

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2022



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2022

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ouvrages Hydrauliques

Thème

Cartographie de la salinité de sol de la Ferme Ain Ben Naoui . Biskra

Nom et Prénom de l'étudiant :
Daibouche Yacine

Encadreur : Naima Ben mebarek

Promotion: Juin 2022



إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع لي

روح أبي رحمه الله برحمته الواسعة كصدقة جارية

ولي أبي موسى الغالية وكذلك

لي عائلتي الصغيرة وإبنتيا رحمة ونعمة



شكر و عرفان

أقدم بالشكر الكبير بعد الله عز وجل إلى كل أساتذة قسم الري وخاصة الأستاذة
نعيمة بن مبارك والأستاذة شرحبيل صونيا لدعماهما لي في مشواري الدراسي
في نيل شكاوة الماستر وفي شكاوة مهندس دولة ولا أنسى أيضا أن
أشكر السيد: المدير العام للمعهد التقني لتطوير الزراعة الصحراوية . السيد:
فواز بن جدو الذي قدم لي الدعم المعنوي والأستاذ المتميز الدكتور: سمير
مرداسي الذي اعتبره قدوة لي في حياتي على توجيحاته وإنارته لطريقي
العلمي و العملي وكل من ساهم من قريب أو من بعيد من أصدقائي .

Liste des tableaux		
N°	Le titre	P
01	Superficie affectée par la salinité dans le monde	04
02	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique...	07
03	Classification de SAR	08
04	Classification des sols salin	09
05	Classification des eaux d'irrigation proposée par l'USDA	15
06	Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol	16
07a	Les classes issues du diagramme de Riverside	17
07b	Interprétation des classes du diagramme de RIVERSIDE selon Duran, (1983	18
08	Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018 (ONM)	31
09	Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM)	32
10	Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM)	32
11	l'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM)	33
12	La somme de l'insolation réelle mensuelle moyenne de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM)	33
13	L'évolution des superficies irriguées 2010/2018 (Source ; DSA Biskra, 2018	38
14	La répartition des superficies irriguées par système d'irrigation (Source ; DSA Biskra 2018)	39
15	table attributs des valeurs de CE et PH Ain ben Naoui	51
16	table attributs des valeurs de CE et PH Annexe Loutaya	52
17	table attributs des valeurs de CE et PH Annexe Feliache	52
18	statistique des donnes sol (Ain Ben Naoui)	54
19	statistique des donnes sols (annexe Loutaya)	56
20	statistique des donnes sols (annexe Feliache)	58

Liste des figures		
N°	Le titre	P
01	Diagramme de RIVERSIDE selon Richards	17
02	Le diagramme de Wilcox	19
03	Décomposition de l'environnement en couches d'information	20
04	Les types de données géographiques dans un SIG	21
05	Relation entre les données géographiques et attributives dans un SIG	22
06	Cartes de la salinité du sol la Ghross .Biskra	22
07	la carte des cultures de la zone de Loutaya	23
07a	Salinité spatio-temporelle 2006-2007 (Ain Ben Naoui, Biskra)	23
07b	interface de QGIS	24
08	IDW Interpolation	27
09	Carte de la situation géographique de la wilaya de BISKRA	29
10	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018 (ONM)	34
11	Localisation de la région de Biskra sur le climagramme	35
12	Schéma représentatif de l'évolution de la superficie irriguée de la Wilaya de Biskra du 2010 au 2018	38
13	La répartition des SAI par système d'irrigation (DSA Biskra, 2018)	39

14	La répartition de la consommation en l'eau par secteur dans la wilaya de Biskra (DRE Biskra 2016	40
15	situation géographique les annexe (image satellitaire)	43
16	situation géographique Annexe Ain Ben Naoui	43
17	situation géographique Annexe Loutaya	44
18	situation géographique Annexe Feliache	44
19	Plant de travaux	48
20	points d'échantillonnages l'Annexe Ain Ben Naoui Biskra	49
21	points d'échantillonnages Annexe Loutaya Biskra	50
22	points d'échantillonnage Annexe Feliache Biskra	50
23	Logiciel QGIS	53
24	l'exécuter de l'interpolation IDW	53
25	la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Ain Ben Naoui	54
26	la carte les valeurs PH	55
27	la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Annexe loutaya	56
28	la carte les valeurs PH Annexe Loutaya	57
29	la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Annexe de Feliache	58
30	la carte les valeurs PH. Annexe de Feliache	59
31	Réseaux de drainage de palmier datte	61

Liste des Photos		
N°	Le titre	P
01	Eau d'irrigation FDPS Biskra	12
02	la tarière et le prélèvement de sol	45
03	PH mètre	46
04	Conductivimètre	47
05	Canal de drainage pour la zone d'expérimentation	62

Liste d'abréviation	
ITDAS	Institut Technique de Développement de L'agronomie Saharienne
FDPS	Ferme de Démonstration et de la Production de Semence
DRE	Direction des Ressources en Eau
ONM	Office National du Météo
FAO	Food and Agricultrale Organisation
AEP	Alimentation en Eau Potable
CE 1/5	Conductivité électrique de l'extrait 1/5 des sols
SIG	Système d'informations géographiques
PH 1 /2.5	PH de extrait 1/2.5 des sols
IDW	Pondération par l'Inverse de la Distance
TIN	Interpolation triangulaire
GPS	Globale position System

Sommaire

Remerciements

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des Photos

Liste d'abréviation

Introduction générales

Chapitre I :la salinité et l'irrigation	P
I.1 Définition.	03
I.1.1 Salinité.	03
I.1.2 Salinisation.	03
I. 2 Répartition des sols salés dans le monde et dans l'Algérie.	03
I.2.1 Salinité dans le monde.	03
I.2.2 Salinité en Algérie.	04
I.3 Type de la salinisation.	05
I.3.1 Salinisation primaire ou naturelle	05
I.3.2 Salinisation secondaire	05
I.4 Paramètres de caractérisation des sols salés	06
I.5 Classification des sols salés	08
I.6 Effets de la salinité sur les sols et sur les végétaux	09
I.6.1 Effets de la salinité sur les propriétés microbiologique, physiques et chimiques du sol.	09
I.6.1.1 Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol	09
I.6.1.2 Effet sur les propriétés chimiques	09
I.6.1.3 Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol	10
I.6.2 Effets de la salinité sur les végétaux	10
I.7 L'irrigation dans les zones arides	10
I.7.1 L'agriculture saharienne	11
I.7.2 L'irrigation en zones arides	11
I.8 L'irrigation par les eaux souterraines et leur conséquence sur le sol	12
I.9 La qualité des eaux utilisées en irrigation	14
I.9.1 Les critères qu'il faut tenir en compte pour choisir une eau d'irrigation	14
I.9.2 Les grandeurs d'évaluation pour la qualité d'eau d'irrigation	15
I.9.2. 1 La salinité	15
I.9.2.2 Le sodium	15
I.9. 3 Classification des eaux d'irrigation	16
I.9.3.1 Le Diagramme de Richards	16
I.9.3.2 Diagramme de Wilcox	19

Chapitre II : SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole	20
II .1 Définition du SIG	20
II .1.1 Types de données	21
II .1.2 Données géographiques	21
II .1.3 Les données vectorielles	21
II .1.4 Les données raster	21
II .1.5 Le SIG et le télédétection dans notre région	22
II .2 Présentation de QGIS	24
II .2.1 Analyse Spatiale (Interpolation)	26
II .2.2 Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW)	27
II .2.3 Interpolation triangulaire (TIN).	28

Chapitre III :Etude de la région	29
III .1 Présentation de la wilaya de Biskra	29
III .2 Situation géographique et administrative.	30
III .3 Relief	30
III .3.1 Les montagnes.	30
III .3.2 Les plateaux.	30
III .3.3 Les plaines	30
III .3.4 Les dépressions	31
III .3.5 Le sol	31
III .4 Climatologie	31
III .4.1 La pluviométrie	31
III .4.2 La température	32
III .4.3 Le vent	32
III .4.4 Humidité relative	33
III .4.5 Insolation	33
III .5 Synthèse Climatique	33
III .5 .1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen	33
III .5 .2 Climagramme D'emberger	34
III .6 Les ressources en eaux	35
III .6 .1 Barrages de Fontaine des gazelle ;	36
III .6 .2 Barrage de Foug El Gharza ;	36
III .6 3 Eaux souterraines	36
III .6 3.1 Nappes des sables :	36
III .6 3.1.1 Mio- plio- quartenaire	36
III .6 3.1.2 Pontien	36
III .6 3.2 Nappes des calcaires :	36
III .6 .3.2.1 Nappe d'Eocène inférieur :	36
III .6 .3.2.2 Nappe de sénonien	37
III .6 3.2.3 Nappe du maestrichtien et turonien	37
III .6 .3.2.4 Nappe albienne et barrémienne (Continental intercalaire)	37
III .6.4 Qualité des eaux destinées à l'irrigation	37
III .6.4.1 Données générales sur le secteur d'irrigation de la wilaya	38
III .6.4.1.1 Évolution des superficies irriguées 2010/2018 (la plus récente)	38
III .6.4.1.2 La répartition des superficies irriguées par système d'irrigation	39

Chapitre IV.....Application pour la cartographie de la salinité de sol	42
IV.1 Introduction	42
IV. 1.1 La zone d'étude	42
IV. 2 Méthode et matériel	45
IV. 2.1 Choix des sites et l'échantillonnage	45
IV. 2.2 Choix des sites :	45
IV.2.3 Echantillonnage	45
IV.2.4 Eau d'irrigation	45
IV.3 Laboratoire	46
IV.3.1 PH (potentiel d'hydrogène)(1/2.5)	46
IV.3.2 Connectivité électrique (1/5)	47
IV. 4 Méthode de travail	48
IV. 4 .1 points d'échantillonnages	49
IV. 4 .2 Analyse et résultats	51
IV. 4 .3 Logiciel QGIS et l'Outil de traitement des données	53
IV. 4 .4 Cartes et l'interprétation	54
IV. 4 .4.1 Cartes de FDPS Ain Ben Naoui	54
IV. 4 .4.2 Cartes Annexe Loutaya	56
IV. 4 .4.3 Cartes Annexe Feliache	58
IV. 5 Solution et Recommandation	60
Conclusion Générale	63
Références bibliographiques	64

ملخص

أُتاحت دراسة مزرعة عين بن النوي وملحقاتها لوطاية وفلياش التابعة للمعهد التقني لتطوير الزراعة الصحراوية ببسكرة. مع نظم المعلومات الجغرافية (SIG) إنشاء خرائط لملوحة التربة. يمكن استخدام رسم الخرائط هذه كأداة مساعدة لاتخاذ القرار من أجل إدارة المزرعة بشكل أفضل وتحديد المناطق المالحة ومتابعة تطور هذه الملوحة للقيام بذلك، سنأخذ عينات من المناطق المروية بشكل عشوائي على عمق 30 سم. ثم يتم تحليل التربة في مخبر بالمعهد التقني (ITDAS). لإنشاء خرائط مكانية للملوحة CE، ودرجة الحموضة PH للتربة. يتيح التعيين إمكانية تمييز المناطق الأقل تقييداً عن المناطق الأكثر تقييداً. تظهر لنا النتائج التحليلية أن التربة تحتوي على اختلافات قوية بين قيم CE وأن هناك عدم تجانس في توزيعها في هذه المزارع وبالتالي بفضل الخريطة التي يتم الرجوع إليها جغرافياً باستعمال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، يمكنك بدقة استهداف المساحات المراد معالجتها.

كلمات مفتاحية : ملوحة التربة، الخريطة، مزرعة البرهنة وإنتاج البذور، SIG، CE.

Abstract :

The study of the Ain Ben Naoui farm and its Loutaya and Feliach annexes of the Technical Institute for the Development of Saharan Agronomy (ITDAS) in Biskra. With Geographic Information Systems (GIS), create maps of soil salinity. This cartography can be used as a decision-making aid to better manage the exploitation, and delimit the salinity zones and follow the evolution of this salinity.

To do this, we will take samples from the irrigated places randomly at a depth of 30 cm.

The soils are then analyzed in the laboratory of the Technical Institute (ITDAS)

Create spatial maps of soil salinity (CE) and (pH). Mapping makes it possible to distinguish the less restricted areas from those, which are more so. The analytical results show us that the soil contains strong differences between the values of (CE) and that there is heterogeneity in their distribution in these farms and therefore the geo referenced map, thanks to GPS, you can precisely target the areas treat .

Keywords : GIS, Map, soil salinity, EC , Demonstration farm and seed production.

Résumé

L'étude de la Ferme Ain Ben Naoui et de ses Annexes Loutaya et Feliache de l'institut technique développement d'agronomie saharienne (ITDAS) à Biskra. Avec les systèmes d'information géographique (SIG), créez des cartes de la salinité des sols. Cette cartographie peut servir d'aide à la décision pour mieux gérer l'exploitation, et délimitez les zones de salinité et suivre l'évolution de cette salinité. Pour ce faire, , prélèverons des échantillons des lieux irrigués de manière aléatoire a profondeur 30 cm . Les sols sont ensuite analysés au laboratoire de l'institut (ITDAS).Cree des cartes spatiales de la ce salinité(CE) et du (pH) du sol. La cartographie permet de distinguer les zones moins restreintes de celles qui le sont plus. Les résultats analytiques nous montrent que le sol contient de fortes différences entre les valeurs de (CE) et qu'il y a une hétérogénéité dans leur répartition dans ces exploitations et donc la carte géo référencée, grâce au GPS, vous pouvez cibler précisément les zones à traiter.

Mots clés : SIG , Carte , salinité de sol , CE , Ferme démonstration et production de semences.

Introduction générale

La salinité des sols est considérée comme un phénomène qui menace les terres agricoles de notre région en particulier et des régions semi-arides et désertiques en général pour de nombreuses raisons, notamment :

- Irrigation avec des eaux souterraines salines, car l'agriculture dans ces régions dépend dans une large mesure des eaux souterraines.
- Utilisation excessive d'engrais chimiques.
- Remontée des nappes phréatiques.
- Le taux élevé de température dans cette zone désertique, qui augmente le taux d'évaporation de l'eau du sol, laissant les sels se déposer dans le sol.
- Irrigation irrationnelle des agriculteurs et mauvaise gestion des systèmes d'irrigation et de drainage agricoles

La gravité de ce phénomène conduira à la dégradation des terres arables, ce qui entraîne un stress sur les cultures et une diminution de leur rendement productif avec le coût de production élevé.

Par conséquent, des plans et des stratégies doivent être élaborés

- Surveiller la distribution des sels dans le sol
- Délimitez les zones salées.
- Suivre l'évolution de cette salinité

Afin de réduire le risque de salinisation des sols dans les zones irriguées, l'une de ces méthodes est l'utilisation de techniques efficaces, notamment les systèmes d'information géographique et la télédétection.

C'est l'objet de notre étude, nous réalisons une cartographie de la salinité des sols au Ferme de démonstration et production de semences d'Ain Ben Naoui (Biskra) et ses Annexes à Loutaya et Feliache de L'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs chapitres ont été abordés :

La première partie synthèse bibliographique se compose de trois chapitres :

Chapitre I: la salinité et l'irrigation

Chapitre II: SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

Chapitre III : Etude de la région

La deuxième partie expérimentale s'articule sur un chapitre :

Chapitre IV : Application pour la cartographie de la salinité de sol et présente la solution et recommandation.

LA PREMIERE PARTIE
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Les terres émergées représentent 13,5 milliard d'ha. Mais, quand on a retiré les déserts, Les hautes montagnes, l'Antarctique, le Groenland, il reste 3 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total ; c'est seulement 50 fois la France [NAHON, 2008]. Et, la moitié de ces 3 Milliards d'ha cultivables sont déjà cultivés. Comme on prévoit à court terme le doublement Des populations humaines, il est plus que temps de se préoccuper de la sauvegarde du capital Sol. Or, ce capital est inextensible et menacé. (LEGOS ,2009)

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand Problème pour l'agriculture. La surface affectée par la salinité dans le monde est évalué à 954,8 millions d'hectares, soit 23 % des terres cultivées (FAO, 2008).

Tableau 01 : 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

C'est un processus lié à la pédogenèse, en autre terme à l'altération des roches salifères qui libèrent des sels sous l'effet de différents facteurs géologiques, géomorphologiques et climatiques (GAUCHER et BRUDIN, 1974 *in* MISSAOUI, 1991).

Les sels solubles peuvent provenir :

Soit le matériau géologique, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes).

Soit par l'eau de mer est, bien entendu, une source principale de sel en milieu côtier.

La salinisation peut alors être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou encore due à la présence de lentilles d'eau sur salées lorsque les zones basses sont isolées de la mer par un colmatage alluvial (salinisation lagunaire) ;

Soit **une nappe phréatique**, d'origine continentale et salée par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire (IRD ,2008).

1.3.2 Salinisation secondaire

Dans ce cas le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique. Par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée. Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphie SANDA (ABBANI B, et ABDE-LALI Y, 2005).

La salinisation d'origine secondaire induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (MERMOUD, 2006). C'est un processus d'enrichissement

d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin L'irrigation altère le bilan hydrique du sol, en générant un apport d'eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à un apport de sels.

En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et, si la La quantité de sel apportée par cette eau peut sembler insignifiante, et les quantités d'eau fournies

Au fil du temps, cela conduit au dépôt de sels cumulatifs dans le sol, ce qui peut s'avérer Considérable. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début 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 saline (IPTRID,2006).

Donc La salinisation d'origine secondaire est induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées. Les principales causes de la salinisation Secondaire (GAUCHER et BRUDIN, 1974 *in* MISSAOUI, 1991)

I.4 Paramètres de caractérisation des sols salés

Le diagnostique 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 permettrons d'apprécier le degré et la charge saline ainsi que le faciès chimique des sels et le taux de sodium échangeable. La mesure de la conductivité électrique et du pH nous permettrons d'estimé la salinité globale dans le sol (HADDAD et ABBES, 2015).

- 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 02).

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).

Tableau 02 : Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009)

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

- **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 (pHeau) ou dans l'eau plus de chlorure de potassium (pH kcl) dans laquelle on mesure la concentration en ions H⁺ et OH⁻ à l'état 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).

- **ESP (Taux de sodium échangeable) :**

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

ESP = Na⁺ / Quantité totale des cations absorbées

- **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).

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 :

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

Les cations sont exprimés en mol.L-1.

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

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

Tableau 03 : Classification de SAR (SERVANT et al. 1966 in BENZAHY 1994)

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

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) :

Tableau 04 : Classification des sols salin

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

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)

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'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par voie de conséquence :

- 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).

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).

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).

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).

I.7 l'irrigation dans les zones arides

Agriculture en zone aride ou « l'agriculture » L'agriculture en zone aride est une spéculation liée aux conditions écologiques (climatiques et édaphiques) de la zone aride, cette activité comme ailleurs, a des impacts sur les ressources naturelles de la région, ressources connues comme fragiles y compris la composante eau souterraines qui constitue un facteur limitant à l'existence ou à la durabilité de l'agriculture en zones arides. On estime à l'heure actuelle qu'environ 40% des terres émergées de la planète sont arides, soit 5,2 milliards d'hectares, sur les quelles vivent plus de 2 milliards de personnes. L'Afrique contient 37% de zones arides. En Algérie, ces dernières représentent près de 95% du territoire national, dont 80% dans le domaine hyper aride. (Halitim, 2011). Au fil du temps, les sociétés humaines, dans les régions arides, ont développé des systèmes qui leur permettent de vivre, de s'établir et de développer une économie orientée vers la valorisation du patrimoine local tout en préservant l'agro-écosystème à travers « le modèle oasien ».

I.7.1 L'agriculture saharienne

L'agriculture saharienne est caractérisée par un système oasien, basé essentiellement sur la culture du palmier dattier. Les autres spéculations étaient pratiquées à des fins d'autoconsommation et de quelques échanges commerciaux au niveau des marchés locaux. Pendant les vingt dernières années, un vaste processus de transformation et de réformes structurelles a permis de faire émerger des expériences et des pratiques nouvelles, ainsi qu'un certain nombre de stratégies économiques et sociales. L'Etat est considéré depuis quelques années un véritable vecteur du processus de modernisation de l'agriculture des zones arides et semi-arides du Sud algérien, soutenant techniquement les exploitations du secteur privé, les producteurs de l'agriculture de rente ainsi que les offices de mise en valeur. L'avènement de la mise en œuvre de la loi relative à l'Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) en 1983, a permis un accroissement substantiel de la base matérielle de production et l'apparition de nouveaux systèmes reposant sur des techniques performantes en l'occurrence la plasticulture orientée essentiellement vers la commercialisation. Dans ce contexte, les activités de recherche et de développement relatives au maraichage ont été définies, aussi bien pour les cultures sous serre que celles de plein champ (ITDAS, 2013 cité par Laib, 2014)

I.7.2 L'irrigation en zones arides

L'irrigation consiste à fournir de l'eau aux cultures par des moyens industriels pour permettre la culture dans les zones sèches et à compenser les effets de la sécheresse pour assurer la dynamique agricole et assurer la stabilité de la production.

Et qu'à travers le développement des nappes phréatiques, il peut être dans certaines régions un aspect important du développement de l'agriculture à petite échelle, il est rare que l'eau souterraine soit une ressource renouvelable dans les terres arides. La nouvelle dynamique installée dans les zones sahariennes et notamment dans la région de Biskra consiste au reconversion des systèmes d'irrigation traditionnelle consommatrice d'eau par des systèmes économiseurs d'eau telle que l'aspersion et l'irrigation localisée aussi bien pour la filière phoeniculture ainsi que les autres cultures conduites en intensif y compris la plasticulture et la céréaliculture. Car ces zones nécessitent une rénovation de leur technique d'irrigation sachant que l'agriculture pluviale est quasi impossible.



Photo 01 : Eau d'irrigation FDPS Biskra

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 (États-Unis), l'Asie du Sud et de la Chine et plus récemment en Afrique du Nord (Amichi *et al.*, 2012).

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 collectifs 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).

Lors de la conférence mondiale sur la gestion des ressources en eau souterraines organisée par l'AFIID en 2011, des chiffres clés ont été présentés sur l'utilisation des eaux souterraines en irrigation (Margat, 2011) :

- Les prélèvements globaux d'eau souterraine utilisée pour l'irrigation doivent approcher à présent 900 km³ an-1 dont la moitié en Asie, surtout en Inde (plus de 200 km³ an-1, record mondial), puis en Chine et au Bangladesh.
- Ces prélèvements ont été fortement croissants au cours des 50 dernières années. Estimés à 100 à 150 km³ an-1 en 1950, ils ont depuis augmenté de 3 fois. Tandis qu'aux États Unis, ils ont presque triplé de 1950 à 1975 (passant de 28 à 80 km³ an-1), puis se sont stabilisés et ont légèrement décru (74 km³ an-1 en 2005), leur croissance s'est accélérée en Asie, surtout en Inde, depuis 1970.
- Ils forment au moins 75 % des quantités d'eau souterraine prélevées dans le monde et près de 25 % des quantités d'eau totales consacrées à l'irrigation.

Sur un total mondial de 301 millions d'ha irrigués, 113 millions sont irrigués par les eaux souterraines, dont 80 millions en Asie (FAOSTAT, 2010). L'irrigation, en général, peut

engendrer des dégradations importantes de la qualité des sols surtout dans les zones semi-arides, voire aride (Abdenmour *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).

L'extension de la salinité des sols irrigués est estimée entre 0,25 à 0,5 million ha par an (Marlet *et al.*, 2005). Aussi bien la quantité d'eau disponible que sa qualité affecte fondamentalement le sol et les cultures. 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).

1.9 Qualité des eaux utilisées en irrigation

1.9.1 Les critères qu'il faut tenir en compte pour choisir une eau d'irrigation

Le choix d'une source d'eau pour assurer les besoin 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.

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 (Bradai *et al.*, 2012).

I.9.2 Grandeurs d'évaluation pour la qualité d'eau d'irrigation**I.9.2 1 Salinité**

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

Tableau 05 : Classification des eaux d'irrigation proposée par l'USDA.

Nomination	Classe	Interprétations
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

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

Tableau 06 : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol.

Nom de la class	Classe	Interprétation
CLASSE S1	$0 < SAR \leq 10$ 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	$10 < SAR \leq 18$ 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	$18 < SAR \leq 26$ 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 exigent la mise en oeuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'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.

I.9.3 Classification des eaux d'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.

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

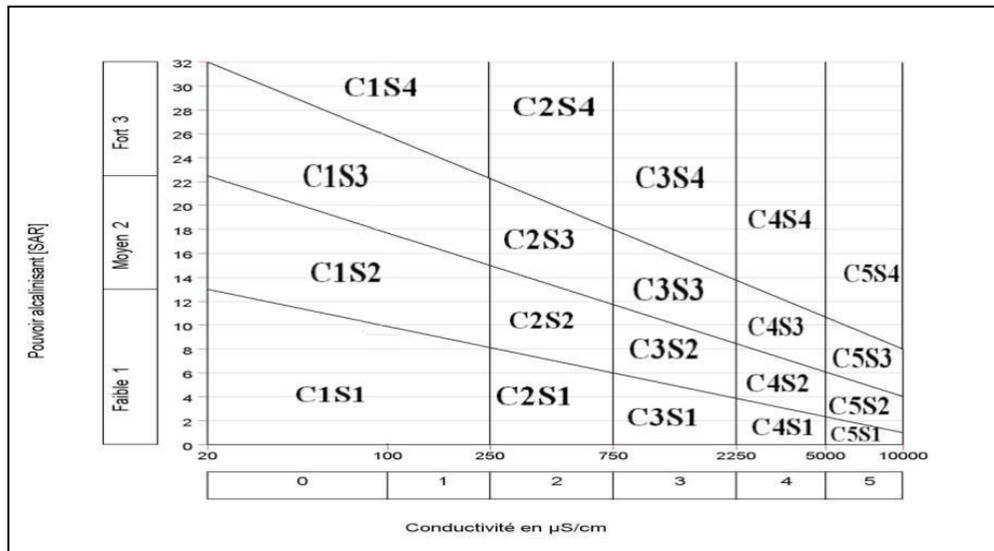


Figure 01 : Diagramme de RIVERSIDE selon Richards

Tableau 7a : Les classes issues du diagramme de Riverside.

CE SAR	Classe CE ($\mu\text{S/cm}$)				
	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

Tableau 7b : Interprétation des classes du diagramme de RIVERSIDE selon Durant, (1983).

	interprétation
	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles.
	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles
	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
	Eau de qualité très mauvaise utilisée que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes avec nécessité de doses de lessivages et/ou apport de gypse.
	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
	Eau déconseillée pour l'irrigation.

Source : (Bradai et al., 2008)

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.

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):

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

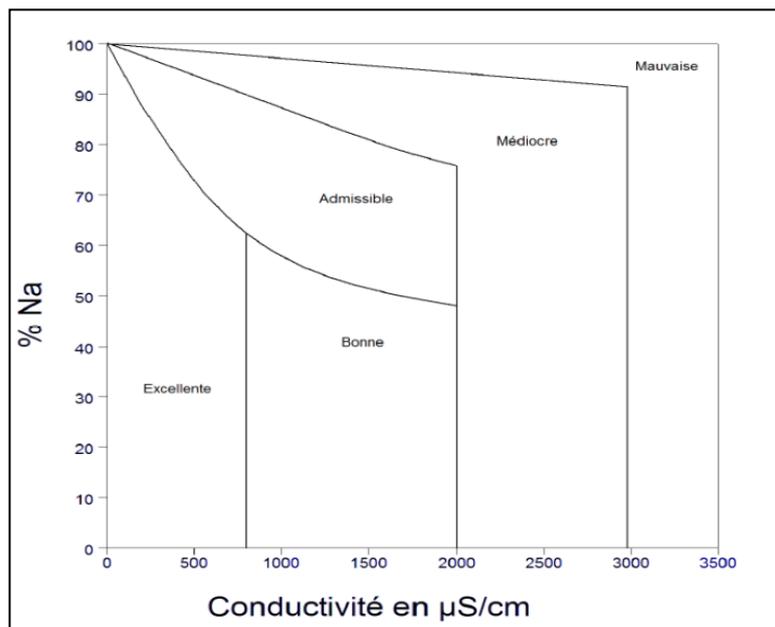


Figure 02 : Le diagramme de Wilcox .

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

Chapitre II : SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

II .1 Définition du SIG :

S.I.G : Rassembler au sein d'un outil informatique des données diverses, localisées dans le même espace géographiques, relatives à la Terre et à l'homme, à leurs interactions et à leurs évolutions respectives. La finalité d'un S.I.G est l'aide à la décision. Un Système d'Information Géographique est une application informatique composée du matériel informatique, du logiciel, des données, d'un administrateur de la base de données et d'une application thématique. (<https://sites.google.com/site/pastoraldz/cartographie-gps/cours-sig/les-sig-quelques-definitions>).

Il permet de saisir et modifier, d'enregistrer et réorganiser, d'analyser ainsi que de présenter de façon alphanumérique et graphique des données géographiques localisées dans l'espace.

Le choix des différentes couches d'information dépend de l'utilisation envisagée du SIG et des données disponibles. Ainsi, lors de la conception d'un SIG relatif aux effets sur l'environnement de la présence de réfugiés, les variables suivantes sont essentielles

- Climat

- Géologie
- Topographie
- Sols
- Hydrographie
- Végétation et utilisation du sol
- Localisation des population (locale et réfugiés)
- Localisation des services publics
- Subdivision administrative
- Zones protégées et plans d'utilisation des sols
- Réseau routier

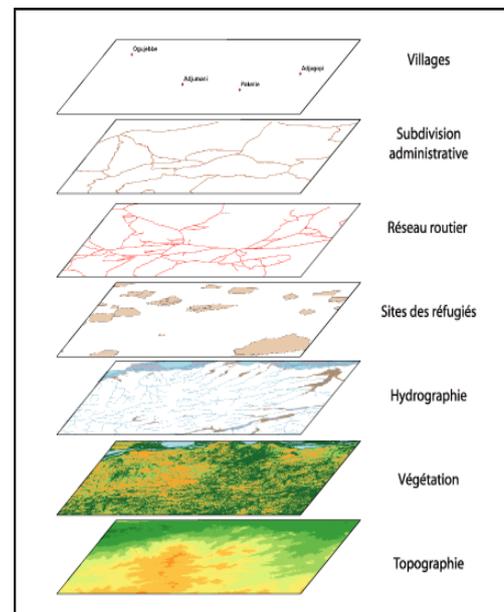


Figure 03 : Décomposition de l'environnement en couches d'information

II .1.1 Types de données

II .1.2 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 :

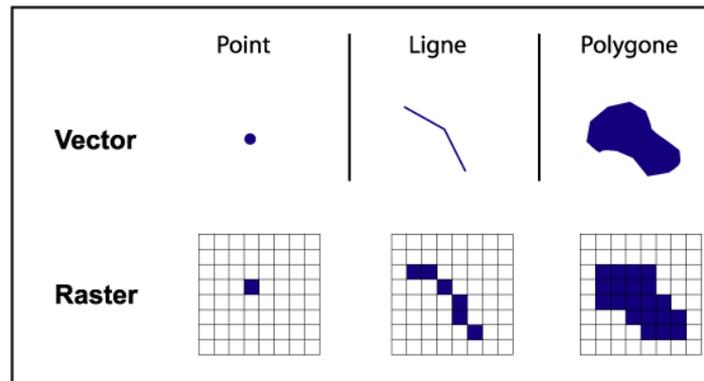


Figure 04 : Les types de données géographiques dans un SIG

II .1.3 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

II .1.4 Les données raster

Les données raster ont comme élément essentiel le pixel (picture element). 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.

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

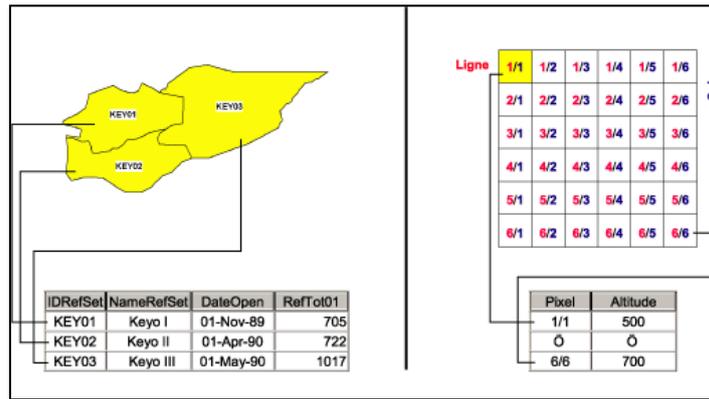


Figure 05 : Relation entre les données géographiques et attributives dans un SIG

II .1.5 Le SIG et le télédétection dans notre région.

On peut dire que le SIG est important dans le développement du domaine agricole, pour suivre la qualité du sol et prédire les résultats. On peut aussi donner des exemples d'études et de recherches dans le domaine agricole et sol par les SIG et de la télédétection dans notre région. Comme :

- Thèse de Doctorat : Variabilité spatio-temporelle de la salinisation des sols du périmètre irrigué du Ziban (Biskra) – Apport de la géostatistique et de la télédétection Présentée Par **Abed Ennour Mohamed Amine** ,(Figure 06).

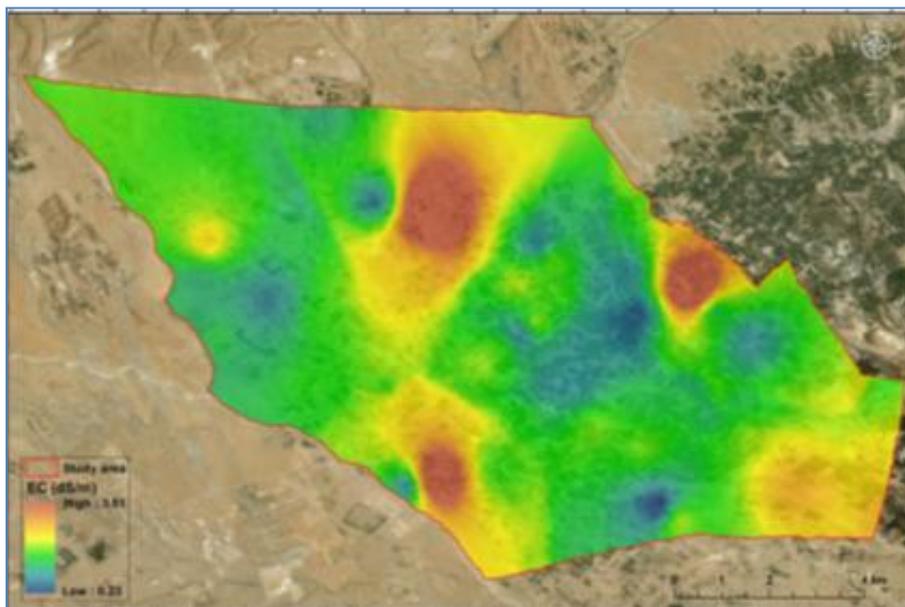


Figure 06 : Cartes de la salinité du sol la Ghross .Biskra

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

- Thèse de Doctorat : La modélisation de la gestion d'irrigation dans la région de Biskra. en utilisant le traitement des images satellitaires (la télédétection) présenter par **Samir Mardaci**,(Figure 07).

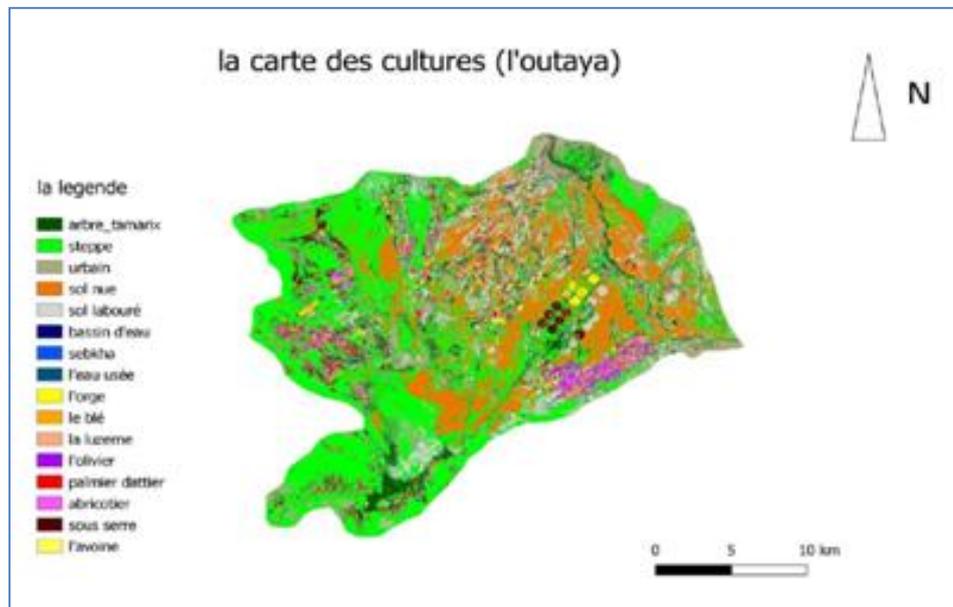


Figure 07 : la carte des cultures de la zone de Loutaya. Biskra

-Etude de M : Dekhinat Said : Laboratoire LAPAPEZA, Université de Batna, Algérie
et Sahli Mohammed : ENS de Constantine, Algérie

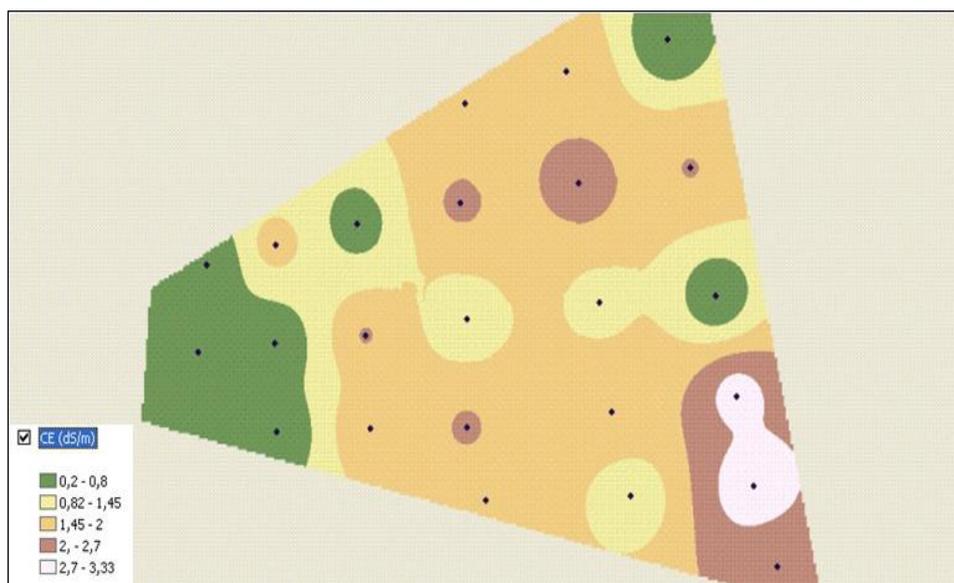


Figure 7a : Salinité spatio-temporelle 2006-2007 (Ain Benoui, Biskra)
(Source : https://www.esrifrance.fr/sig2009/sid_dek.htm)

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

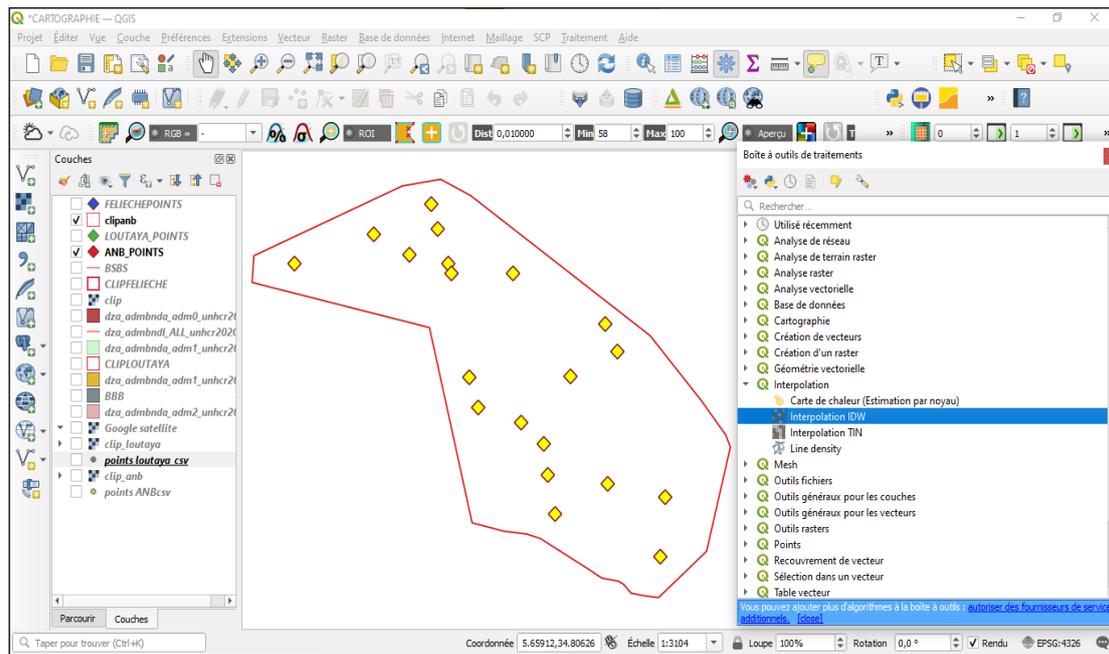


Figure 07b : interface de QGIS

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

II .2 Présentation de QGIS

QGIS est avant tout un logiciel de type Système d'Information Géographique (SIG).

Le voici présenté de manière synthétique :

- Logiciel Open Source , c'est -à-dire :
- Gratuit
- Libre

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

- 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

« ArcGIS »(<https://www.arcgis.com/features/>) de la firme ESRI

- Multi plate-formes : compatible avec les systèmes d'exploitation Linux, Mac OS X, Android 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 Geospatial »

(En: « The Open Source Geospatial Foundation ») (OSGeo)

Site web: <http://www.osgeo.org/> OSGeo est une association sans but lucratif créée le 27 février 2006 au Delaware (USA) OSGeo 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 » : Orfeo ToolBox (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
- Géotraitement :
- Géotraitements propres à QGIS dont l'édition de données géographiques (création, modification)
- Géotraitements intégrés à partir d'autres logiciels SIG Libre / Open

Source de référence (les « applications tierces » : GRASS, SAGA, OTB, GDAL OGR, etc).

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

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 géotraitement 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.

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.

Afin de générer une carte continue, par exemple une carte d'élévation numérique à partir de points d'altitude mesurés avec un appareil **GPS**, une méthode d'interpolation adaptée doit être utilisée pour estimer de manière optimale les valeurs à ces endroits où aucun des échantillons ou mesures ont été pris. 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)**. Si vous recherchez des méthodes d'interpolation supplémentaires, veuillez vous reporter à la section 'Pour aller plus loin' à la fin de cette rubrique.

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 que vous voulez créer

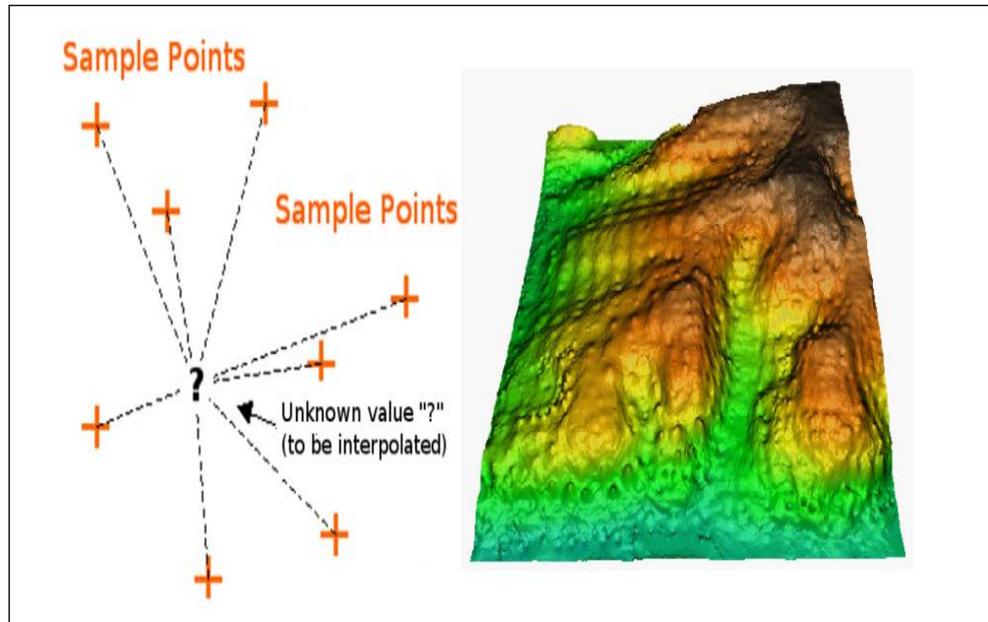


Figure 08 : IDW Interpolation

Interpolation par pondération inverse à la distance (PID) basée sur la distance pondérée d'un jeu de points (gauche). Surface interpolée par PID à partir de points d'élévation vecteur (droite).

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.

Il est important de noter que la méthode d'interpolation IDW a aussi des désavantages : la qualité du résultat d'interpolation peut diminuer si la distribution des points de données échantillon est irrégulière.

Chapitre II SIG comme outils d'aide à la décision dans le domaine agricole

De plus, les valeurs maximales et minimales dans la surface interpolée peuvent seulement se produire aux points de données échantillon. Il en résulte souvent des petits pics et creux autour des points de données échantillon .

En SIG, les résultats d'interpolation sont souvent montrés dans une couche raster en 2 dimensions.

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

III Etude de la région

III.1 Présentation de la wilaya de Biskra

La wilaya de Biskra est issue du découpage administratif de 1974 et elle englobe actuellement 12 daïras et 33 communes. La wilaya est située au centre-est de l'Algérie aux portes du Sahara. Le Chef lieu de la wilaya est située à 400 km au Sud-est de la capitale, Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 21 671 km² Après le découpage administratif de 26 novembre 2019 la surface est devenue a 10261km² et 27 communes

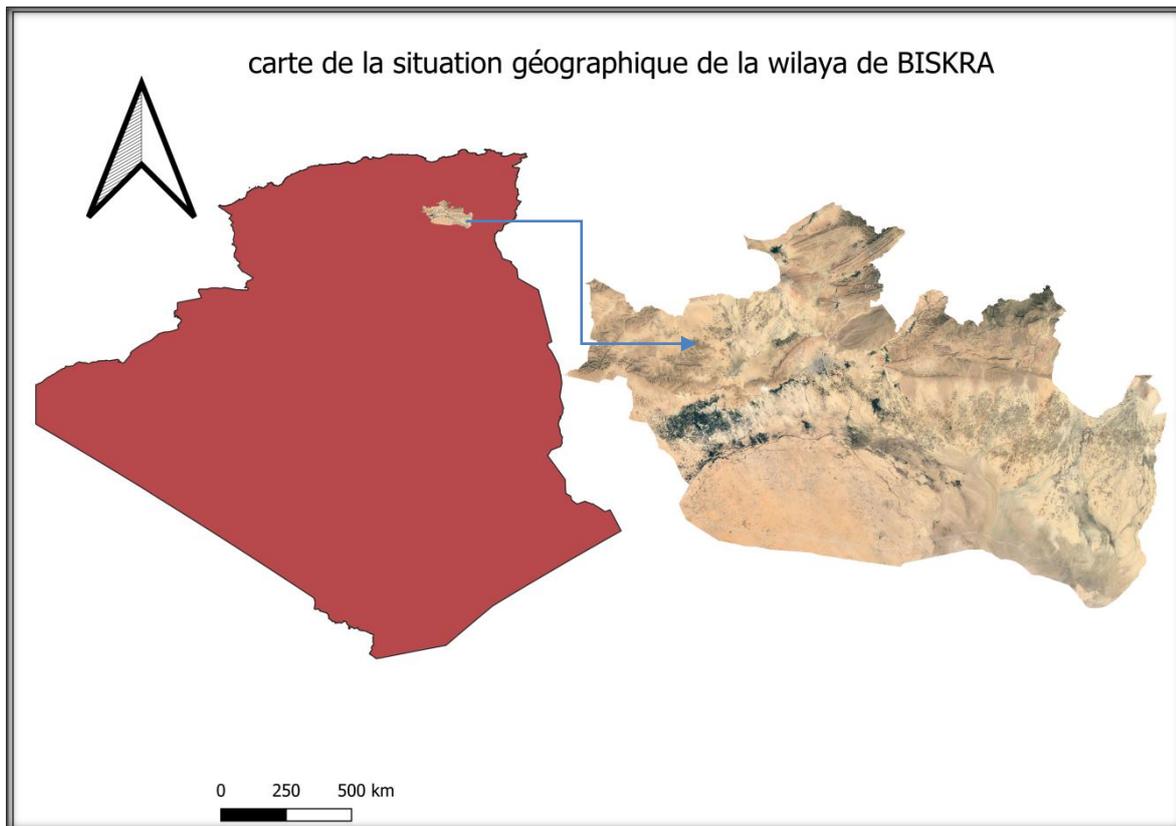


Figure 09 : Carte de la situation géographique de la wilaya de BISKRA (image satellitaire)

III .2 Situation géographique et administrative :

Biskra est la porte du désert au sud-est de l'Algérie, à une altitude de 112 m de la surface de la mer Méditerranée, ce qui en fait l'une des villes les plus basses d'Algérie. et La wilaya de BISKRA se situe dans une zone charnière entre le Tell et le Sahara, son chef

lieu se situe sur :

- la latitude : 34° 48 33 N
- la longitude : 5° 44 E
- l'altitude : 82 m (station météo de l'aéroport ONM)

La wilaya de BISKRA est limitée par les wilayas suivantes :

- Batna au Nord.
- M'Sila et Ouled djallale au Ouest.
- Khenchela et Batna au Nord- est.
- Ouled djallale et laMelghir et El Oued au Sud.

III .3 Relief

La wilaya de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud. Le relief de la wilaya de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géomorphologiques (Anonyme, 2003 cité par Boucetta, 2018).

III .3.1 Les montagnes

Situées au Nord de la wilaya, elles sont généralement dénudées de toute végétation naturelle. au Nord se découpent plusieurs chaînes atlasiques, dont l'altitude maximale peut aller jusqu' à 1500 m et dont la moyenne est de l'ordre de 300 m (Boucetta, 2018)

III .3.2 Les plateaux

Localisés en grande partie à l'Ouest de la wilaya, ils s'étendent sur une superficie de 1210848 hectares (soit 56% de l'étendue de la wilaya). La végétation des plateaux maigre constitue des sites privilégiés de parcours.

III .3.3 Les plaines

Occupant la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des Daïra de Loutaya et SidiOkba,

III .3.4 Les dépressions

Situées au Sud-Est de la wilaya, elles constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au-dessous de celui de la mer.

III .3.5 Le sol

L'étude morpho analytique des sols de la région de Biskra montre l'existence de plusieurs types de sols. D'après des études pédologiques réalisées par (Khachai 2001 cité par Boucetta 2018), les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes:

- La région du Sud, sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- La région Est, sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles
- . La région Nord (ou zones de montagne) sont le siège de la formation des sols peu-évolués et peu fertiles.
- Enfin, la plaine située au Nord-Ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques sont irrigués par les eaux fortement minéralisées qui constituent le caractère de la pédogénèse de cette région.

III .4 Climatologie

Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température (Ozenda, 1991). Nous notons par ailleurs, que les données utilisées pour caractériser l'état climatique de notre région d'étude émanent de l'ONM (Office National de Météorologie) de la station sise à l'aéroport de Biskra.

III .4.1 La pluviométrie

La pluie est parmi les facteurs les plus importants en raison de l'influence bénéfique ou néfaste qu'elle exerce sur l'agriculture. Dans la région, la pluviométrie est insignifiante, en plus des faibles quantités de précipitations annuelles s'ajoute a une grande irrégularité dans la distribution. En effet, aucune agriculture n'est possible sans irrigation (Laib, 2014). Le régime des précipitations dans la région d'étude est consigné dans le tableau N°8.

Tableau 08 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018 (ONM)

moins	jan	fév	mars	avril	mai	juin	jul	Aout	sep	oct	nov	déc	Total
P(mm)	20.6	12.1	13.9	16.1	11.3	7.9	1.7	4.3	15.9	17.1	16	13.9	150.8

III .4.2 La température

La température est le second facteur après la précipitation qui conditionne le climat d'une région (Laib, 2014). La région de Biskra est caractérisée par des fortes températures pouvant atteindre une moyenne annuelle de 22,7 °C. Les mois les plus chauds durant la période (1989-2018) sont Juin, Juillet et Août présentant respectivement une moyenne mensuelle de 31.1°C, 34,4°C et 33.8°C. Les mois les plus froids sont le mois de Décembre avec 13 °C, le mois de Janvier avec 12°C et le mois de février avec 13,8 °C. A titre illustratif, le tableau N° 2 montre les températures moyennes mensuelles dans la zone de Biskra.

Tableau 09 :Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM)

moins	jan	fév	mars	avril	mai	juin	jul	Aout	sep	oct	nov	déc	Moy annuel
T max	17	19.1	23.2	26.8	32.4	37.5	40.8	40	34.7	29	22.2	17.9	28.4
T min	6.8	8.2	11.5	15.2	20	24.7	27.9	27.7	23.4	18.2	12	8.1	17
T moy	12	13.8	17.4	20.7	20.2	31.1	34.4	33.8	28.9	23.6	17.1	13	22.7

III .4.3 Le vent

C'est un phénomène continu au désert ou il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce à la particule sableuse qu'il transporte en contrepartie une sédimentation également importante qui se traduit par la formation des dunes (Ozenda.1983). ainsi qu'il est l'un des facteurs qui augmente l'évapotranspiration qui contribue à dessécher l'atmosphère. Les données sur la vitesse moyenne du vent pour la région d'étude au cours de la période 1989-2018 sont consignées dans le tableau suivant:

Tableau: 10 - Vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM).

moins	jan	fév	mars	avril	mai	juin	jul	Aout	sep	oct	nov	déc	Total
Vitesse vent (m/s)	4	4.6	4.9	5.5	5.2	4.6	4.0	3.7	3.9	3.8	4.0	3.7	4.3

III .4.4 Humidité relative

Les données caractérisant l'humidité relative de l'air de la région de Biskra au cours de la période allant de 1989 à 2018 sont reportées sur le (**tableau : 11**).

Tableau11 : l'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM).

Mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	Aout	sep	oct	nov	déc	Total
H(%)	56.7	49	43.9	39.2	33.6	29.5	26.4	30.6	40.1	47.7	53.6	59	42.3

III .4.5 Insolation

L'insolation est un facteur important dans la mesure où il influence directement le degré d'activité végétative des cultures. Etant donné la forte intensité de ce facteur dans la région, il peut fort bien favoriser l'installation des primeurs et procurer tout au moins quelques jours de précocité (khadraoui, 2007).

Dans le (**tableau :12**), nous avons présenté les données concernant l'insolation réelle moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018.

Tableau 12 : La somme de l'insolation réelle mensuelle moyenne de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018(ONM).

Mois	jan	fév	mar	avril	mai	juin	juil	Aou	se	oct	nov	déc	Mo
			s					t	p				y
INSO(h et 10h)	224.2	223.4	262.6	285.8	320.8	331.6	356.6	326.7	270	246.9	220.6	217.8	273.9

Le nombre moyen mensuelle d'heures d'insolation est de 273.9h, le phénomène est régulier passant d'un minimum en décembre de 217.8 heures à un maximum en Juillet de 356.6 heures.

III .5 Synthèse Climatique

La synthèse climatique consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le biais du diagramme ombrothermique de Gaussen ainsi que l'étage bioclimatique des régions d'étude grâce au climagramme pluviothermique d'Emberger.

III .5 .1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN met en évidence la notion des saisons humide et sèche. La (**figure : 10**) présente en abscisse les mois et en ordonnée les températures (T) et les précipitations (P) ayant une échelle double pour les premières tel que $P = 2 T$. GAUSSEN considère qu'il y'a une sécheresse lorsque les précipitations mensuelles exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés Celsius (Dajoz, 1971).

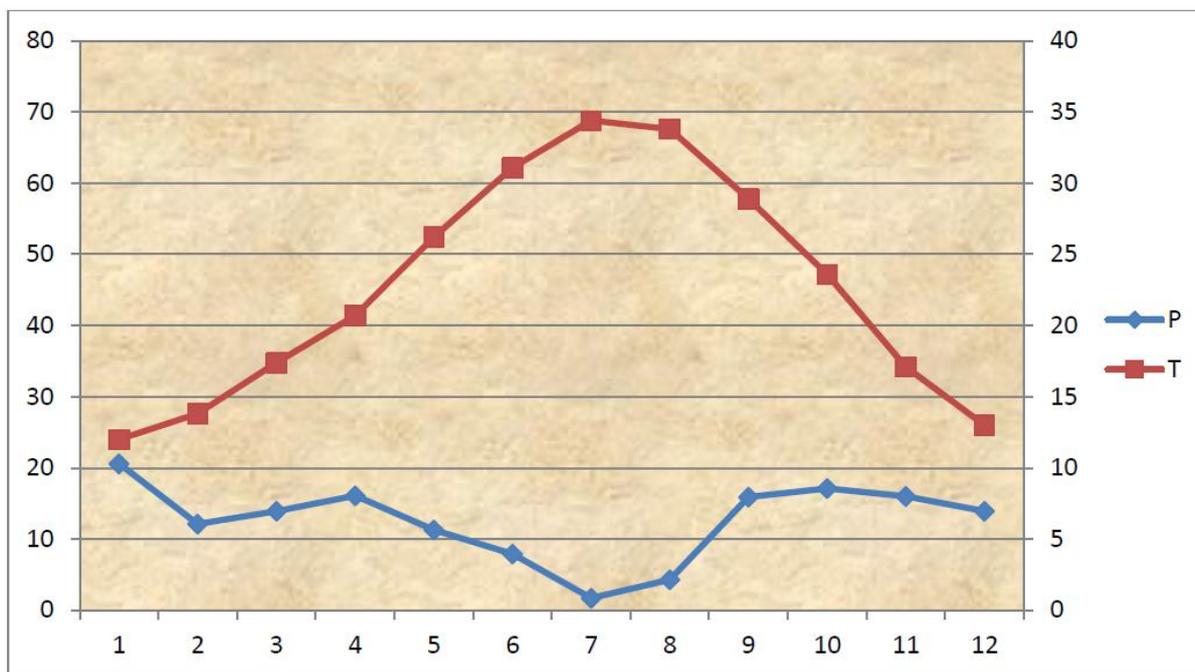


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Biskra durant la période 1989 – 2018 (ONM).

III .5 .2 Climagramme D'emberger

La formule du quotient pluviométrique d'Emberger et qui a été modifiée par STEWART (1969) et est comme suit:

$$Q2 = 3,43 (P/ M - m)$$

- **P** est les précipitations annuelles en mm.
- **M** est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.
- **m** est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

Pour une approche bioclimatique de la région de Biskra durant la période de 1989 à 2018, la valeur de ce quotient est de **15.21** où **P** est égal à **150.8** mm; **M** à **40,8** °C et **m** à **6.8** °C

En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger (**Figure 11**) nous trouvons que la région de Biskra se situe dans l'étage bioclimatique saharien et se caractérise par des précipitations faibles, de fortes températures, une grande luminosité et une évaporation intense.

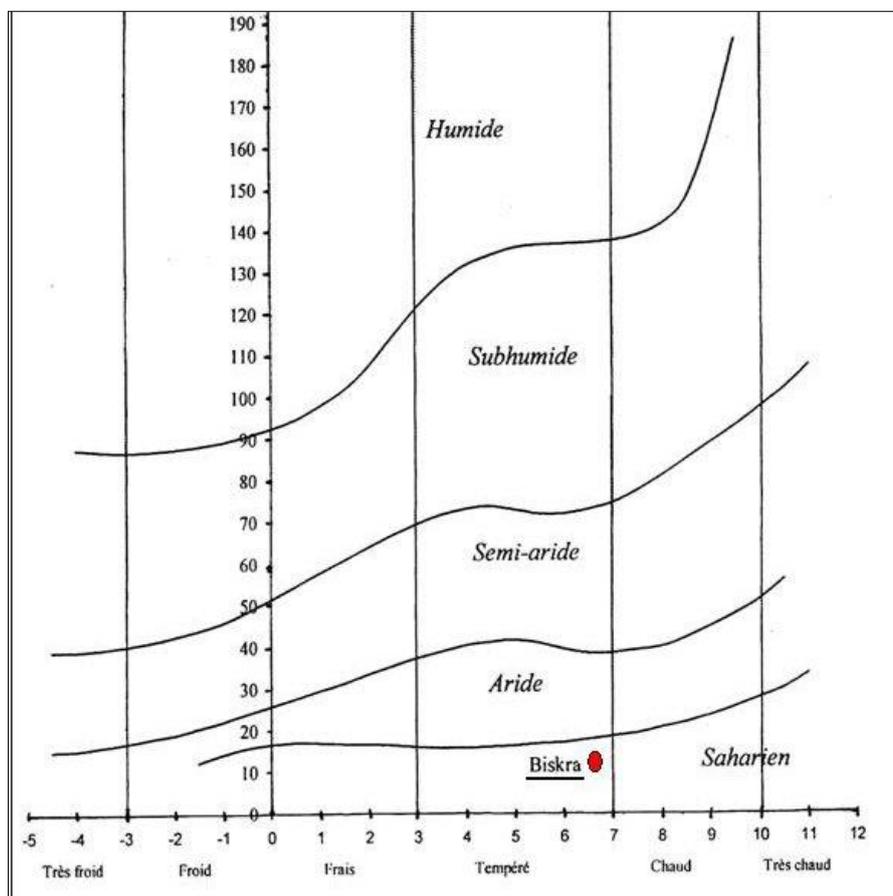


Figure 11 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme

III.6 Les ressources en eaux

La Wilaya de Biskra, située dans une zone charnière entre le Tell et le Sahara, jouit sur le plan hydrique d'un double avantage: les eaux superficielles du nord (Aures, Atlas tellien) qui quadrillent la quasi-totalité du territoire de la wilaya (Oued Biskra, Oued Djeddi, Oued El Arab, Oued Al Abiod), et les eaux souterraines du Sahara septentrional (CI-CT) en plus de la nappe phréatique. (DRE BISKRA, 2014).

L'eau superficielle dans la région de Biskra on trouve deux grands barrages pour le stockage de l'eau :

III .6 .1 Barrages de Fontaines des gazelles :

Mis en service en 2000, il irrigue le grand périmètre d'irrigation (GPI) de M'kinet dans la commune d'el Outaya sur une superficie de 1137 hectares, ainsi que des terres Arches.

III .6 .2 Barrage de Foum El Gharza :

Il irrigue environ 130 000 palmiers dans la commune de Sidi Okba. La capacité du barrage est 17.5 millions de m³, avec un volume régularisable de 9 millions de m³ par an. (DRE Biskra 2014)

III .6 3 Eaux souterraines

La wilaya de Biskra présente plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de part leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent, ces aquifères ont pour étage géologique

- le Mio-Plio quaternaire
- le Pontien
- L'Eocène inférieur
- Le sénonien
- Mæstrichtien
- Turonien
- Albo – Barrémien

III .6 3.1 Nappes des sables:

III .6 3.1.1 Mio- plio- quaternaire

Constitué d'une alternance de sable, argile, graviers et galets, elle couvre une grande superficie de la wilaya, et elle est fortement exploitée. Cette nappe présente un système très hétérogène représenté par des couches de diverses perméabilités, la profondeur est de 100 à 300 m, et les débits extraits moyen de l'ordre de 15l/s.

III .6 3.1.2 Pontien

A l'Est de la wilaya de Biskra, une nappe sableuse épaisse et profonde située au dessous du mio - pliocène, cette nappe est désignée sous le nom de Pontien, profondeur de 700 à 900 m, et le débit extrait est de l'ordre de 10 à 15 l/s

III .6 3.2 Nappes des calcaires :

III .6. 3.2.1 Nappe d'Eocène inférieur :

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissures d'Age Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies de Ziban, la profondeur varie de 100 m à 500 m, les débits sont de l'ordre de 10 à 30 l/s.

III .6. 3.2.2 Nappe de sénonien

Elle est en continuité hydraulique avec l'éocène inférieur dans la partie Nord-Ouest de la wilaya, par contre dans la zone D'Oumache et M'lili une épaisse couche de marne et marno - calcaire sépare les deux nappes d'où la profondeur importante du sénonien (900 m) et des débits jaillissants de 20 à 30 l/s.

III .6 3.2.3 Nappe du maestrichtien et turonien

Au Nord et au Nord Est de la wilaya la nappe des calcaires est représenté par un aquifère très important qui est le maestrichtien et le turonien (nappe peu exploitée) les profondeurs sont de 100 ml à 400 ml, et les débits de l'ordre de 10 à 30 l/s

III .6 .3.2.4 Nappe albienne et barrémienne (Continental intercalaire)

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grés et de Marne d'age Albien et barrémien d'une profondeur de 1600 à 2400 ml et un débit moyen de 80 l/s jaillissant, la température de l'eau peut dépasser 60°. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages. (ANRH Biskra 2014)

III .6.4 Qualité des eaux destinées a l'irrigation

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde. Selon Dubost (1994) cité par Masmoudi (2012), au Sahara les eaux contenant moins de 0.5g de sels peuvent être considérées comme exceptionnelles et celles de moins de 1g parfaites pour la consommation humaines. Jusqu'à 2g ce sont des eaux d'irrigation de qualité excellente pour l'irrigation. Entre 2 et 5g, il s'agit d'eaux salées et au dessus de 5 g on peut dire qu'elles sont très salées. Leur effet sur le sol et les végétaux est d'autant plus nocif que leur utilisation est mal étudiée.

D'autre part, la demande de l'eau douce est constamment en augmentation pour différentes utilisations compétitives (domestique, agriculture, industrie) ce qui créer un besoin crucial d'utilisation de l'eau salée en agriculture (MASMOUDI, 2012) . Le recours à l'utilisation de l'eau salée devient de plus en plus une nécessité absolue vu l'absence ou la rareté des ressources d'eau douce dans certaines régions (MASMOUDI, 2011)

Le manque d'eau de bonne qualité constitue désormais une contrainte majeure lorsque l'on veut créer de nouveaux périmètres irrigués (CHEVRY, 1995). L'eau salée sera utilisée en plus à l'avenir à cause de développement de la demande de l'eau d'irrigation(VAN HOORN, 1991 in MASMOUDI, 2011) .

III .6.4.1 Données générales sur le secteur d’irrigation de la wilaya

III .6.4.1.1 Évolution des superficies irriguées 2010/2018 (la plus récente)

Tableau 13 : L’évolution des superficies irriguées 2010/2018

Wilaya	Sup irrig 2010 (ha)	Sup irrig 2011 (ha)	Sup irrig 2012 (ha)	Sup irrig 2013 (ha)	Sup Irrig 2014 (ha)	Sup irrig 2015 (ha)	Sup irrig 2016 (ha)	Sup irrig 2017 (ha)	Sup irrig 2018 (ha)
Biskra	98433	100680	102503	104079	105920	108622	109500	111170	116964

(Source; DSA Biskra, 2018)

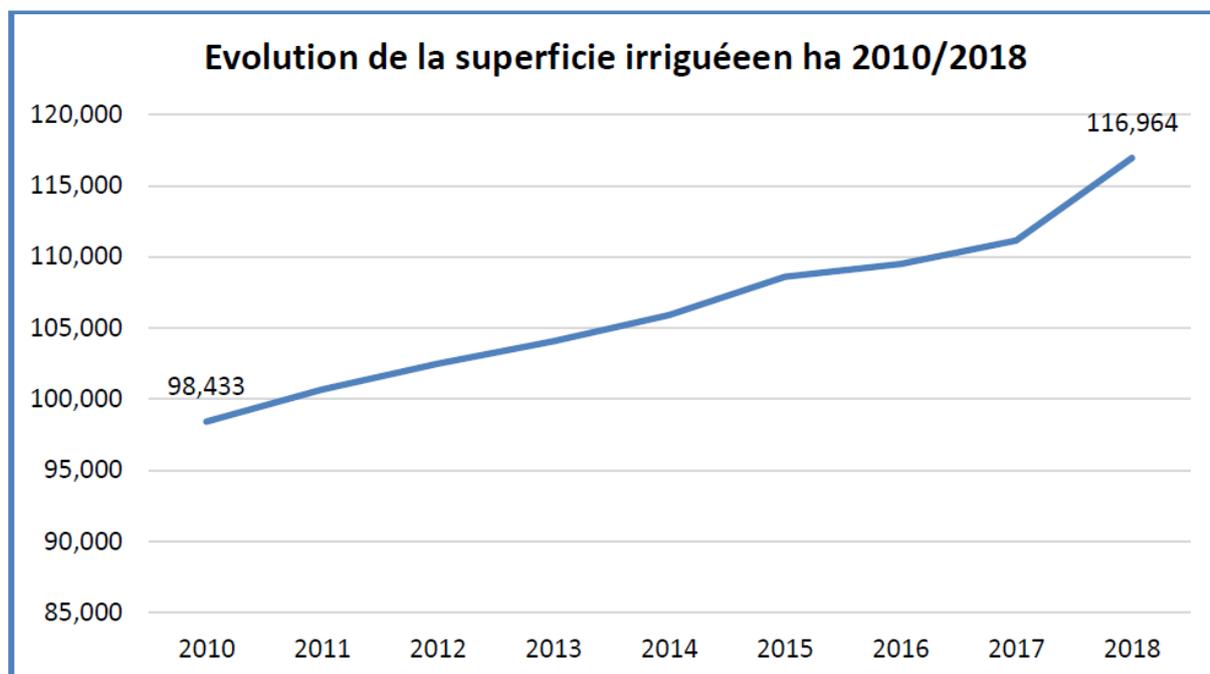


Figure 12 : Schéma représentatif de l’évolution de la superficie irriguée de la Wilaya de Biskra du 2010 au 2018

III .6.4.1.2 La répartition des superficies irriguées par système d'irrigation

Tableau 14 : La répartition des superficies irriguées par système d'irrigation

Systèmes d'irrigation	Gravitaire	aspersion	pivots	Goutte à goutte	total
Superficie (ha)	59269	1565	749	55381	116 964
Pourcentage	51 %	≈ 1 %	≈ 1 %	47 %	100 %

(Source ; DSA Biskra 2018)

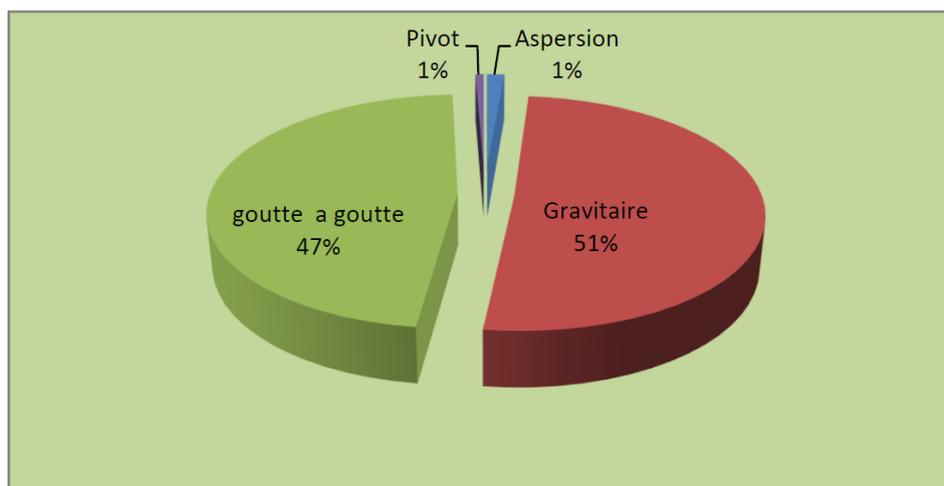


Figure 13 : La répartition des SAI par système d'irrigation (DSA Biskra, 2018)

On remarque dans le tableau N° 14 et la figure N°13 que la majorité des terres sont irriguées par les systèmes traditionnels (51 %) et les systèmes économiseurs d'eau occupent (49 %) avec (47 %) goutte à goutte, 1 % aspersion par des kits classique et (1 %) par des pivots.

Ces chiffres nous confirment que l'irrigation dans la wilaya de Biskra consomme beaucoup d'eau en se référant aux statistiques réalisées par les services de la DRE qui indiquent que les eaux destinées à l'irrigation présentent 89 % des ressources en eaux disponibles par contre celles destinées à l'alimentation par l'eaux potable présente 10 % et 1 % pour l'industrie.

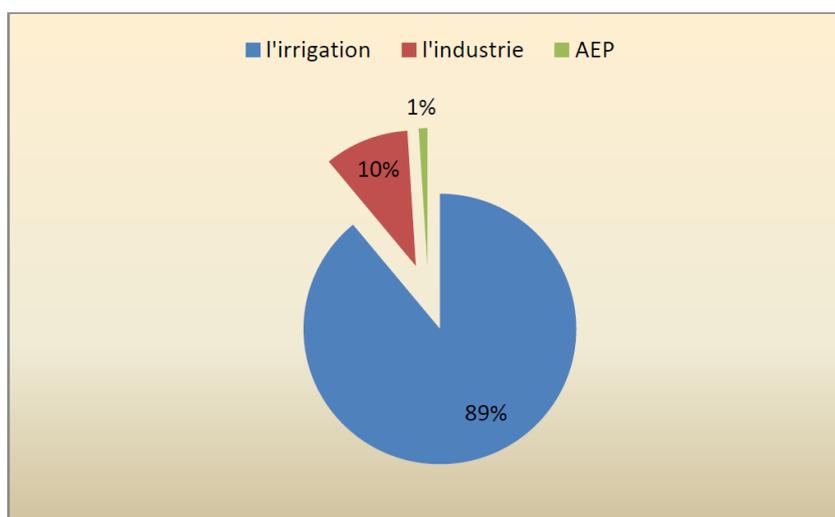


Figure 14 : La répartition de la consommation en l'eau par secteur dans la wilaya de Biskra (DRE Biskra 2016)

LA DEUXIEME PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV : Application pour la cartographie de la salinité de sol

IV.1 Introduction

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont de plus en plus utilisés par plusieurs disciplines pour l'analyse spatiale, la gestion des stocks, le transport, le climat, etc. Grâce à la puissance de calcul des algorithmes, les logiciels sont capables de traiter des millions d'informations en même temps et de donner des résultats sous formes graphiques, en des temps très réduits. Dans le domaine agricole, ces systèmes s'avèrent intéressants à utiliser dans la mesure où les variables pédologiques du sol peuvent être spatialisées par différentes méthodes d'interpolation IDW. Elles ont pour avantage la spatialisation des données sur un fond cartographique géoréférencé. Les teneurs apparaissent sur les cartes interpolées beaucoup de précision. L'agriculteur, bien renseigné sur les teneurs des composants de ses sols, peut cibler avec un GPS les périmètres à traiter. Ceci va constituer un avantage énorme, puisqu'il va uniquement investir dans des lieux précis, conséquences : gain de temps, des coûts moindres, etc.

Le but de ce travail est de combiner plusieurs paramètres pédologiques pour réaliser une carte qui va montrer, d'une part s'il existe une variabilité spatiale de la salinité dans la surface étudiée, et d'autre part s'il est possible de délimiter des zones où de nouvelles cultures, autres que celles pratiquées en général, pourraient être introduites.

IV. 1. 1 La zone d'étude

La zone étudiée est les Annexes de la Station de Démonstration et Production des Semences de l'Institut Technique du Développement de l'Agriculture Saharienne (ITDAS) de Ain Ben Naoui . Biskra.

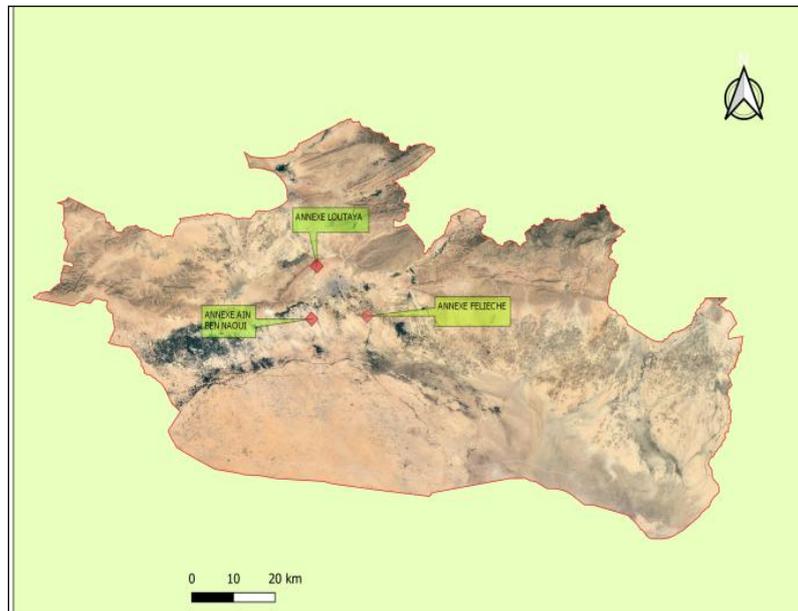


Figure 15 : situation géographique les Annexe dans la Wilaya (image satellitaire)

- **Annexe Ain Ben Naoui** : 24 ha . l'eau d'irrigation d'un forage
 Coordonnés (longitude 5.655775 , latitude 34.806807) projection de système
 coordonné référence :WGS 84 EPSG :43



Figure 16 : situation géographique Annexe Ain Ben Naoui

- **Annexe Loutaya** : 40 ha . l'eau d'irrigation d'un forage
Coordonnées (longitude 5.657889, latitude 34.931626) projection de système
coordonné référence : WGS 84 EPSG : 4326

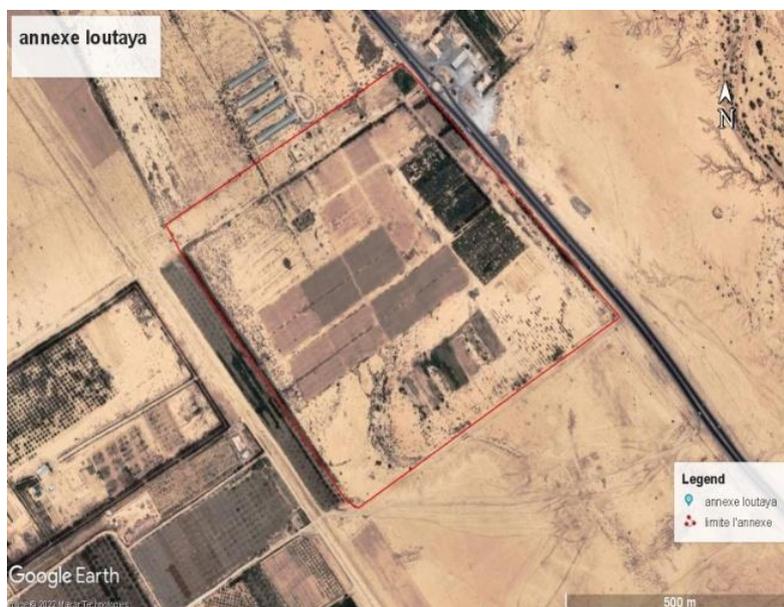


Figure 17 : situation géographique Annexe Loutaya

- **Annexe Feliache** : 3.2 ha . l'eau d'irrigation d'un forage
Coordonnées (longitude 5.772596, latitude 34.823422) projection de système
coordonné référence : WGS 84 EPSG : 4326



Figure 18 : situation géographique Annexe Feliache

IV.2 Méthode et matériel

IV.2.1 Comment choisir les sites et l'échantillonnage

IV.2.2 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 l'irrationnel dans ces zones, et en conséquence nous prélèverons des échantillons des lieux irrigués de manière aléatoire.

IV.2.3 Echantillonnage :

Nous prélevons des échantillons avec le nombre et les quantités de tous pour analyse dans le sol avec une profondeur de 0 à 30 cm à l'aide de l'outil la tarière puis les mettons dans un sac en prenant les coordonnées de chaque échantillon

IV.2.4 Eau d'irrigation: nous prélevons des échantillons les Annexes pour l'analyse l'eau d'irrigation (forage) (CEeau) ,(PHeau) .



Photo 02 : prélèvement de sol par la Tarière

IV.3 Laboratoire

Les analyses des sols dans laboratoire de l'institut technique du développement de l'agriculture saharienne Les analyses des sols ont concerné : le potentiel d'hydrogène (PH) et la conductivité électrique (CE) 1/5.

IV.3.1 PH (potentiel d'hydrogène)

- PH eau (1 /2.5) mode opération
 - peser 10 g du sol
 - ajouter 25 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml
 - .agiter pendant 15 minutes avec agitateur magnétique
 - Laisser reposer 15 minutes.
 - mesurer le PH a l'aide d'un **PH mètre**



Photo 03 : PH mètre

IV.3.2 Connectivité électrique (1 /5)

- CE (1 /5) Mode opération
 - 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 a l'aide d'un **conductivimètre**



Photo 04 : Conductivimètre

IV. 4 Méthode de travail

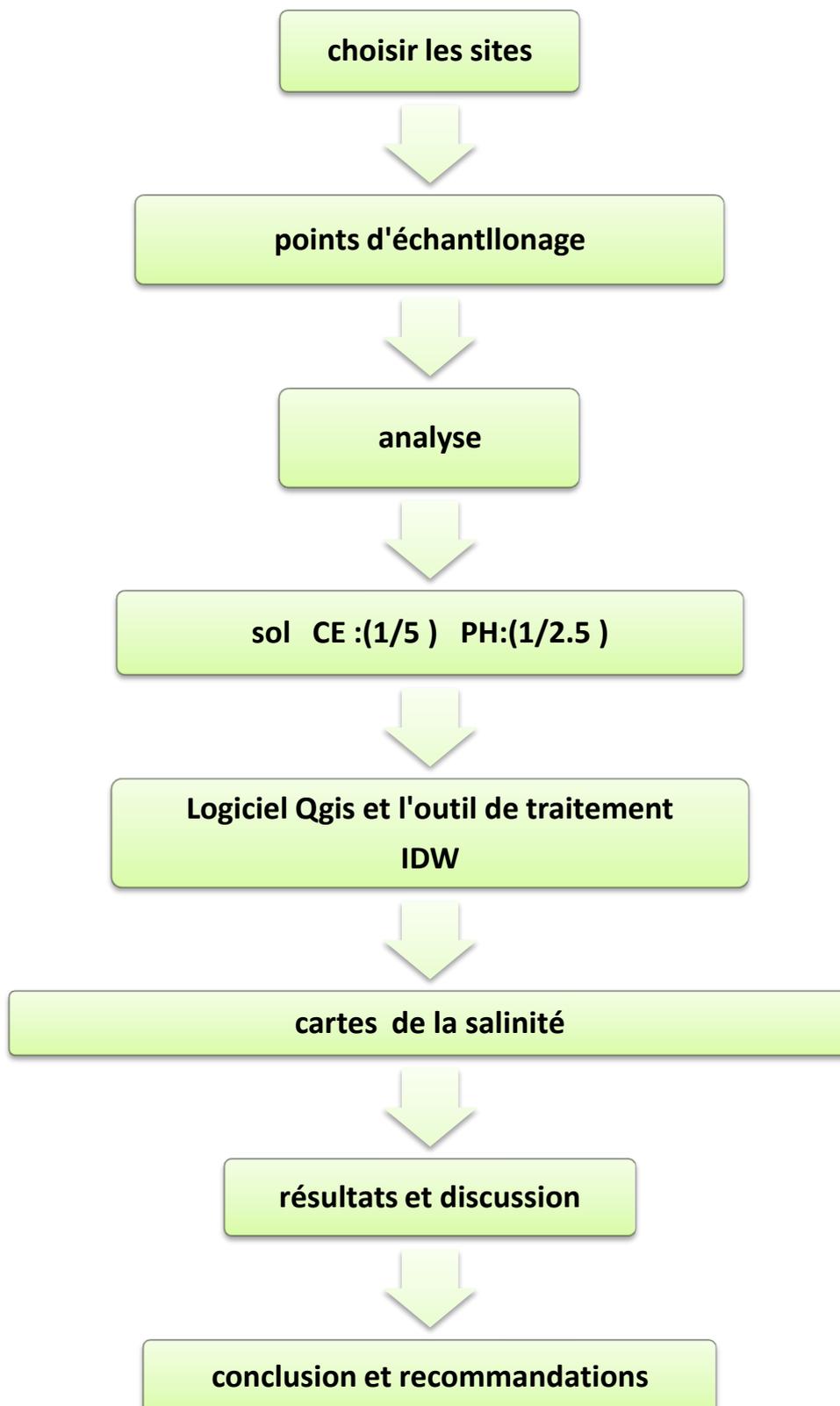


Figure 19 : Plan de travail

IV. 4.1 Points d'échantillonnages

L'étude de la variabilité spatial de la salinité des sols agricoles cultivés (0-30cm) a les annexes de FDPS de l' ITDAS . Biskra été effectuée au cours de la période [décembre 2021 – janvier 2022] .

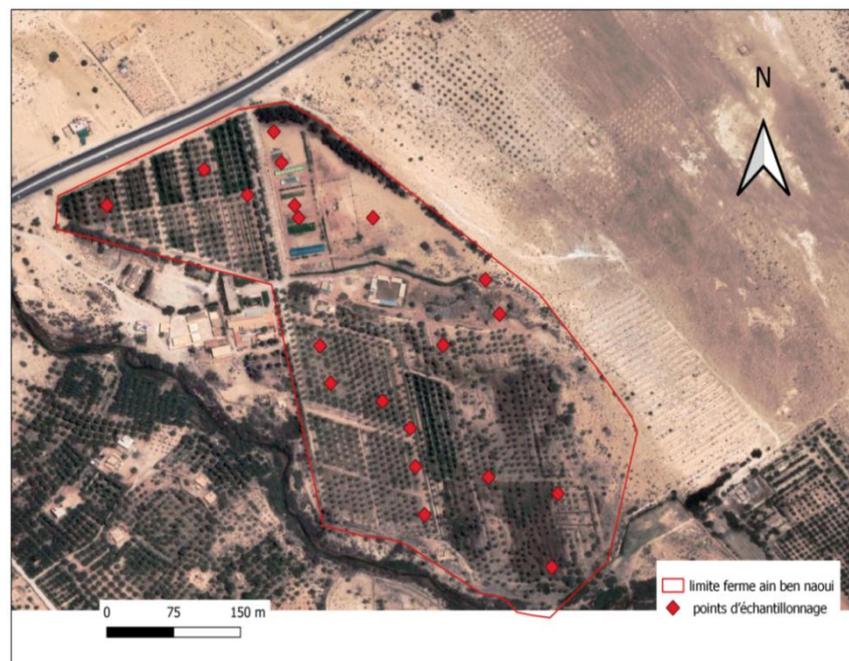


Figure 20 : points d'échantillonnages l'Annexe Ain Ben Naoui Biskra

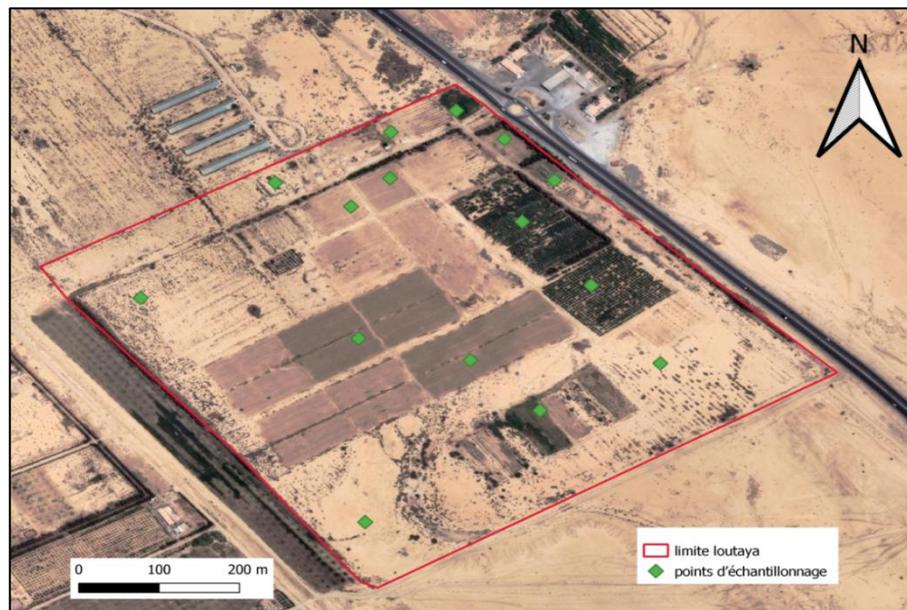


Figure 21 : points d'échantillonnages Annexe Loutaya Biskra



Figure 22 : points d'échantillonnage Annexe Feliache Biskra

IV. 4.2 Analyse et résultats

Tableau 15 : résultats des CE et PH Ain Ben Naoui

ID	Longitude	Latitude	CE	PH
1	5.652702	34.808116	2.81	7.83
2	5.653893	34.808512	0.37	8.16
3	5.654425	34.808232	0.7	7.73
4	5.654748	34.808929	1.58	7.88
5	5.654842	34.808588	2.08	7.95
6	5.655004	34.808118	4.11	7.87
7	5.655054	34.80798	2.91	7.92
8	5.655966	34.80798	2.59	8.25
9	5.657346	34.807299	0.5	8.14
10	5.657517	34.806919	10.53	7.63
11	5.658235	34.804942	9.85	7.2
12	5.658159	34.804132	2.54	7.33
13	5.656598	34.804708	4.26	7.7
14	5.656487	34.805238	1.38	7.15
15	5.656422	34.805661	1.46	7.64
16	5.656082	34.805959	3.97	7.96
17	5.655445	34.806157	1.44	7.89
18	5.655315	34.806569	0.57	7.52
19	5.656825	34.806577	0.35	8.25
20	5.657383	34.805123	0.55	8.11

Tableau 16 : résultats des CE et PH Annexe de Loutaya

ID	Longitude	Latitude	CE	PH
1	5.657788	34.934734	2.24	7.81
2	5.658443	34.934302	1.65	8.84
3	5.659125	34.933679	0.92	7.38
4	5.658684	34.933048	1.65	8.24
5	5.659625	34.93208	3.21	7.84
6	5.660566	34.930898	7	7.55
7	5.658929	34.930183	0.67	7.83
8	5.65798	34.930944	1.56	7.88
9	5.656457	34.931276	0.33	8.88
10	5.656354	34.933277	0.82	7.86
11	5.656887	34.933706	0.86	7.63
12	5.656898	34.934408	3.6	7.88
13	5.655323	34.933643	3.6	7.88
14	5.653491	34.931892	3.6	7.88
15	5.656547	34.928487	3.6	7.88

Tableau 17 : résultats des CE et PH Annexe de Feliache

ID	Longitude	Latitude	CE	PH
1	5.774404	34.821681	2.22	7.28
2	5.774094	34.822057	3.09	7.10
3	5.773863	34.822288	0.64	7.52
4	5.773571	34.822535	6.11	7.04
5	5.773195	34.822625	0.92	7.74
6	5.773161	34.823169	6.26	7.09
7	5.772571	34.82327	0.76	7.75
8	5.77221	34.82398	3.10	7.41
9	5.771603	34.824185	1.71	8.82
10	5.771119	34.824738	4.10	7.66

IV. 4.3 Logiciel QGIS et l'Outil de traitement IDW

Nous utilisons l’outil de traitement Interpolation IDW dans logiciel QGIS pour crée les cartographies de la salinité de sols

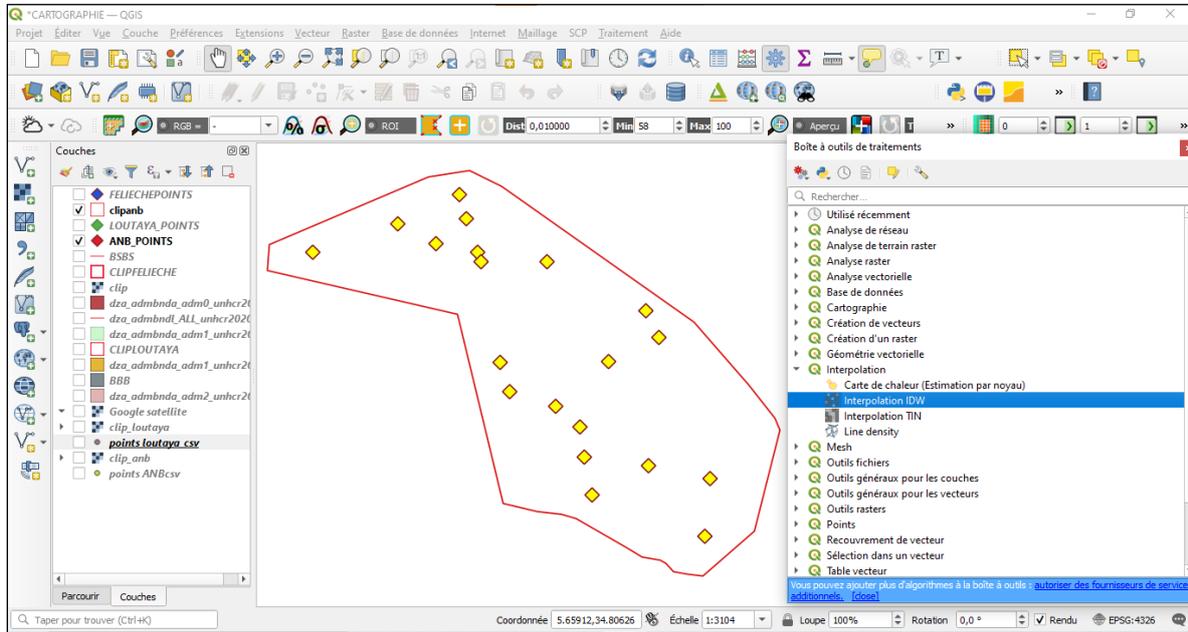


Figure 23 : Logiciel QGIS

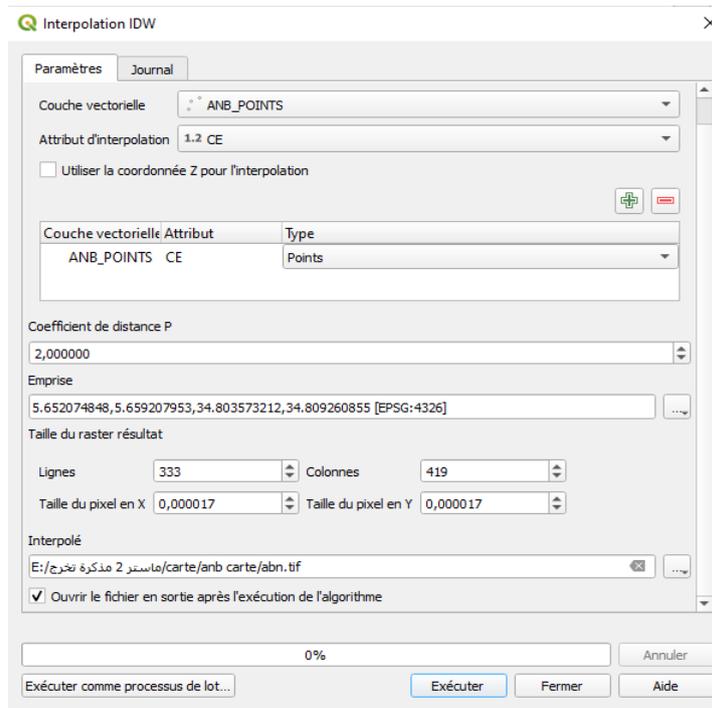


Figure 24 : l'exécuter de l'interpolation IDW

Après la sélectionner les Paramètres dans l’outil de l’interpolation (IDW)et Exécuter et puis découper le raster , nous obtenons les cartes le conductivité éclectique (CE) de sol et le PH les Annexe Ain Ben Naoui ci-dessous .

IV. 4 .4 les cartes et l’interprétation :

IV. 4 .4.1 les cartes de FDPS Ain Ben Naoui :

Tableau 18 : Statistique des donnes sol (Ain Ben Naoui)

Ain Ben Naoui	Max	Min	Moy	Eau d’irrigation
CE ds /m	10.53	0.35	2.7275	6.08
PH	8.25	7.15	7.8055	7.72

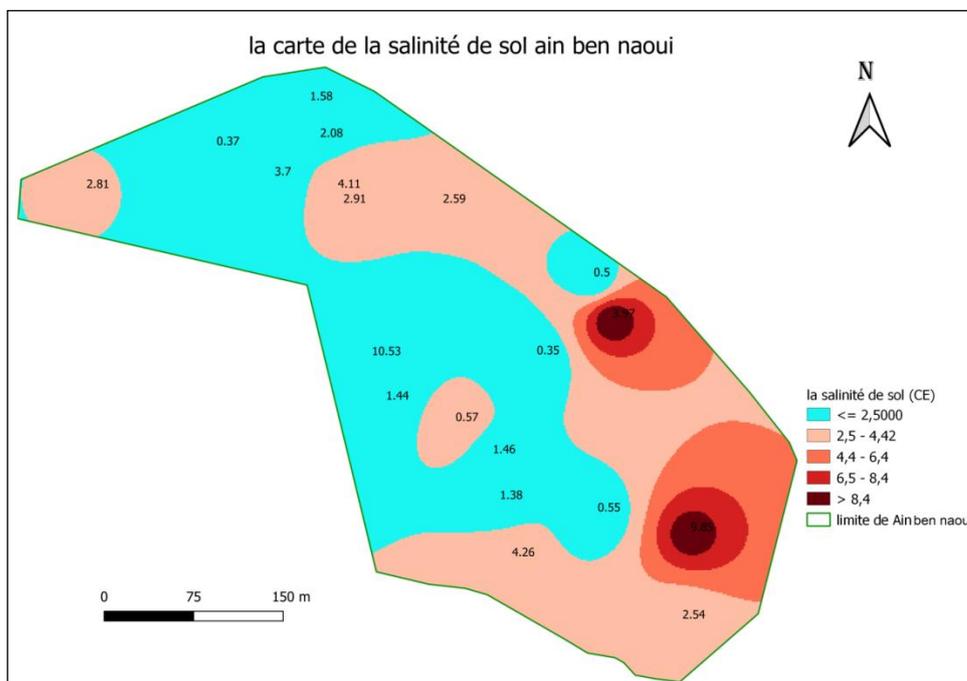


Figure25 : la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Ain Ben Naoui

La salinité est élevée ($CE = 2.72 \text{ dS / m}$ en moyenne) **Tableau 18**. Ceci est dû à la forte teneur en sels des eaux d'irrigation ($CE = 6.08 \text{ ds/ m}$), et selon la classification de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25°C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009), le CE dans l'intervalle ($2 < CE < 4$) le sol est très salé.

Il ressort clairement de la (figure 25) que la distribution spatiale de la salinité dans la ferme Ain Bin Naoui du côté nord est moins sévère pour la salinité car ces endroits ne sont pas exposés à l'irrigation accumulée et contiennent des systèmes de drainage, ce qui aide à laver leur sol. deux valeurs (**3,7** et **10,53**) pour la conductivité électrique (CE), Il est élevé dans la zone indiquée en bleu et la raison en est la présence de ces points à l'endroit du drainage, où les sels s'accumulent à cause du lavage du sol, et cela est confirmé par le contraste spatial de la carte en couleur brun foncé, où le niveau du sol est bas et en aval des canaux de drainage des palmiers, où les sels dissous s'accumulent dans l'eau de manière périodique et continue.

Quant à la **Figure 26**, à travers laquelle l'identifiant du changement spatial des valeurs PH et l'identifiant du sol peuvent être alcalins ou acides.

Le PH est assez élevé et montre que les sols sont alcalins.

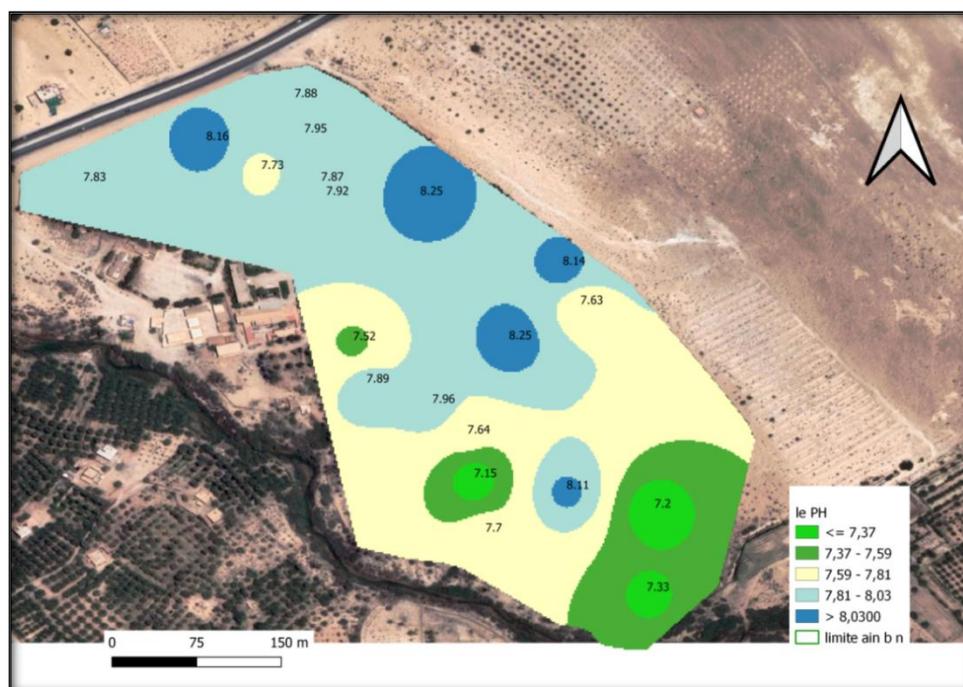


Figure 26 : la carte les valeurs PH

IV. 4 .4.2 Les cartes de l' Annexe Loutaya :

la distribution spatiale de la salinité dans l'Annexe Loutaya La salinité est inférieure à (2ds /m) répartie dans la moyenne de la Annexe représentée à la couleur rouge, où se situe l'activité agricole l' oliviers et l'orges, tandis que la mauve est supérieure à (>5ds/m) du côté sud-est de l'Annexe Loutaya (Figure 27) .

Tableau 19 : Statistique des donnes sols (Annexe Loutaya)

Annexe Loutaya	Max	Min	Moy	Eau d'irrigation
CE ds /m	7	0.33	2.35	4.54
PH	8.88	7.38	7.95	7.18

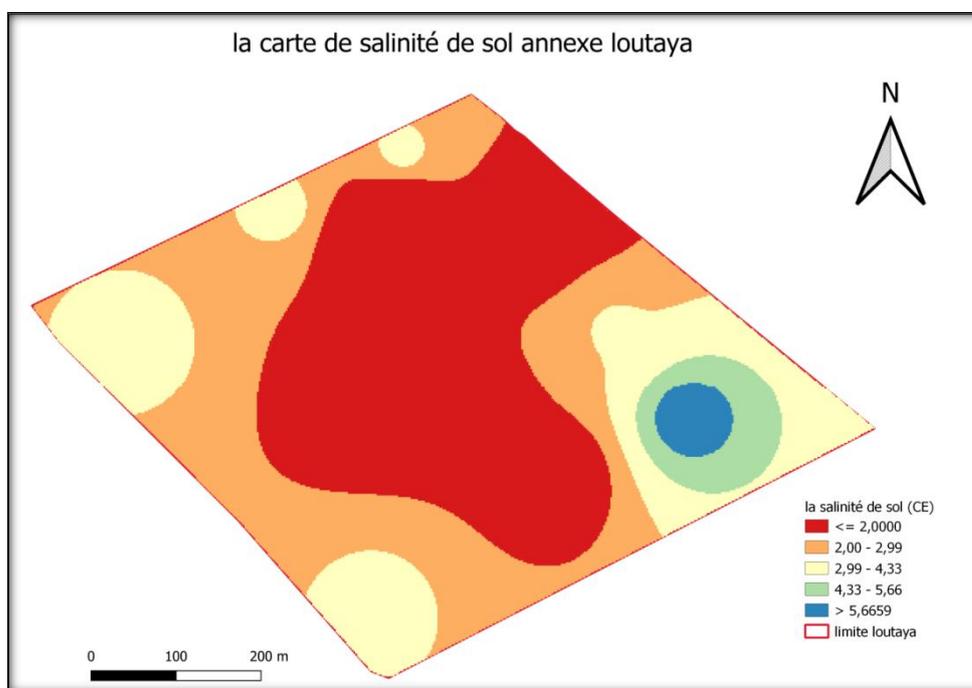


Figure 27 : la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Annexe Loutaya

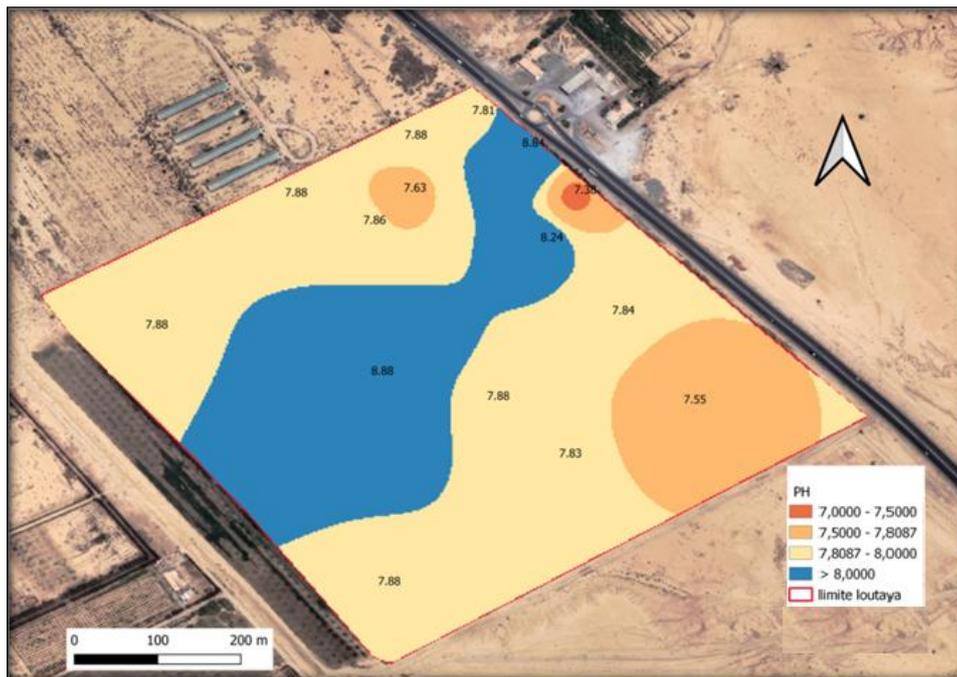


Figure 28 : la carte les valeurs PH Annexe Loutaya

Quant à la carte de variabilité spatiale des valeurs PH Annexe Loutaya, une valeur de (PH > 8). Elle se situe au milieu de la Annexe Loutaya représentée dans la carte en couleur bleu (**Figure 28**), alors que le reste de la zone est généralement proche (PH > 7.88).

IV. 4 .4.1 les cartes Annexe Feliache

Feliache est une Annexe de la collection des palmiers à travers la carte de variabilité spatiale de la salinité de sol (**Figure 29**) la valeur de salinité de (3- 4 ds/m) répartie sur la majeure partie de la zone et indiquée en brun clair, Petites zones où la salinité est inférieure à (1.5ds /m) en rouge , et supérieur à (5ds/m) en couleur bleu .PH>8 en couleur en le nord et diminuer vers le sud (**Figure : 30**) .

Tableau 20 : statistique des donnes sols (Annexe Feliache)

Annexe Feliache	Max	Min	Moy	Eau d'irrigation
CE ds /m	6.26	0.64	2.89	4.40
PH	8.82	7.04	7.54	8.32

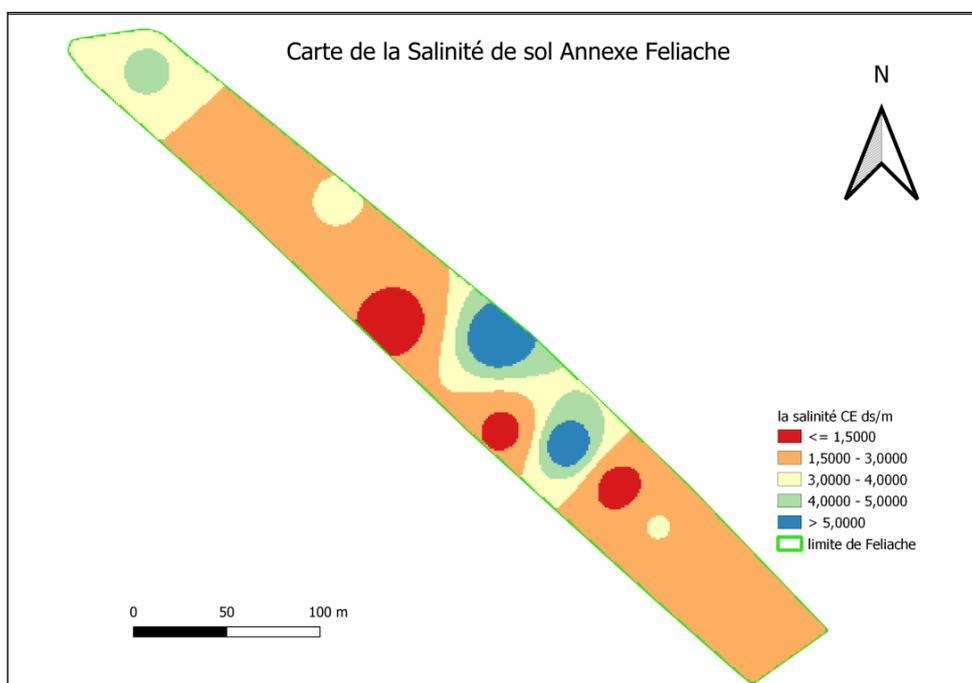


Figure 29 : la carte de la salinité de sol (CE ds /m) Annexe de Feliache

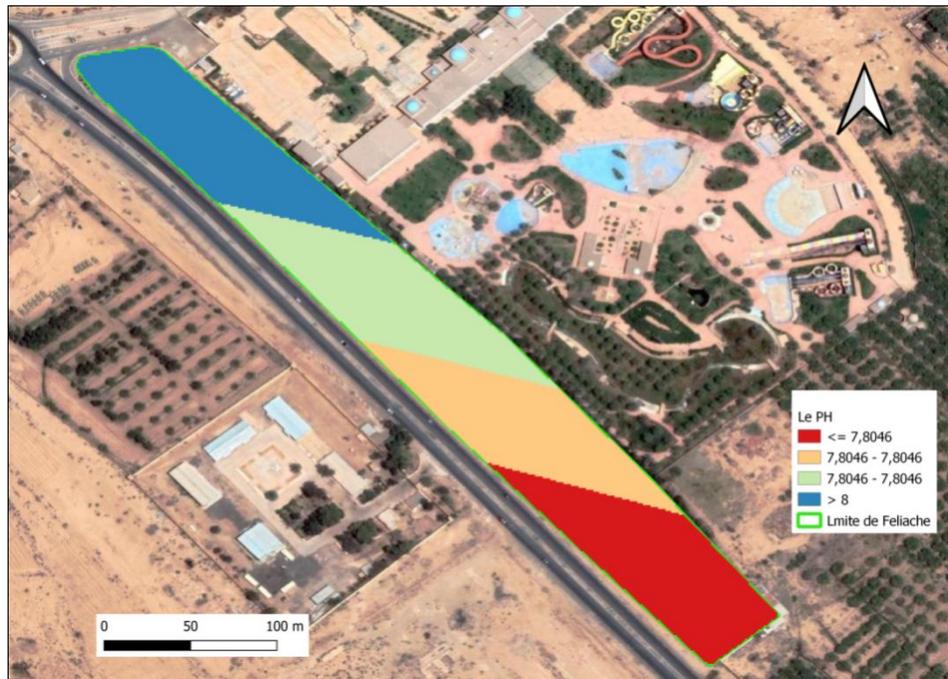


Figure 30 : la carte les valeursPH. Annexe de Feliache

nous proposons des solutions et des recommandations pour contribuer à réduire le phénomène de salinisation des terres .

IV. 5 Solution et Recommandation

Après avoir étudié et analysé les sols pour connaître la valeur et les zones de changement spatial des sels, nous disposons d'un ensemble de données qui nous aideront à proposer des moyens et des stratégies efficaces et pratiques pour limiter le développement de ce phénomène grâce à une gestion efficace du système d'irrigation et Parmi ces méthodes :

- Pilotage de l'irrigation : c'est-à-dire donner la quantité d'eau nécessaire au bon moment, et par conséquent nous limitons la grande accumulation des sels dissous dans l'eau d'irrigation et nous économisons ainsi l'énergie dépensée pour l'extraction de l'eau et préserver la réserve d'eau souterraine, qui a connu ces dernières années un terrible déclin avec la rareté des pluies et les changements climatiques extrêmes dans les régions arides et semi-arides.

Dans le cadre de ce sujet, on peut apprécier le programme pilotage de l'irrigation développé par le Centre Arabe d'études des zones Sèches et des Terres Arides (ACSAD) et L'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), qui a prouvé son efficacité à travers de nombreuses expérimentations dans la gestion de l'efficacité des champs dans l'irrigation des cultures.

Il estime la quantité d'eau nécessaire à la plante selon les saisons, les besoins de la plante, et la qualité de l'eau d'irrigation ainsi ce programme économise de l'énergie et du temps à l'agriculteur et contribue à préserver les eaux souterraines pour lutter contre l'irrigation irrationnelle.

Créer des canaux de drainage agricole, notamment dans les palmeraies
en creusant des canaux et en les reliant à un estuaire extérieur, ces canaux permettent à l'eau salée de s'échapper de la zone racinaire.



Figure 31 : Réseaux de drainage de palmier datte

Le processus de réaliser de système de drainage se fait après avoir inspecté les zones qui apparaissent sur la carte sont salées :

- Cree une sortie pour les caniveaux vers la pente.
- Raccordement des canaux à un complexe principal.
- La profondeur des canaux au besoin ou selon le niveau de la zone racinaire de la plante.



Photo 05 : canal de drainage pour la zone d'expérimentation

En outre, les agriculteurs devraient réfléchir à la possibilité de cultiver des espèces plus adaptées à la salinité car cela semble un phénomène imparable

- * Sensibiliser les habitants à l'importance de l'eau et l'importance de sol cultivé.
- * Traité et Continuer l'installation des réseaux drainage.
- * Contrôler sévèrement et régulièrement le débit d'exploitation des forages
- * Mettre en place un système de suivi et de contrôle de niveau de la nappe phréatique

Conclusion Générale :

La salinité est l'un des facteurs les plus importants dans le domaine agricole, son effet affecte négativement le sol et la végétation, il est donc nécessaire d'étudier ce phénomène et d'essayer de trouver des solutions adaptées. Dans ce sens, on a pu terminer ce modeste travail à l'aide du SIG et selon les résultats obtenus, il nous apparaît clairement que la salinité se propage dans les sols agricoles dans des proportions différentes et variables, notamment celles irriguées avec des eaux souterraines salines, avec une évaporation accrue de l'eau dans le sol de notre région chaude. Il est donc nécessaire de réfléchir à des stratégies de solutions efficaces pour réduire ce phénomène et la dégradation des sols par la salinité est considérée comme étant un problème préoccupant qui touche directement les agriculteurs tant pour les scientifiques que pour les preneurs de décisions. Afin d'établir les stratégies adéquates pour remédier à l'aggravation de ce problème à la fois agricole et environnemental, il est nécessaire d'appliquer les outils d'analyse spatiale et de cartographie pour mieux comprendre les facteurs qui contribuent à l'augmentation de la charge saline des sols.

En conclusion :

L'agriculture assistée par les SIG et GPS va permettre :

- un ajustement des pratiques culturales aux caractéristiques hétérogènes de la parcelle (travail du sol, irrigation, semis).
- cibler avec précision les zones à traiter.
- une meilleure gestion modulée des coûts des intrants (engrais, semences, fongicides, herbicides, etc) .
- limitation du lessivage des engrais excédentaires vers les nappes

Références bibliographiques

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 .15-21

BOUGUERRA A.,2018. La variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El Hadjira - Ouargla . Master Académique .université de Ouargla,p.4-11.

Dekhinat S .,2009. Etude de M : Laboratoire LAPAPEZA . Université de Batna.
https://www.esrifrance.fr/sig2009/sid_dek.htm)

Khachai S., 2001. Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres d'I.T.D.A.S, plaine de l'Outaya. Thèse Magister. Université de Batna. 223 p.

Khachai S., 2001. Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres d'I.T.D.A.S, plaine de l'Outaya. Thèse Magister. Université de Batna. 223 p.

Khader M., 2019. Apport de la géomatique a l'analyse spatio-temporelle des parcours steppique : cas de la région de djelfa – algérie. Thèse de doctorat. Université de Biskra.157p.

Office National de la Météorologie ., 1989-2018. les bulletins Décadaires d'informations climatiques et agro météorologiques de l'Algérie.

MERDACI S.,2020 . La modélisation de la gestion d'irrigation dans la région de Biskra en utilisant le traitement des images satellitaires (la télédétection) . THESE Doctorat . Université de Biskra ,p .22-31

Masmoudi A., 2011. Effet de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et le végétal ; Courrier du Savoir – N°11, Février 2011, p.61-69

Masmoudi A., 2012. Problèmes de la salinité liés à l'irrigation dans la région saharienne : cas des Oasis des Ziban. Thèse de doctorat en sciences. Université de Biskra, 137 p.

<https://sites.google.com/site/pastoraldz/cartographie-gps/cours-sig/les-sig-quelques-definitions>

https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html