle :

La wilaya d'EL Oued est située dans la région nord-est du Sahara septentrional et le terrain est nettement inférieur au niveau de la mer sur l'axe El Oued-Mugheir (zone Shat) de 75 m à 6 m

Les grandes unités géographiques qui caractérisent l'espace naturel de la wilaya sont divisées en deux régions:

Lignes et dépressions dans le nord : Cette zone s'étend autour des Malgheig et Shat Marwan, et est surtout connue pour la culture de palmiers dans le nord et les fermes de pâturage dans le nord et l'ouest.

Origine ethnique orientale dans le sud : la proximité de l'aquifère de surface dans cette région a permis la culture de palmiers sans irrigation régulée (technique Ghout). Ces dernières années, la région a connu un développement important dans les champs et serres comme, les tomates et les pommes de terre en particulier (Monographie de wilaya d'el oued).

III.6.2 Zone géographique :

Ils forment des dépôts sur toutes les bosses importantes dans tout la Wilaya, où les bosses géologiques et crumeuses convergent à l'est, qui font toutes partie du neuvième bassin désertique et l'Wilaya est située dans une zone stable, où le risque de tremblement de terre est très faible ou nul.

De plus, les principales roches trouvées dans toute la province de l'Wilaya de la Vallée représentant les bosses sont des roches sédimentaires (d'origine chimique) comme les croûtes d'herbe salée et le sable.

III.7. Potentiel des ressources en eau de la Wilaya

La wilaya d'El Oued contient, dans le sous-sol, de grandes quantités d'eau contenues dans des réservoirs d'eau souterraine qui font partie du système aquifère au nord du Sahara. Ces réservoirs d'eau, appelés réservoirs d'eau souterraine, sont des aquifères fossiles en raison de leur remplissage, la recharge naturelle est négligeable par rapport aux niveaux de Retraits effectués (Monographie de wilaya d'el oued).

III.7.1 Les aquifères souterrains trouvés dans cette région sont les suivants :

- Aquifère phréatiques : Cette eau souterraine est répartie dans toute la vallée et est captée par des puits traditionnels à faible profondeur et au niveau d'un bassin sans exutoire.
- Aquifères aval : Ces réservoirs sont regroupés dans cette zone entre 200 et 500 mètres. Le niveau statique varie de 10 à 60 m et la salinité de l'eau de 3 à 6 g/L.
- L'Aquifère Continental Albien : L'Aquifère Albien est peu exploité en raison de sa profondeur et de son coût élevé. La profondeur de captage de cet aquifère peut atteindre 1900 m, donnant un débit allant jusqu'à 200 l/s à une température supérieure à 60°C et un résidu sec de 2 à 3 mg/l

III.7.2 Ressources en eaux de surface :

L'wilaya de la vallée fait partie du bassin inférieur du désert, caractérisé par pratiquement l'absence de tout relief. La zone large et très plate avec des dépressions sur toute la partie nord de l'wilaya sert d'exutoire aux eaux de pluie qui sont drainées par les bassins frontaliers au nord et transportés par les vallées d'Al-Rutam, d'Al-Kharf et de Wadi Yatl, qui se terminent dans la région de Shatt. (Monographie de wilaya d'el oued).

III.8. Activité sociale, culturelle et économique

L'économie de la wilaya dépend principalement de l'agriculture et du pastoralisme, la superficie agricole totale exploitée s'élève à 86 270 hectares (2020-2021), et nous présentons

Voici quelques-uns des produits les plus importants :

Culture de palmiers : 1 216 669 quintaux de dattes sur une superficie de 15 374 hectares.

Grandes cultures : avec une production totale de 19.257.425 quintaux, dont pommes de terre, 12.938.925 quintaux et tomates 3.292.230 quintaux pour la saison agricole (2020-2021).

III.9. Espaces irrigués

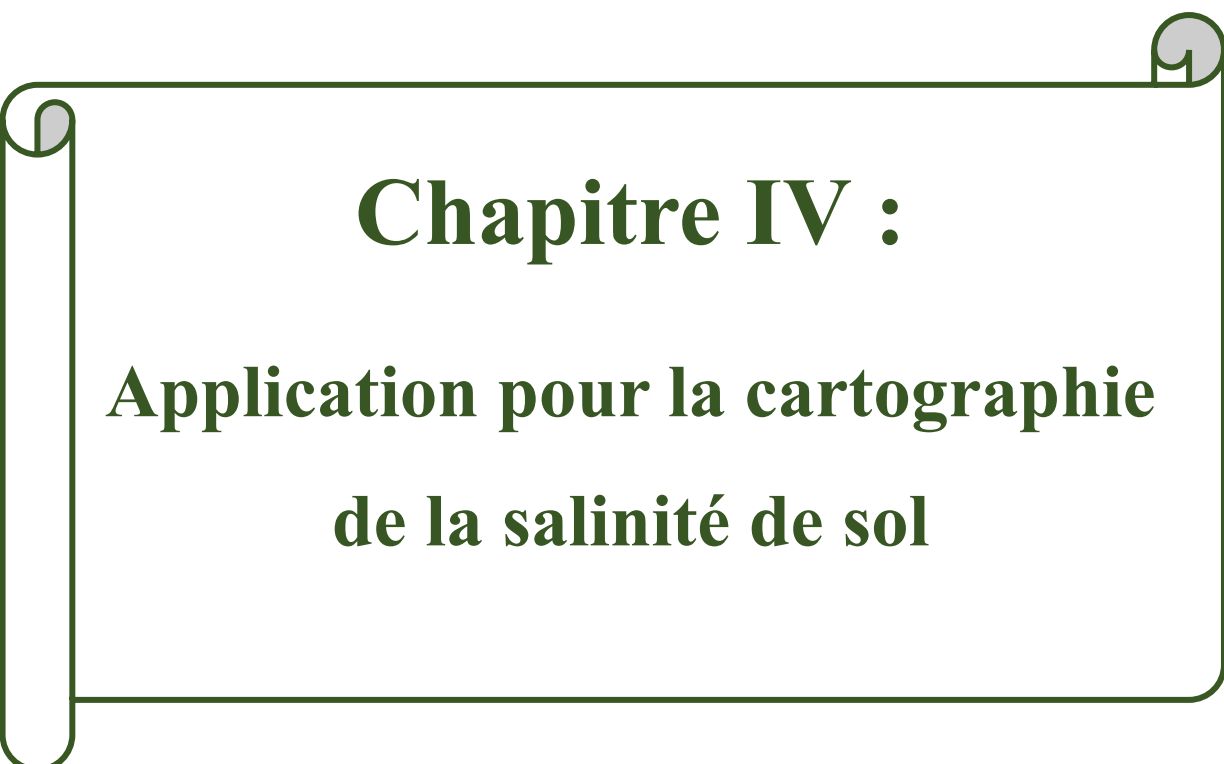
Les superficies exploitées en activité agricole dans l'Etat d'El Oued en 2023, selon la Direction de l'Agriculture (DSA), s'élèvent à 95 000 hectares, dont 82 435 hectares irrigués et 12 565 hectares en jachère. Les méthodes d'irrigation varient selon plusieurs types, dont pivots d'arrosage, irrigation d'alimentation et méthodes d'irrigation traditionnelles.

III.10. Type d'agriculture en général

La culture de la pomme de terre est considérée comme la plus répandue, avec une superficie de 43 970 hectares, et sa production est estimée à 12 896 400 quintaux, avec 3,8 millions de palmiers produits sur une superficie de 37 000 hectares, dont 2,4 millions de palmiers de la plus haute variété. (Deglet Nour), faisant de l'Etat le deuxième producteur de ce fruit dans le pays.

La culture de l'arachide, une expérience florissante dans l'Wilaya, a également gagné du terrain avec l'intérêt croissant des agriculteurs, atteignant une superficie de 1.670 hectares, répartis dans six municipalités et produisant plus de 50.000 km, soit 47% de la production nationale. L'Etat d'El Oued se situe également au sommet des régions productrices de tabac avec une production de 40 000 hectares, soit 41% de la production nationale, récoltée sur une superficie totale de 1 680 hectares située principalement dans les régions de Guimar et Rigueba (au nord de l'Wilaya). (DSA)

Selon la Chambre d'Agriculture de l'Oued. Le secteur s'est tellement développé qu'en 2013 la Wilaya est devenu la première région productrice de pommes de terre en Algérie, avec 24 % des 5 millions de tonnes récoltées dans le pays.



Chapitre IV :

**Application pour la cartographie
de la salinité de sol**



Méthode et matériel

IV.1 Introduction

Dans le domaine agricole, les SIG se révèlent particulièrement intéressants, car ils permettent de spatialiser les variables pédologiques du sol en utilisant différentes méthodes d'interpolation, comme l'interpolation IDW. Une des principaux avantages est la possibilité de représenter les données sur une carte géoréférencée, offrant ainsi une grande précision dans la visualisation des teneurs en différents composants du sol. À partir de ces cartes interpolées, l'agriculteur dispose d'informations précises sur les caractéristiques de ses sols, ce qui lui permet de cibler les zones nécessitant un traitement spécifique à l'aide d'un système de positionnement global (GPS). Cela présente de nombreux avantages, tels qu'un gain de temps et une réduction des coûts, car l'agriculteur investit uniquement dans les zones précises qui nécessitent une intervention.

L'objectif de ce travail est de combiner plusieurs paramètres pédologiques afin de créer une carte qui mette en évidence, d'une part, la variabilité spatiale de la salinité dans la zone d'étude, et d'autre part, la possibilité de délimiter des zones où de nouvelles cultures, différentes de celles généralement pratiquées, pourraient être introduites.

IV.2. La zone d'étude

IV.2.1 Localisation géographique :

La commune de Sidi Aoun est située au nord de la wilaya d'el Oued, à 20 km du chef-lieu de la wilaya. Sa superficie est de 480 kilomètres carrés, sa population est de 12 235 habitants et son altitude au-dessus du niveau de la mer est de 52 m.

IV.2.2 Les limites administrative :

La commune de Hamraya Du nord :

Du sud : commune de Hassani Abdel Karim

De l'est : les communes d'Al-Dabila et d'Al-Muqrin

De l'ouest : la commune de Qamar et les communes de Reguiba

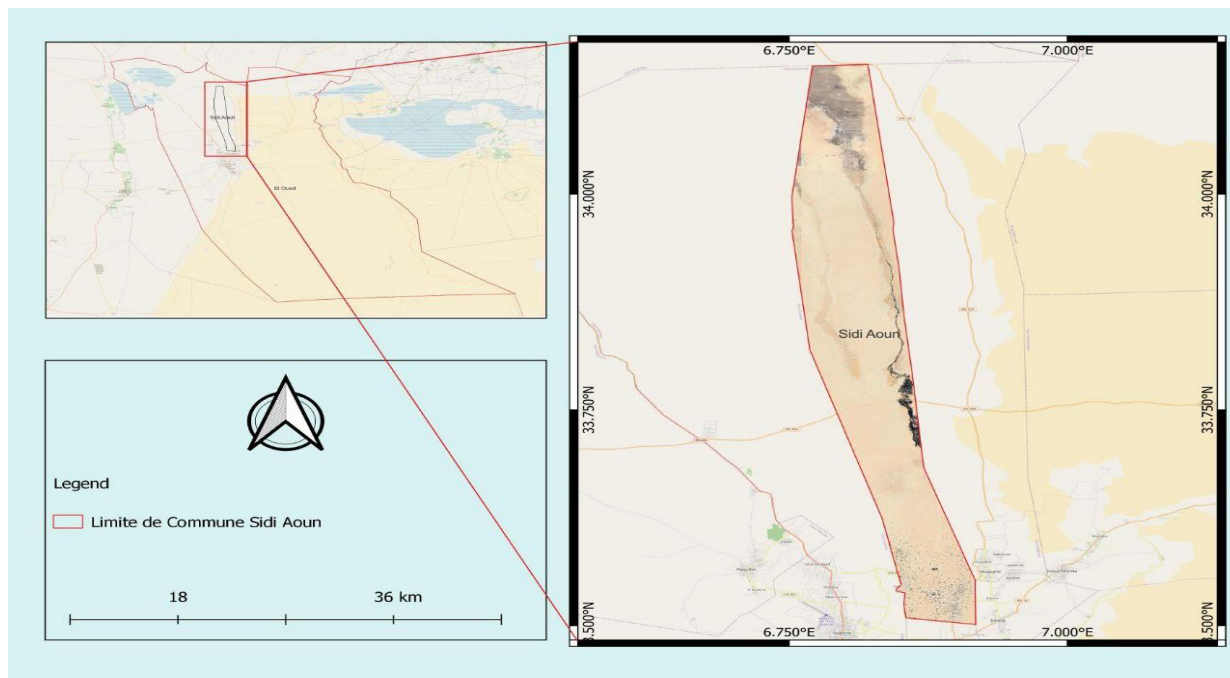


Figure 11 : Situation géographique de la commune dans la Wilaya (Réalise par QGIS)

IV.2.3 Caractère local :

La commune de Sidi Aoun se caractérise par l'agriculture, notamment par l'abondance des pivots sur son sol, ce qui démontre actuellement son caractère agricole.

Faisant partie des zones désertiques qui constituent le Grand Erg oriental, la commune de Sidi Aoun se caractérise sur l'ensemble de sa superficie totale par une platitude en termes de topographie et des dunes de sable qui couvrent plus de 95% de sa superficie.

IV. 3 Méthode et matériel

IV. 3.1 Comment choisir les sites et l'échantillonnage :

IV. 3.1.1 choix les sites :

Le but de l'étude est de connaître la variation spatiale de la salinité du sol résultant de L'irrigation avec les eaux souterraines et irrégulier dans ces zones, et en conséquence nous Prélèverons des échantillons des surfaces irrigués de manière aléatoire.

IV.3.1.2 Echantillonnage :

La méthodologie consiste à prélever des échantillons au niveau des parcelle choisies d'une façon aléatoire avec une profondeur de 0 à 30 cm à l'aide d'une tarière puis les mettons dans un sac en

prenant aussi les coordonnées de chaque échantillon. Ces derniers ont été analysé au niveau du laboratoire de la faculté



Photos 01 : Points d'échantillonnage

IV.3.2 Eau d'irrigation :

nous prélevons aussi des échantillons des eaux utilisé pour l'irrigation pour l'analyser (CE eau) au niveau du laboratoire.



Photo 02 : Eau d'irrigation

IV.4 Laboratoire

Les analyses des sols et de l'eau ont été réalisées dans le laboratoire de faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université d'El Oued.

Les analyses des sols sont : la conductivité électrique (CE) 1/5

Les analyses de l'eau : la conductivité électrique (CE)

IV.4.1 Conductivité électrique (1/5) :

- L'opération pour la réalisation de la CE (1/5).
- Peser 10 g du sol.
- Ajouter 50 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.
- Agiter pendant 15 minutes avec agitateur magnétique.
- Laisser reposer 15 minutes.
- Mesurer le CE à l'aide d'un conductivimètre.



Photo03 : Balance électronique

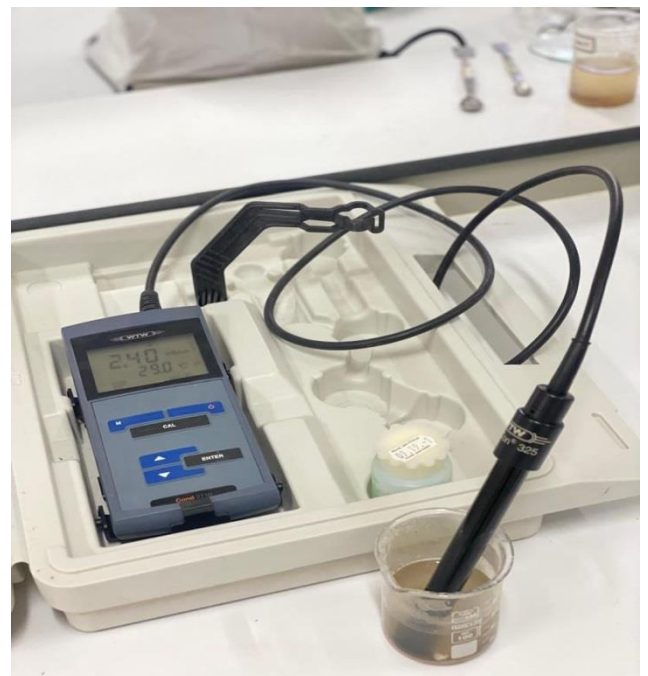
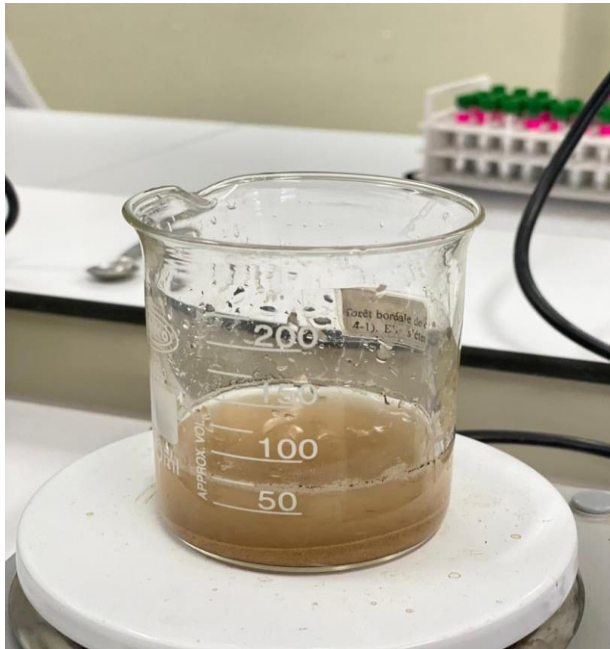
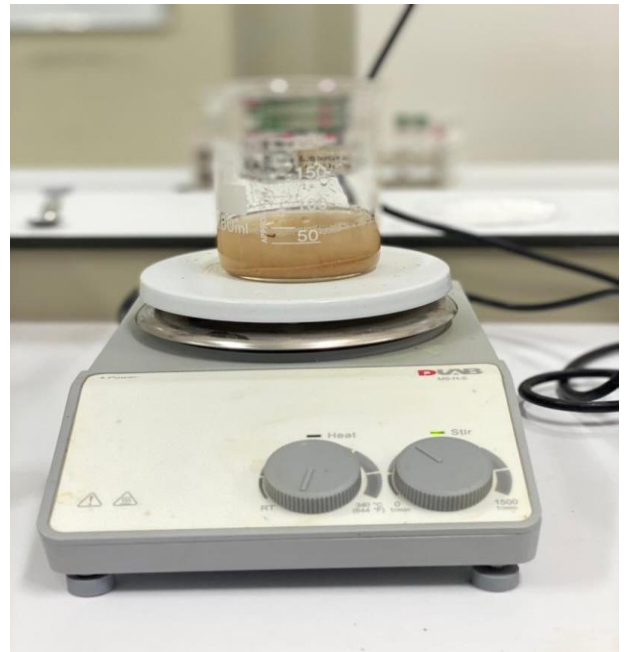


Photo 04 : Conductivimètre

**Photo05 : Bécher****Photo06 : Agitateur**

Quelques photos qui montrent le mode opératoire pour la réalisation des analyses.

IV.5 Méthode de travail

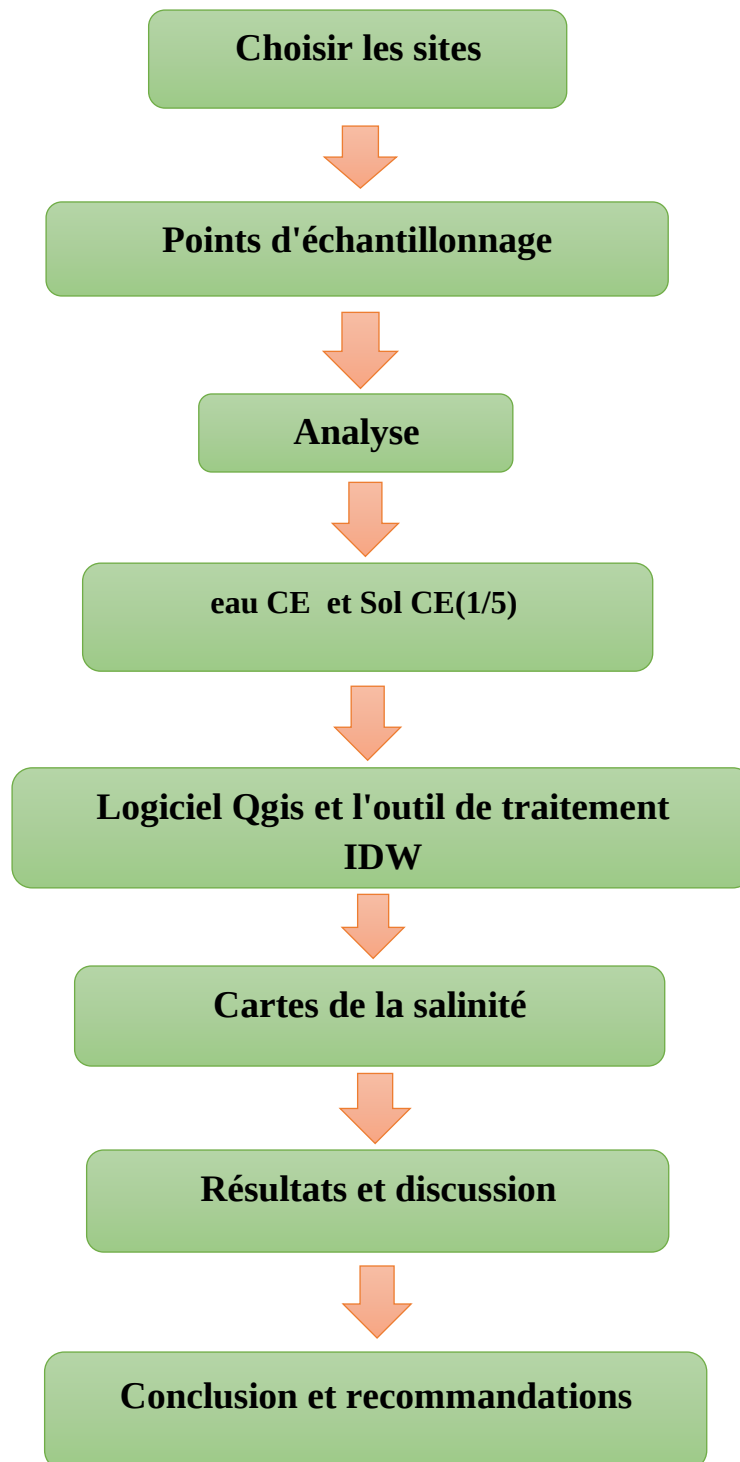


Figure 12 : Plan de travail

IV.5.1 Points d'échantillonnages :

La mise en œuvre a été réalisée à Sidi Aoun au cours de janvier-février 2024 ,La profondeur des échantillons du Sol est de 0 à 30 cm.

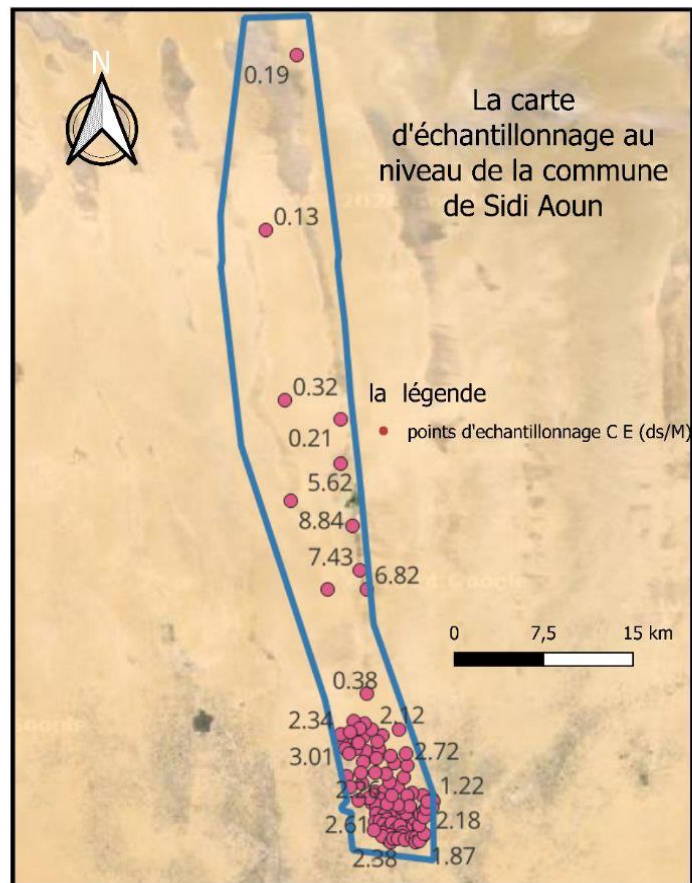
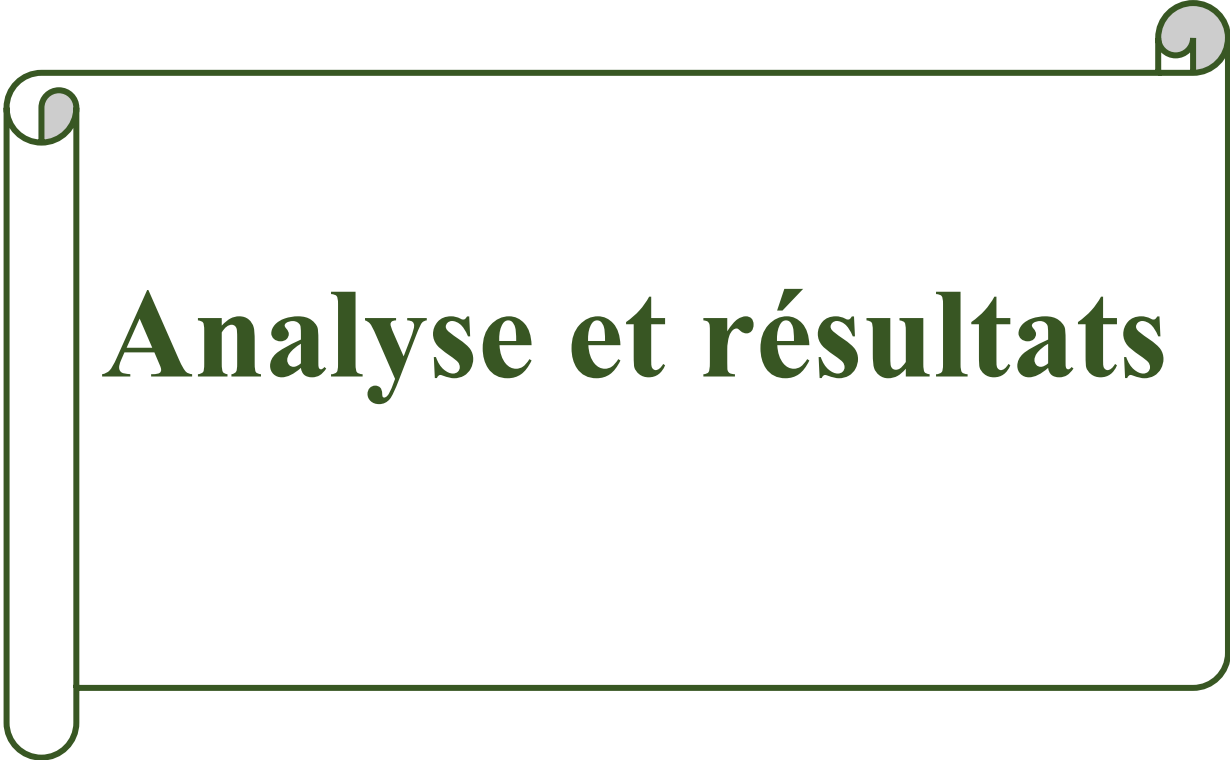


Figure 13 : La carte d'échantillonnage au niveau de la commune de Sidi Aoun



Analyse et résultats

1. Analyse et résultats :

Tableau 13 : Résultats des CE de l'eau de Sidi Aoun

ID	Latitudes	longitudes	Salinité d'eau (ms/cm)
1	33.51981	6.909118	5.65
2	33.52708	6.904032	4.39
3	33.51959	6.903206	4.99
4	33.51872	6.906161	5.04
5	33.52433	6.906623	4.69
6	33.52337	6.901371	4.76
7	33.52927	6.901036	4.15
8	33.548	6.916305	5.48
9	33.54512	6.919629	4.81
10	33.54627	6.917116	5.36
11	33.55426	6.87216	9.33
12	33.55123	6.909308	9.78
13	33.5544	6.879295	9.04
14	33.55724	6.889379	8.36
15	33.56085	6.883547	8.14
16	33.54579	6.869243	7.47
17	33.54815	6.875652	10.23
18	33.54342	6.873517	13.42
19	33.53742	6.873401	10.93
20	33.53566	6.886368	5.64
21	33.53652	6.879274	11.85
22	33.59665	6.8631	5.94
23	33.53073	6.872175	7.78
24	33.58723	6.875106	5.65
25	33.57977	6.873623	6.56
26	33.60218	6.869578	4.2
27	33.59263	6.874266	6.31
28	33.52703	6.875774	6.05
29	33.53402	6.893516	5.67
30	33.53193	6.876145	6.62
31	33.5327	6.881226	6.6
32	33.52887	6.879055	9.04
33	33.52639	6.882763	9.12
34	33.52522	6.886084	11.57
35	33.53026	6.885026	10.84
36	33.52243	6.888875	11.27
37	33.52524	6.888996	10.67
38	33.53696	6.896083	11.65
39	33.52489	6.896417	4.1
40	33.57556	6.887257	7.54
41	33.56469	6.894365	9.5

42	33.57728	6.863422	7.52
43	33.52848	6.892072	8.57
44	33.574	6.896852	9.29
45	33.58152	6.884482	10.36
46	33.60148	6.891076	10.28
47	33.60676	6.863961	5.12
48	33.60226	6.860179	4.78
49	33.5606	6.862122	8.6
50	33.59569	6.846541	9.17
51	33.59837	6.845716	8.12
52	33.60032	6.853171	8.82
53	33.58739	6.857197	7.31
54	33.59208	6.859337	11.22
55	33.58293	6.852118	10.36
56	33.56828	6.860978	7.33
57	33.5578	6.853021	5.49
58	33.54885	6.867412	8.32
59	33.5478	6.859575	8.5
60	33.54601	6.896204	5.26
61	33.5532	6.901318	7.86
62	33.56788	6.880999	6.64
63	33.56852	6.872412	9.12
64	33.54451	6.881836	11.13
65	33.52066	6.883286	9.36
66	33.51724	6.882224	8.18
67	33.51987	6.877862	8.92
68	33.51997	6.893542	6.59
69	33.51762	6.885839	9.31
70	33.51743	6.895405	6.8
71	33.51726	6.903302	6.51
72	33.51864	6.900816	7.62
73	33.51844	6.903716	4.04
74	33.51549	6.90355	4.36
75	33.53923	6.909847	4.35
76	33.55074	6.885296	4.74
77	33.53412	6.910442	6.14

Tableau 14 : Résultats des CE de sol de Sidi Aoun

ID	Latitudes	longitudes	salinite de sol 1/5 (ms/cm)
1	33.51981	6.909118	1.87
2	33.52708	6.904032	1.81
3	33.51959	6.903206	1.55
4	33.51872	6.906161	1.37
5	33.52433	6.906623	1.52
6	33.52337	6.901371	1.56
7	33.52927	6.901036	1.69
8	33.548	6.916305	1.22
9	33.62892	6.865429	0.38
10	33.54627	6.917116	1.96
11	33.55426	6.87216	2.43
12	33.55123	6.909308	1.22
13	33.5544	6.879295	2.09
14	33.55724	6.889379	2.46
15	33.56085	6.883547	2.4
16	33.54579	6.869243	2.68
17	33.54815	6.875652	2.31
18	33.54342	6.873517	2.61
19	33.53742	6.873401	2.5
20	33.53566	6.886368	2.27
21	33.59700	6.877994	2.47
22	33.53652	6.879274	2.46
23	33.59665	6.8631	2.45
24	33.53073	6.872175	2.72
25	33.58723	6.875106	2.13
26	33.57977	6.873623	1.98
27	33.60218	6.869578	2.12
28	33.59263	6.874266	2.27
29	33.52703	6.875774	2.15
30	33.53402	6.893516	2.91
31	33.53193	6.876145	2.28
32	33.5327	6.881226	2.48
33	33.52887	6.879055	3.22
34	33.52639	6.882763	2.84
35	33.52522	6.886084	2.3
36	33.53026	6.885026	2.6
37	33.52243	6.888875	2.32
38	33.52524	6.888996	2.26
39	33.53696	6.896083	2.35
40	33.52489	6.896417	2.77
41	33.57556	6.887257	2.41
42	33.58534	6.864843	2.37
43	33.56469	6.894365	2.33
44	33.57728	6.863422	2.6

45	33.52848	6.892072	2.48
46	33.574	6.896852	2.72
47	33.58152	6.884482	2.2
48	33.60148	6.891076	2.42
49	33.58289	6.896283	2.31
50	33.60676	6.863961	1.67
51	33.60806	6.855425	2.27
52	33.60226	6.860179	2.24
53	33.5606	6.862122	2.26
54	33.52279	6.877897	2.22
55	33.59433	6.849679	2.3
56	33.59569	6.846541	3.01
57	33.59837	6.845716	2.34
58	33.60032	6.853171	2.34
59	33.58739	6.857197	1.92
60	33.58657	6.849719	2.49
61	33.59208	6.859337	2.67
62	33.58293	6.852118	2.24
63	33.56828	6.860978	2.26
64	33.5658	6.850653	2.38
65	33.5578	6.853021	2.37
66	33.54885	6.867412	2.32
67	33.5478	6.859575	2.35
68	33.54601	6.896204	2.18
69	33.5532	6.901318	2.41
70	33.56788	6.880999	2.38
71	33.56852	6.872412	2.01
72	33.55098	6.897512	2.72
73	33.54154	6.891947	2.52
74	33.54325	6.899458	2.25
75	33.54349	6.89	2.33
76	33.54451	6.881836	2.26
77	33.52066	6.883286	1.75
78	33.51724	6.882224	1.73
79	33.51987	6.877862	2.31
80	33.51494	6.884068	1.79
81	33.52284	6.893283	2.49
82	33.51997	6.893542	2.22
83	33.52454	6.87114	3.53
84	33.51762	6.885839	3.01
85	33.51756	6.889859	2.84
86	33.51743	6.895405	2.38
87	33.51726	6.903302	2.34
88	33.51864	6.900816	2.31
89	33.51844	6.903716	2.28
90	33.51549	6.90355	2.57
91	33.51575	6.906826	2.05
92	33.52203	6.910263	3.6

93	33.54178	6.916951	3.01
94	33.52851	6.906523	2.06
95	33.5366	6.907746	1.16
96	33.53923	6.909847	1.55
97	33.55074	6.885296	1.98
98	33.53412	6.910442	1.09
99	33.5414	6.911591	0.96
100	33.54682	6.912917	2.18
101	33.70931	6.835123	0.45
102	33.70981	6.866123	6.82
103	33.72387	6.860712	7.43
104	33.75851	6.85513	7.95
105	33.77724	6.807265	0.21
106	33.80641	6.845913	5.62
107	33.85456	6.802346	0.32
108	33.84054	6.845322	0.21
109	34.12023	6.811546	0.19
110	33.98552	6.787544	0.13

2. Logiciel QGIS et l'Outil de traitement IDW :

Nous utilisons l'outil de traitement Interpolation IDW dans logiciel QGIS pour créer les cartographies de la salinité de sols et de la salinité de l'eau

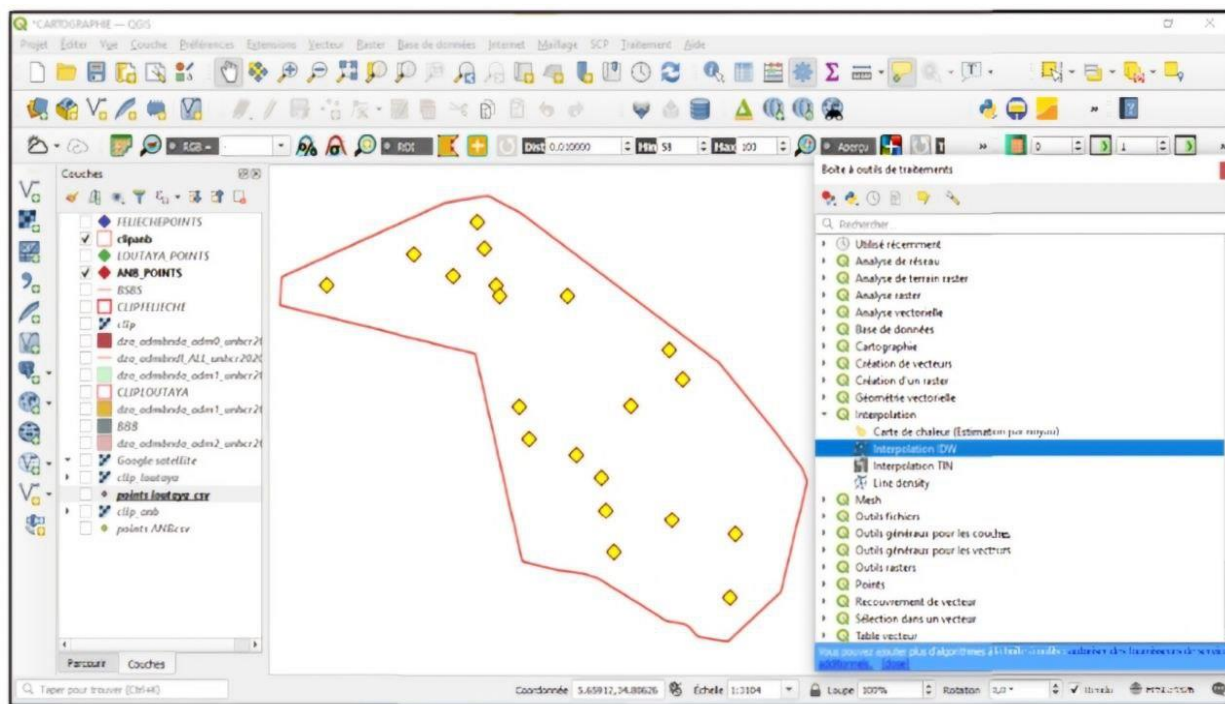


Figure 14 : Logiciel QGIS

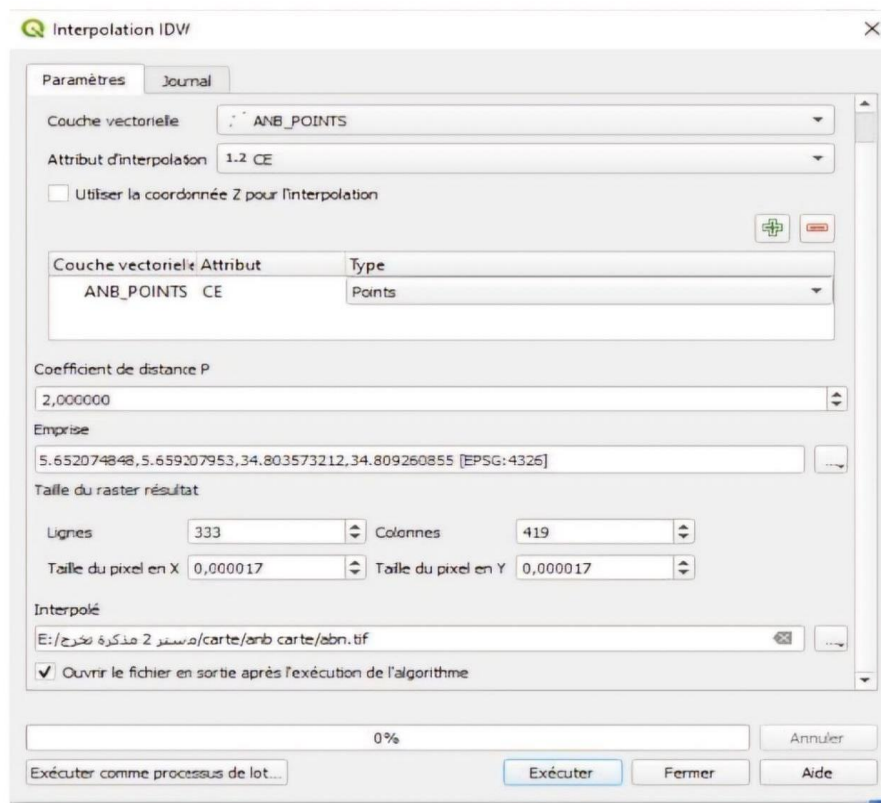


Figure 15 : L'exécuter de l'interpolation IDW

3. les cartes et interpolation :

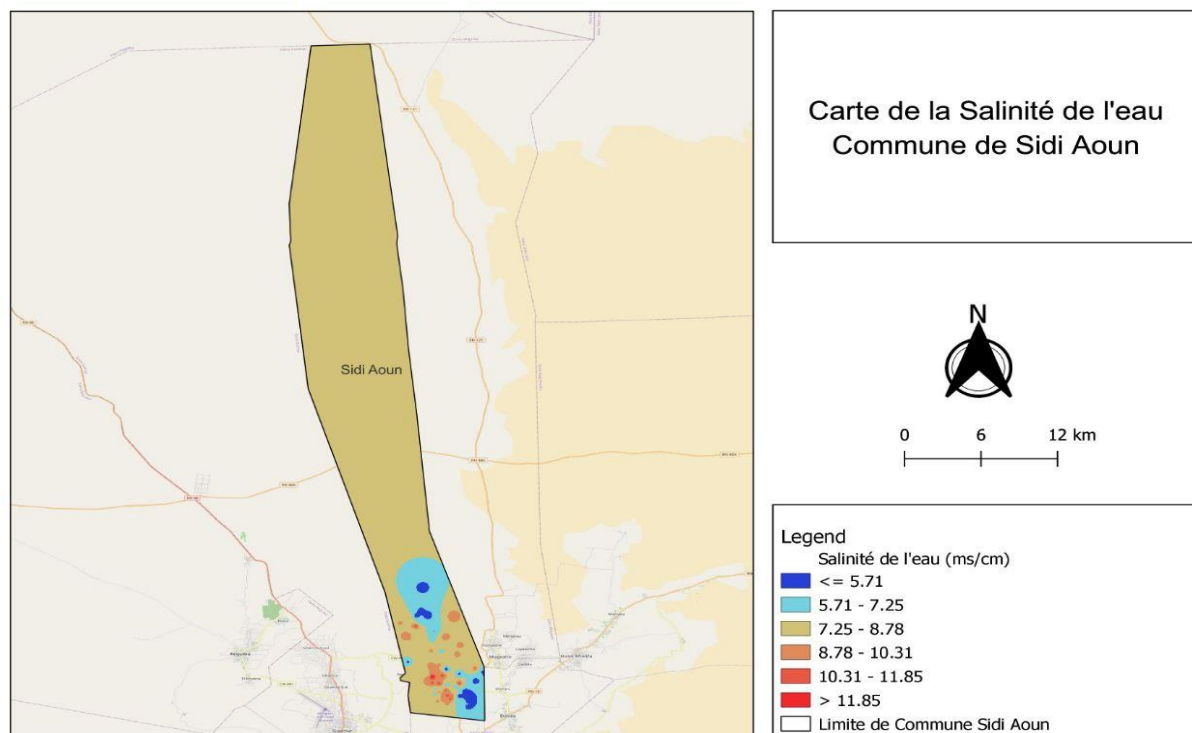


Figure 16 : La carte de la salinité de l'eau commune de Sidi Aoun

Selon la carte fournie, la répartition spatiale de la salinité des eaux d'irrigation dans la commune de Sidi Aoun peut être analysée comme suit:

- La carte montre les niveaux de salinité des eaux d'irrigation dans la commune, mesurés en millisiemens par centimètre (mS/cm) et divisés en 5 catégories.
- La majeure partie du territoire de la commune présente des niveaux de salinité élevés, compris entre 7,25 et 10,31 millisiemens par centimètre, représentés par les couleurs jaune et orange.
- Il y a également des zones avec des niveaux de salinité beaucoup plus élevés, supérieurs à 10,31 millisiemens par centimètre, représentées par la couleur rouge.
- Il existe quelques zones de plus petite taille avec des niveaux de salinité modérés, entre 5,71 et 7,25 millisiemens par centimètre, représentées par la couleur bleu clair.
- Il y a aussi des zones au Sud de la commune qui semblent avoir les plus faibles niveaux de salinité, inférieurs à 5,71 millisiemens par centimètre, représentée par la couleur bleu foncé.

Ces résultats montrent que les agriculteurs utilisent différentes nappes souterraines pour les prélèvements des eaux d'irrigation ce qui va favoriser automatiquement la salinisation des sols utilisés pour l'agriculture.

Dans l'ensemble, la carte montre que la commune de Sidi Aoun se caractérise par une salinité élevée de ses eaux, avec la majeure partie du territoire souffrant de niveaux de salinité supérieurs à 7,25 millisiemens par centimètre. Il n'y a que quelques zones ponctuelles avec des niveaux de salinité modérés. Ces informations sont essentielles pour la gestion de l'eau et les activités agricoles dans cette commune.

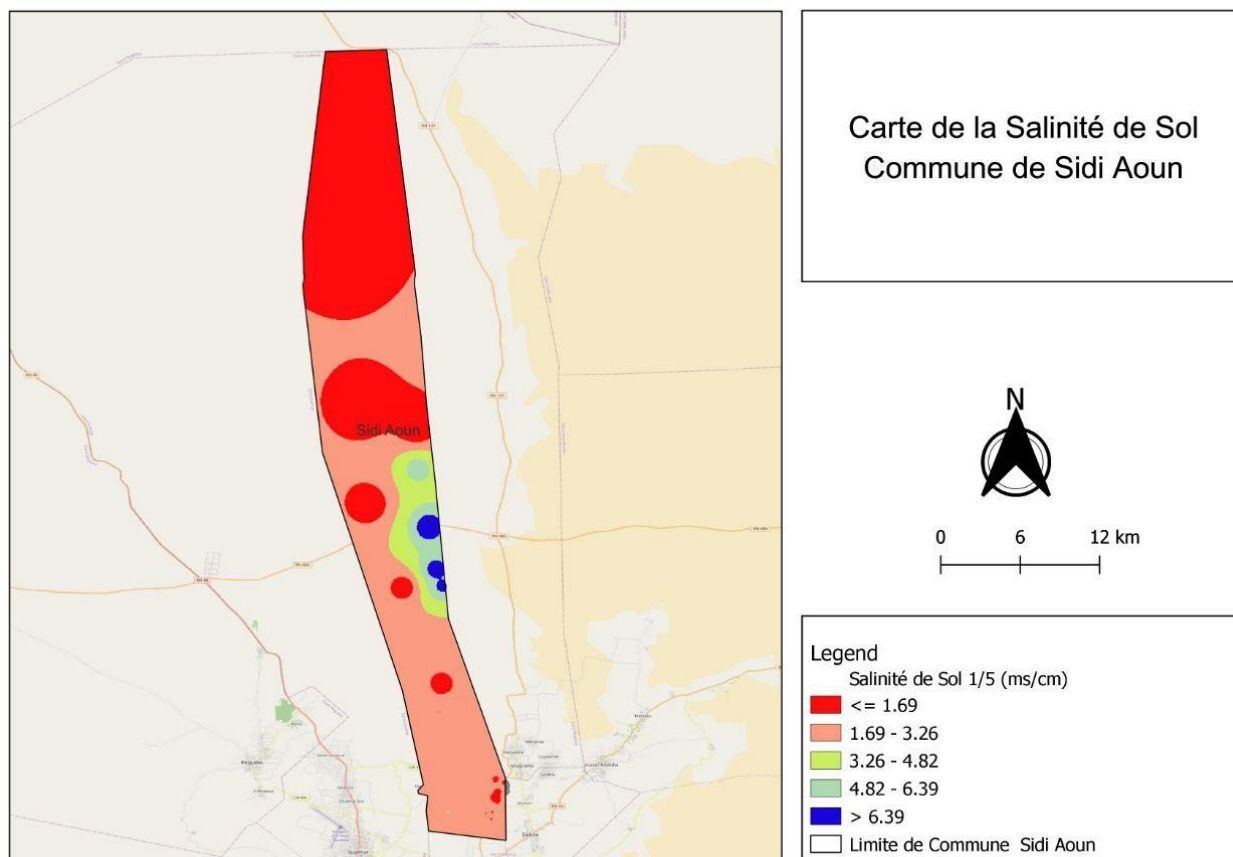


Figure 17 : La carte de la salinité de sol commune de Sidi Aoun

Selon la carte de la salinité des sols dans la commune de Sidi Aoun, on peut observer ce qui suit:

- La catégorie la plus salée couvre une partie de la superficie de la commune, avec des valeurs supérieures à 6,39 mS/cm, représentée en bleu. Cette zone représente une région consacrée pour le rejet des eaux usées ce qui a engendré une salinisation accrue des sols de cette région.
- La partie centrale de la commune a des sols modérément salés, avec des valeurs comprises entre 3,26 et 4,82 mS/cm, représentés en vert clair.
- Les bordures nord et sud de la commune ont les plus faibles niveaux de salinité, entre 1,69 et 3,26 mS/cm, représentées en orange.
- Il y a aussi quelques zones locales avec les plus faibles niveaux de salinité, égaux ou inférieurs à 1,69 mS/cm, représentées en rouge.

Dans l'ensemble, la carte montre un modèle spatial clair d'augmentation de la salinité des sols au niveau de la partie centrale de la commune.

La nature des sols sablonneux qui existent au niveau de la commune de Sidi Aoun ont aidé à éviter une salinisation accrue des sols agricoles.

- Ces informations sont utiles pour la gestion des terres et la planification agricole dans la commune.

4. Solution et Recommandation

Après avoir effectué une étude approfondie et une analyse des sols afin de déterminer leur teneur en sel et les zones présentant des variations spatiales, nous disposons maintenant d'un ensemble de données nous permettant de proposer des moyens et des stratégies pratiques et efficaces pour limiter le développement de ce phénomène. Une gestion efficace du système d'irrigation joue un rôle clé à cet égard, et parmi les méthodes recommandées, nous pouvons notamment citer:

- Le pilotage de l'irrigation : Cette approche consiste à apporter la quantité d'eau nécessaire au bon moment, ce qui permet de limiter l'accumulation excessive de sels dissous dans l'eau d'irrigation. En adoptant cette méthode, nous réalisons des économies d'énergie liées à l'extraction de l'eau, préservons les réserves d'eau souterraines qui ont été gravement affectées par la rareté des précipitations et les changements climatiques extrêmes dans les régions arides et semi-arides (Y.Daibouche ,2022).
- Appliquez des amendements en matière organique pour corriger la qualité physico-chimique des sols de la région.
- Introduire des espèces qui tolère à la salinité et donnent une valeur ajoutée dans la région.

Grâce à ces approches et à l'adoption de ce type de programme, il est possible de gérer efficacement l'irrigation des cultures, de préserver les ressources en eau et de promouvoir une utilisation durable des terres agricoles dans les régions touchées par la salinité des sols.



CONCLUSION

GENERALE

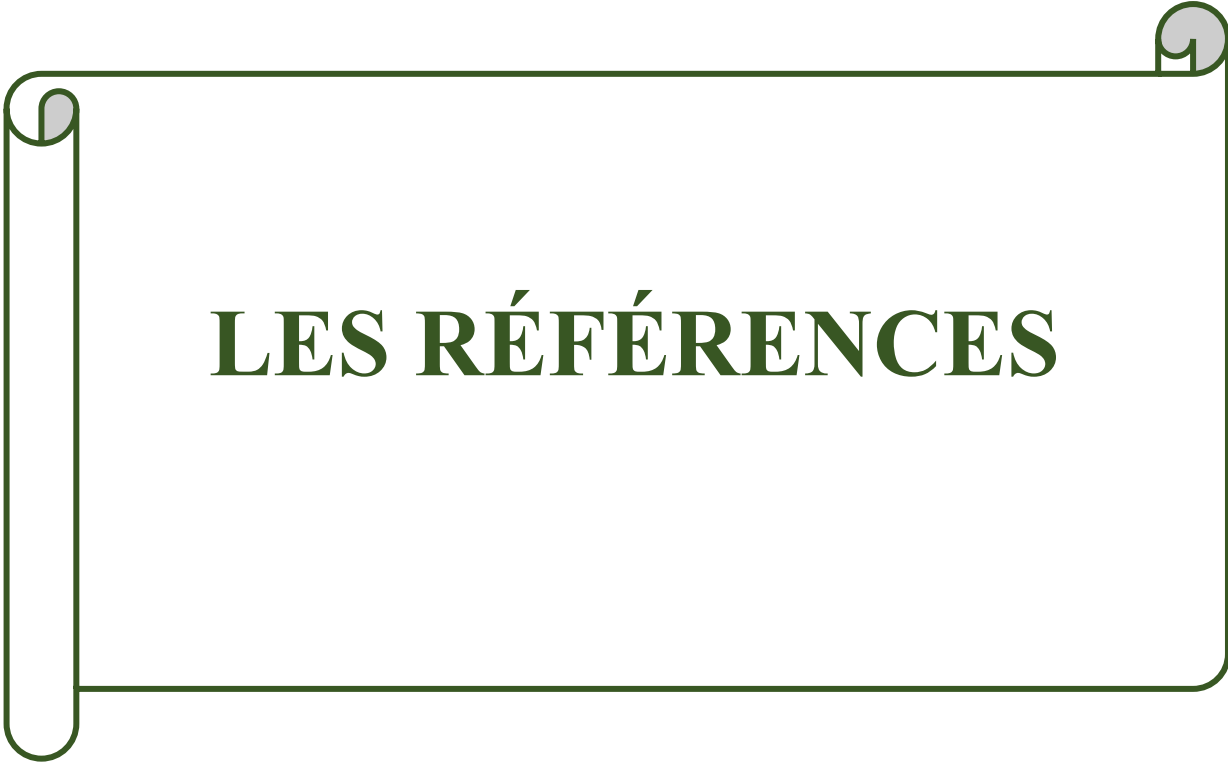
CONCLUSION GENERALE

La salinité joue un rôle crucial dans l'agriculture, et ses effets négatifs sur le sol et la végétation sont bien connus. Par conséquent, il est essentiel d'étudier ce phénomène et de rechercher des solutions appropriées. Dans cette optique, nous avons réalisé une étude modeste en utilisant des systèmes d'information géographique (SIG). Les résultats de notre étude indiquent clairement que la salinité se propage dans les sols agricoles à des proportions variables, en particulier dans les zones irriguées avec des eaux souterraines salines et dans les régions chaudes où l'évaporation est élevée. Il est donc impératif de développer des stratégies efficaces pour réduire ce phénomène, étant donné que la dégradation des sols causée par la salinité constitue un problème préoccupant pour les agriculteurs, les scientifiques et les décideurs.

Pour remédier à cette problématique agricole et environnementale, il est nécessaire d'utiliser des outils d'analyse spatiale et de cartographie afin de mieux comprendre les facteurs qui contribuent à l'augmentation de la charge saline des sols. En conclusion, l'utilisation des SIG et du GPS dans l'agriculture offre plusieurs avantages, notamment:

- Adapter les pratiques culturales en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque parcelle (travail du sol, irrigation, semis).
- Cibler avec précision les zones nécessitant un traitement spécifique.
- Gérer de manière plus efficace les coûts liés aux intrants agricoles tels que les engrais, les semences, les fongicides, les herbicides, en les adaptant de manière modulée.
- Réduire le lessivage des engrais en excès vers les nappes phréatiques.

En utilisant ces technologies avancées, l'agriculture peut bénéficier d'une approche plus précise, durable et économiquement viable pour lutter contre les problèmes liés à la salinité des sols.



LES RÉFÉRENCES

LES RÉFÉRENCES

- 1) ABDENNOUR M., 2021. Variabilité spatio-temporelle de la salinisation des sols du périmètre irrigué du Ziban (Biskra) – Apport de la géostatistique et de la télédétection THESE Doctorat. Université de Biskra, p .127.
- 2) ABIDI H., TOUATI S, 2018. Application du SIG pour déterminer la qualité physico-chimique des eaux des forages destinées à l'AEP dans la région du Souf. Mémoire master. Université d'Elouad. P78.
- 3) AUBERT.G, 1976 ; Annales de l'institut agronomique el harache. Vol VI n°01. 297p.
- 4) BOUGUERRA A.,2018. La variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El Hadjira-Ouargla. Master Académique. Université de Ouargla, p.69.
- 5) CHESWORTH W., 2008 - Encyclopedia of Soil Science, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902 p.
- 6) Daibouche Y., 2022. Cartographie de la salinité de sol de la Ferme Ain Ben Naoui - Biskra. Mémoire de master. Université de Biskra, p.64.
- 7) DURAND J. H., 1983 - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p.
- 8) DSA : Direction des Services Agricoles.
- 9) F.A.O., 2008 : Annuaire statistique de la FAO.
- 10) GAUCHER G., BUBDIN S., 1974 - Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains Salés. Université de France. 230p. In MISSAOUI Y., 1991. Evolution de la salinité en Fonction des doses d'irrigation. Mémoire de Magistère. L'ITDAS de Biskra. 91p.
- 11) HAMDI AISSA B., 2001 – Le Fonctionnement actuel et passé de sols du Nord du Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micro-morphologique, géochimique et Minéralogique et variabilité spatiale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 310p.
- 12) MATHIEU .C, LOZET. J, 2011- Dictionnaire encyclopédique de science du sol. Lavoisier. Edition Tech&Doc. Paris. 733 p.
- 13) Metternicht, G. I., & Zinck, J. A. (2003). La télédétection de la salinité des sols : potentiels et contraintes. Télédétection de l'environnement, 85(1), 1-20.
- 14) Monographie de wilaya d'el oued 2021.
- 15) Qadir, M., Qureshi, A. S., & Cheraghi, S. A. M. (2008). Étendue et caractérisation des sols affectés par le sel en Iran et stratégies pour leur amélioration et leur gestion. Dégredation et développement des terres, 19(2), 214-227.
- 16) S.O.C.O, 2009. Sustainable Agriculture and soil conservation : Salinisation et sodification : <http://soco.jrc.ec.europa.eu>.