UNIVERSITE KASDI
MERBAH – OUARGLA
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie
Département des Sciences
Agronomiques

Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Protection des Ressources Sol Eau et Environnement

Présenté par : Mr. BELMEBROUK Abderrezak

Thème

La variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El-Barka région de In-Salah

Soutenu publiquement
Le : 09/07/2019

Devant le Jury :

M.	BERKAL	Ismaiel	M.C.A.	Président	UKM Ouargla
M.	DADI BOUHOUN	Mustapha	Professeur	Encadreur	UKM Ouargla
M.	SIBOUKER	Abd Allah	M.A.B	Co-Encadreur	U Ghardaïa
M.	IDDER	Abd Elhakk	M.A.A.	Examinateur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2018 / 2019

Remerciement

Avant tout, nous remercions « ALLAH », le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre Le chemine de la science.

Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon promoteur Mr. DADDI BOUHOUN Mustapha et mon co-promoteur Mr. SIBOUKEUR Abdellah Doctorant, à l'Université KASDI MERBAH de Ouargla, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour leur patience, encouragements, orientations et leurs conseils précieux.

Ma profonde gratitude à Mr. BERKAL ISmaiel., maître conférence B à Université KASDIMERBAH de Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.

Mes remerciements vont aussi à Mr. IDDER Abd Elhakk . Maître assistant A à l'Université KASDI MERBAH de Ouargla, pour avoir accepté de juger le présent travail.

Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements A tout le corps enseignant de l'Université KASDI MERBAH, particulièrement ceux du département des sciences agronomiques

A Tous les amis et les étudiants, en particulier les amis de notre promotion.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette modeste étude.

Abderrezak BELMEBROUK

Dédicace

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :

A mon cher père, que Dieu le tout puissant lui garde sa santé.

A ma chère mère, qui m'a soutenu moralement à accomplir cette tache et je prie le bon Dieu qu'il me la garde pour toujours.

A mes frères

A mes sœurs

Et a toute la famille de Belmebrouk et Ben Yakoub grande et petite.

Liste des figures

Figure 1: La situation géographique de la région (In Salah).....11
Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la région In Salah 2009-2018.....15
Figure 3: Situation de la région d'In Salah niveau du climagramme d'EMBERGER.....16
Figure 4 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), (EL MAALEM et BEN KERROUM, 2010).....19
Figure 5:Extension géologie du SASS et zone étudiée à In Salah (OSS.2003). 21
Figure 6: Carta topographique « plateau du Tademaït- Foggara et EzZoua » (EL MAALEM, BEN KARROUM, 2010). 22
Figure 7: Profil topographique de la dépression d'In Salah (EL MAALEM et BENKARROUM, 2010). 22
Figure 8 : Choix des secteurs d'étude 26
Figure 9:Approche méthodologique 28
Figure 10 : Dimensions de la maille avec le rayon possible de modification d'un point d'échantillonnage.....29
Figure 11 : Points de sondage après délimitation de la palmeraie d'El- Barka 2019.....30
Figure 12 : Différents types de système agraires dans les palmeraies de El-Barka.....35
Figure 13 : Différents systèmes d'irrigation dans la palmeraie d'El -Barka 36
Figure 14 : Niveau statique des eaux de la nappe phréatique d'El-Barka 37
Figure 15 : Niveau statique des nappes phréatiques dans les palmeraies d'El-Barka.....38
Figure 16:La Salinité des eaux phréatique de sol cultivé d'El-Barka.....39
Figure 17 : Carte de la salinité des eaux de la nappe phréatique dans les palmeraies d'El-Barka 40
Figure 18:pH des eaux phréatique des sols cultivé d'El –Barka.....41
Figure 19 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche superficielle (0-40 cm) dans la palmeraie d'El-Barka.....42
Figure 20 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche médiane (40-80 cm) dans la palmeraie d'El-Barka.....42
Figure 21 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche profonde (80-120 cm) dans la palmeraie d'El-Barka.....43
Figure 22 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 0-40 cm.....44
Figure 23 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 40-80 cm.....44
Figure 24 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 80-120 cm.....45
Figure 25 : Types de profil salin dans les jardins irrigués et non irrigués de El-Barka 47
Figure 26 : Taux des types de profil salin.....48
Figure 27 : Variation spatiale de pH dans la couche (0-40 cm) à El-Barka.....49
Figure 28 : Variation spatiale de pH dans la couche (0-40 cm) à El-Barka.....49
Figure 29 : Variation spatiale de pH dans la couche (40-80 cm) à El-Barka.....50
Figure 30 : Variation spatiale de R.s dans la couche (0-40 cm) du sol cultivé d'El-Barka 51
Figure 31: Variation spatiale de R.s dans la couche (40-80 cm) du sol cultivé d'El-Barka 51
Figure 32 : Variation spatiale de R.sdans la couche (80-120 cm) du sol cultivé d'El-Barka 52
Figure 33:Diagramme de Riverside 56
Figure 34:Digramme de Piper 58

Liste des photos

Photo 1:Kasria secondaire de la Foggara d'EL Meghier (Remini, 2000) 24

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficie affectée par la salinité dans le monde. 4
Tableau 2: Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C 6
Tableau 3: Classes de pH des sols selon l'extrait 1/5 le pH de l'extrait 7
Tableau 4 : Classification de SAR (Sodium absorption ratio) 7
Tableau 5 : Classification des sols salins 8
Tableau 6 :Le degré de tolérance des cultures aux sels. 9
Tableau 7:Caractéristiques géographiques de la station climatologique d'In Salah. 12
Tableau 8:Donne climatique de la région d'In Salah (2009 /2018). 12
Tableau 9 : Les résultats de l'analyse granulométrique et la détermination de la texture des sols. 53
Tableau 10 : les résultats de l'analyse chimique de sol suivants. 54
Tableau 11 : indice croisé SAR/conductivité 56

Liste des annexes

Annexe 1: Normes d'interprétation du pH-eau du sol 73
Annexe 2 : Résultats d'analysé de la nappe phréatique dans la palmeraie d'El-Barka 73
Annexe 3:Évaluation de la salinité des eaux de la nappe phréatique. 73
Annexe 4: Échelle de pH des eaux phréatique 73
Annexe 5:Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C 74
Annexe 6 : résultats de degré de salinité de sol 74
Annexe 7 : résultats pH de sol 74
Annexe 8 : résultats de résidu de sec de sol.....74
Annexe 9:Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique des eaux d'irrigation 75
Annexe 10 :Classification de durand (1983), de salinité des eaux 76

Table des matières

MASTER ACADEMIQUE **1**

Soutenu publiquement 1

Devant le Jury : 1

Remerciement **2**

Dédicace **3**

Liste des figures **4**

Liste des photos **5**

Liste des tableaux **6**

Liste des annexes **7**

Table des matières **8**

Introduction **1**

Chapitre I : Salinité du sol **3**

1. Généralité : 3

2. Répartition géographique de la salinité : 3

2.1. Répartition du sol salé dans le monde : 3

2.2. Répartition des sols salés en Algérie : 4

3. Définition de la salinisation du sol : 4

4. Types de salinité du sol: 5

4.1. Salinisation primaire : 5

4.2. Salinisation secondaire : 5

5. Propriétés des sols salés : 6

5 .1.Conductivité électrique (CE) : 6

5.2. pH du sol : 6

5.3.ESP (Le taux de sodium échangeable): 7

5.4. SAR (Sodium absorption ratio): 7

6. Classification des sols salés : 8

7. Effet de la salinité sur les sols et sur les plantes : 8

7.1. Effets des sels sur les Sols :.....8
7.2. Effet du sel sur les plantes :.....9
8. Mise en valeur des sols salés :.....10
Chapitre II : Présentation de la région d'étude 11
1. Présentation géographique de la région d'étude : 11
2 .Contexte climatologique : 11
2.1. Cadre climatique local : 11
2.1.1. Température : 13
2.1.2. Précipitation : 13
2.1.3. Evaporation : 13
2.1.4. Vent : 13
2.1.5. Insolation :.....13
2.1.6. Humidité :.....14
3. Synthèse climatique : 14
3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS : 14
3.2. Climagramme d'EMBERGER.....15
4. Hydrogéologie.....16
4.1. Continental Intercalaire (CI) 16
4.2. Complexe Terminal (CT).....17
4.3. Caractéristiques du continental intercalaire à In Salah : 18
4.4. *Système aquifère local :* « coupe géologique NW – SE ».....19
6. Les grandes structures géomorphologies : 21
7. sol :.....23
8 .Végétation : 23
9. Agriculture : 23
10. Le mode d'exploitation des ressources en eau :.....23
Chapitre III : Matériels d'étude.....26
1. Méthode d'étude.....26
1.1. Choix de la zone d'étude.....26
2. Méthode d'étude.....27
2.1. Méthodologie 27
2.2.1. Méthode d'échantillonnage.....29
2.2. Echantillonnage :.....30
2.2.1. Etude de la dégradation édaphique du sol :.....31

2.2.2. Etude de la dégradation hydrique :.....31
2.3. Etude de l'espace agraire : 32
3. Analyses au laboratoire :.....32
3.1. Analyses du sol : 32
3.1.1. Conductivité électrique: 32
3.1.2. pH :.....32
3.1.3. Résidu sec (R.s) :.....32
3.2. Analyse des eaux phréatiques : 33
3.3. Analyse des eaux irrigation :.....33
4. Bilan ionique :.....33
5. Cartographie :.....34
5.1. Cartographie de la salinité des sols :.....34
5.2. Cartographie au niveau de la nappe phréatique : 34
Chapitre IV : Résultats et discussion 34
1. Conduite culturale dans les palmeraies de El -Barka région de In Salah.....34
1.1.Ancien système 34
1.2.Nouveau système agricole.....34
1.3. Systèmes d'irrigation 35
2. Etude de la variabilité spatiale des eaux phréatique.....36
2 .1.Niveau statique.....36
2.2. Qualité des eaux phréatiques.....38
2.2.1 Degré de salinité 38
2.2.2. pH nappe phréatique (pH.n).....40
3. Variabilité spatiale de la salinité du sol.....41
3.1. Variabilité spatiale de la salinité du sol (Degré de salinité).....41
3.2. Dynamique des sels.....45
3. 3$pH_{e1:5}$ des sols :.....48
3 .4 .Résidu sec (R.s) :.....50
4 .Résultats d'analyse physique des points représentatifs (Granulométrie).....52
5. Résultats des analyses chimiques du sol (MO - CaCO3).....54
6. Qualité des eaux d'irrigation.....55
6 .1.pH.....55
6. 2. Résidu de sec (R .s).....55
6.3. Classification d'eau des forges d'El-Barka selon digramme de Riverside.....55
6 .4. Digramme de Piper 57

Conclusion 58

Références bibliographiques 65

Annexe.....73

Introduction

Introduction

Les activités urbaines, industrielles et agricoles sont responsables d'une contamination croissante des sols et de l'eau par les sels solubles, qui influent négativement sur la végétation

Les zones les plus menacées sont celles à climat aride à semi-aride. D'après la FAO (2002), la salinisation des sols due à l'irrigation réduit la surface des terres irriguées de 1 à 2 % par an. Les terres semi-arides et arides sont les plus touchées (presque un quart d'entre elles). Afin d'assurer de meilleurs rendements, l'irrigation est une pratique en pleine extension : environ 8,1 millions d'hectares étaient irrigués en 1800, 41 millions en 1900, 105 millions en 1950 et plus de 222 millions d'hectares aujourd'hui. Cette pratique permet d'assurer 40 % de la production vivrière mondiale. Pour les régions tempérées, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation alors que dans les zones semi-arides, ou cette ressource est rare ou inexistante, on fait appel aux eaux souterraines (BOUALLA et al, 2012).

Selon SHENG et al, (2008) actuellement dans le monde, on trouve sur 1,5 milliard d'hectares de terre cultivée, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel**.**

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affecté par la salinité ou susceptibles de l'être (DURAND, 1958). Ils sont répondus dans les basses pleines 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 ; HALITIM, 1988)

Selon l'étude de Hanni(2017), la salinisation du sol dans la région d'In Salah est probablement due à la conduite culturale, la mauvaise gestion de l'irrigation-drainage, la remontée des eaux phréatiques et la faible densité de couvert végétale ou des terres non cultivés. La salinisation des sols est caractérisée par son évolution à la fois dans le temps et dans l'espace. Notre étude a été réalisée dans la région de In-Salah et pour, la première fois dans les palmeraies de El-Barka.

L'objectif de ce travail est d'étudier la salinité des sols cultivés dans les palmeraies de El-Barka dans la région de In Salah. Il s'agit d'étudier la répartition spatiale de la salinité du sol et de la dynamique des sels à différent profondeurs du sol toute en étudiant en parallèle le niveau et le degré de salinité de la nappe phréatique dans les palmeraies de El-Barka. Cette étude contenu trois parties :

1. Synthèse bibliographique

Elle présenté donne des notions de base sur la salinité du sol et présente aussi la région d'étude d'In Salah.

2. **Matériel et méthodes**

Elle expose les motifs de choix de la région d'In Salah et de cinq palmeraies de El-Barka ainsi que l'approche méthodologie adoptée.

3. Résultats et discussion

Elle dévoile et interprète les résultats sur la dégradation hydro-édaphique aux palmeraies d'El-Barka.

Chapitre I

Salinité du sol

Chapitre I : Salinité du sol

1. Généralité :

La salinité est un phénomène mondiale qui affecte 1 milliard d'hectares, soit 7%de la surface terrestre (GHASSIMI F; JAKEMANAJ; NIXHA, 1995).L'accumulation de sels dans les horizons sols peut engendrer une dégradation des caractéristiques physiques des sols (DURAND, 1983). Cette dégradation du sol affecte ainsi leur fertilité d'où leur réserve en matières organiques et minérales appauvries (FROSSARD, 1996).

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (AL-KARAKI, 2000 ; BAATOUR et al, 2004), et le rendement agricole (ZID et GRIGNON, 1991 ; ZHU., 2001).

2. Répartition géographique de la salinité :

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporite), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (GIRARD et al, 2005).

2.1. Répartition du sol salé dans le monde :

Les sols salins sont très répandus à la surface globe, leur salinité constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole. Globalement les sols salés occupent une superficie de (950 millions d'hectares (ZID et GRIGNON, 1991). Il a été estimé que 20% des275 millions d'hectares des terres irriguées (FLOWERS et FLOWERS, 2005) et 15%(227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectées par la salinité(MUNNS, 2002).

En Afrique du nord et au Moyen-Orient, elle couvre près de 15 millions d'hectares, dont 15% sont dépourvus de toute végétation (LE HOUEROU, 1986).Quinze millions d'hectares de terres agricoles sont touchées par une salinité croissante des sols au Maghreb, et au Moyen-Orient (BEN AHMED et al, 1996). Ainsi, en Tunisie, les sols salés couvrent environ 10% de la superficie globale du pays, soit à peu près 25% de la surface totale des sols

cultivables (BEN AHMED et al**,** 2008). En Egypte, 35% des aires cultivées sont salinisées, 90% d'entre elles souffrent d'engorgement (MAINGUET, 2003).

Tableau 1: Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008).

Région	Superficiel (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	2
Asie du Sud Est	20
Asie du Centre du Nord	211,7
Asie du Sud	87,6
Total	954,6

2.2. Répartition des sols salés en Algérie :

D'après SZABLOCS en 1994. 3,2 millions d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient. Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'ouest du pays (Mina, Cheliff, HabraSig, Magnai) dans les hautes plaines de l'est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des chotts et de Sebkhas (Chotts Chergui, Chottgharbi, ChottHodna, Chottmelghir, Sebkha d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazher Gharbi et Chergui, etc…) et dans le grand sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc…).

3. Définition de la salinisation du sol :

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (MERMOUD, 2006). Selon ASLOUM (1990) ce phénomène s'établit lorsque les concentrations en Na+, Ca++, Mg++ sous formes déchlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées.

4. Types de salinité du sol:

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels institue. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (Maillard, 2001).

4.1. Salinisation primaire :

La salinisation primaire d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux.

a. Salinisation géologique :

Les sels solubles peuvent provenir :

- ✓ Soit l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques En région arides et semi-aride, ces sols se concentrant sur place dans les dépressions fermées.
- ✓ Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires.
- ✓ Soit de l'altération des roches volcaniques (SERVANT., 1975).

b. Salinisation marine et lagunaire :

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plu sou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines (GAUCHER et BURDIN., 1974).

4.2. Salinisation secondaire :

Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (MEMOUD, 2006).

5. Propriétés des sols salés :

Selon RICHARDES (1954), MATHIEU et al (2003) ; La salinité des sols base sur la mesuré suivante :

- Chimique : cations solubles, anions solubles et sodium échangeable.
- Physico-chimique : CE, pH et CEC.

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 permettons d'estimé la salinité globale dans le sol (HADDAD et ABBES, 2015).

5 .1.Conductivité électrique (CE) :

Elle traduit la concentration de la solution du sol en électrolytes, et directement proportionnelle à la teneur en sels d'un sol (Tableau 2). Elle est exprimée en déci siemens par mètre (dS/m) ou en millésimes par centimètre (mS/cm) (RICHARDES ; 1954).

Tableau 2: Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009)

$CE_{e\ 1:5}$ à 25°C	**Classe de salinité**
$CE_{e\ 1:5} \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CE_{e\ 1:5} \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CE_{e\ 1:5} \leq 2$	Salé
$2 < CE_{e\ 1:5} \leq 4$	Très salé
$CE_{e\ 1:5} > 4$	Extrêmement salé

5.2. pH du sol :

La notion de pH est la mesure du nombre d'ions d'hydrogène (H+) présents dans le sol. Le pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol salins ; il est classé selon le pH de l'extrait 1/5(SOLTNER, 1989 in HADDAD et ABBES 2015**).**

Sa valeur, le plus souvent mesurée à l'aide d'un pH-mètre ou de "papier pH", indique si l'eau est acide (de 1 à <7), neutre (7), ou basique (de > 7 à 14). On dit aussi alcaline (Annexe1) (MATHIEU et PIELTAIN ,2009).

Tableau 3: Classes de pH des sols selon l'extrait 1/5 le pH de l'extrait (Soltner, 1989 in HADDAD et ABBES 2015)

	Classes
5à5, 5	Très acide
5,6à5, 9	Acide
6à6, 5	Légèrement acide
6,6à7,2	Neutre
7,3à8	Alcaline
>8	Très alcaline

5.3.ESP (Le taux de sodium échangeable):

Ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est en fonction de la CEC exprimée en (meq/l) (RICHARDES ; 1954). **ESP= Na+/ Quantité totale des cations absorbées**

5.4. SAR (Sodium absorption ratio):

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol (RICHARDES ; 1954).Le SAR est déterminé par la relation suivante (Durand ;1958).

SAR= Na+/ √ (Ca++ + Mg++)/2 ; Avec l'unité de (Na+, Mg++, Ca++) définie par méq/l

Tableau 4 : Classification de SAR (Sodium absorption ratio)

SAR	Degré d'alcalinisation
≤ 4	Basse alcalinisation
4≤ SAR ≤8	Faible alcalinisation
8≤ SAR ≤12	Alcalinisation moyenne
12≤ SAR ≤18	Alcalinisation Fort
>18	Alcalinisation intense

(SERVANT et al. 1966)

6. Classification des sols salés :

Selon Plusieurs auteurs les sols sont classés en fonction de leur degré de salinité, en prenant compte de leur sodalité (KOTURBY. AMACHER et *al*. 1997). 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 5 : Classification des sols salins

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

7. Effet de la salinité sur les sols et sur les plantes :

La salinité est un facteur limitatif majeur de la productivité agricole (PARIDA et DAS, 2005).La salinité du sol peut affecter d'une manière négative sur le sol comme sur les plantes, ces effets sont :

7.1. Effets des sels sur les Sols :

Les fortes concertations des sels peuvent influencer négativement les propriétés, physiques ; chimiques et biologique du sol.

- **Propriétés physiques du sol :**

La structure du sol peut être définie comme le mode d'agencement des particules primaires du sol dans les agrégats. Elle gouverne d'une part, la pénétration des racines dans le sol et d'autre part le déplacement de l'eau et des éléments nutritifs de la masse du sol vers les racines (Lavelle et Spain, 2001). L'augmentation de la quantité de sodium dans un sol entraîne la destruction de sa structure. En effet, un excès de sodium favorise la dispersion des colloïdes minéraux et par conséquence la réduction de la structure poreuse du sol. La salinisation augmente ainsi l'imperméabilité des couches profondes du sol, ce qui empêche l'aération et l'absorption d'eau nécessaire pour une bonne croissance des plantes (Ghassemi et al.1995).

- **Sur les propriétés chimiques :**

La salinité affecte les propriétés chimiques du sol tels que le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), le pourcentage de sodium échangeable (ESP), le carbone organique et modifie le potentiel osmotique et matriciel du sol (Wang et al, 2014).

- **Sur les propriétés biologiques**

La salinité peut perturber le nombre de microorganismes et leurs fonctions dans le sol. Plusieurs études ont montré l'effet négatif de la salinité sur la biomasse microbienne totale, la biomasse fongique et l'ergostérol fongique (Sardinha et al, 2003 ; Rietz et Haynes, 2003 ; Walpola et Arunakumara, 2010).Selon Garcia et Hernandez (1996), l'augmentation de la salinité inhibe plusieurs activités enzymatiques dans sol, telles que les activités phosphatase alcaline et ß-glucosides. les sels ont un effet stimulant sur la minéralisation du carbone, mais peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes avec des concentrations croissantes Chandra et al. (2002) .

7.2. Effet du sel sur les plantes :

La comparaison des plantes vivantes dans un milieu non salé et celles des milieux salés, montre que les fortes concentrations de sels solubles dans l'environnement racinaire provoquent la formation de plantes naines ainsi qu'une germination lente chez certaines espèces (ELMEKKAOUI, 1987).

Tableau 6 :Le degré de tolérance des cultures aux sels.

Cultures	Tolérance aux sels		
	Tolérance élevée	Tolérance moyenne	Tolérance faible

Arbres fruitiers	Palmier dattier	Grenadier ; Figuier ; Vigne ; Olivier	Poirier ; Amandier ; Pommier ; Agrume
Cultures maraichères	Betterave ; Asperge ; Epinard		Petit pois ; Haricot
Grandes cultures	Colza ; coton	Orge ; Avoine ; Blé (grain) ; Riz ; tournesol	Vesce
Cultures fourragères	Orge (foin)	Luzerne ; Dactyle ; Seigle (foin)	Trifolium repens

(ELMEKKAOUI, 1987)

8. Mise en valeur des sols salés :

Selon (GIRARD et *al* , 2005) une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite :

➢L'élimination des excès en sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée). Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméables que l'eau (pluie, irrigation) est abondante et de bonne qualité.

➢L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.

➢La reconstitution de la fertilité par des amendements qui enrichissent les argiles en calcium échangeable.

➢Des pratiques culturales particulières, labour de défoncement, ratissage des sels en surface.

Chapitre II :

Présentation de la région d'étude

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

1. Présentation géographique de la région d'étude :

La région d'In Salah se situe au centre de Sahara du sud algérien, à 1070Km de la capitale. La Daïra de In-Salah a une superficie de 43938 Km2. La plaines de Tidikelt fait partie de la région d'étude ($27^0$11'36''Nord et $02^0$27'38'' Est). Elle est limité au sud par le Sebkha Mekerrhane et oueds Botha et Djaret, et au nord par les plateaux du Tademaït oued M'yaa et à l'ouest par Touate, et a l'est par le Hoggar (DUBOST, 2002).

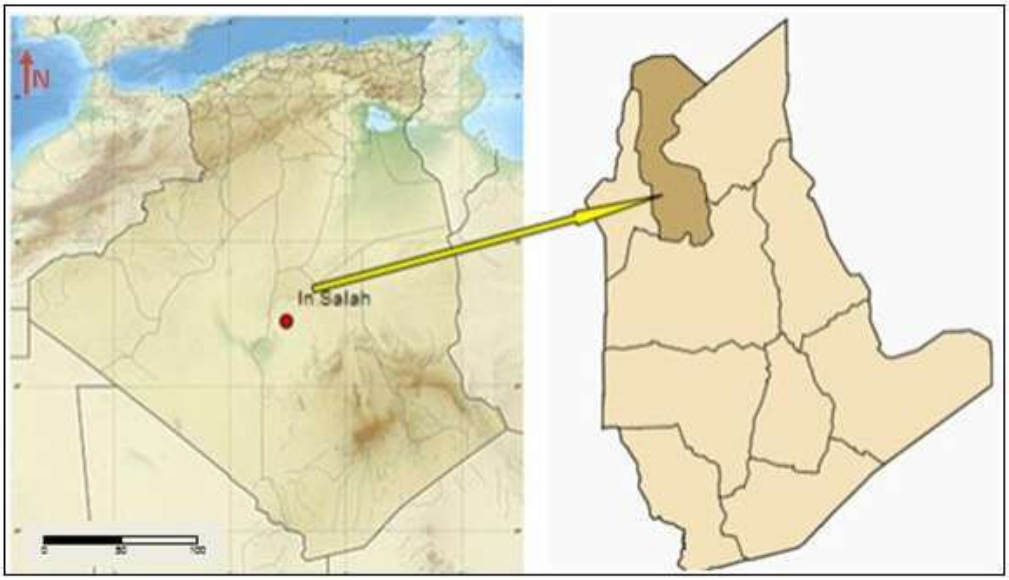


Figure 1: La situation géographique de la région (In Salah)

2 .Contexte climatologique :

Le Sahara correspond du point de vue climatique, à un climat dont les précipitations sont faibles, un air chaud, une insolation forte, du vent, une faible humidité et une évaporation importante.

2.1. Cadre climatique local :

Le climat de la région d'In Salah est désertique avec des hivers froids et des étés très chauds.

Il est possible de distinguer parmi les facteurs climatiques la lumière et la température entant que facteurs énergétiques, les précipitations comme facteurs hydrologiques et les vents

entant que facteurs mécaniques (RAMADE, 1984).Nous présenterons le climat de larégion d'étude à partir de certaines données climatiques collectées au niveau de la station météorologiques d'In Salah qui est située à l'aéroport.

Les coordonnées des stations sont mentionnées dans le tableau.

Tableau 7:Caractéristiques géographiques de la station climatologique d'In Salah.

Nom de station	Altitude (m)	Latitude	Longitudes	Période
In Salah	268	27°31 N	02°15 E	2009/2018

(Source ONM Tamanrasset 12/05/2019)

L'étude du climat de la région d'In Salah, a été faite sur une période de 10 ans (2009-2018), les mesures du climat dans cette période présentent dans le tableau.

Tableau 8:Donnes climatique de la région d'In Salah (2009 /2018).

Paramètres/mos	Température (C %)			Humidité (C %)	Vent (m/s)	Précipitation (mm)	Evaporation (mm)	Insolation (h/mois)
	Min	Max	Moy					
Janvier	6,7	22,8	14,8	36,4	4,7	1,9	165,8	270 ,7
Février	8,9	25,3	17,1	29,8	5	9	171,2	252,8
Mars	13,1	30,2	21,6	23,9	5,2	2,2	231,6	282
Avril	18,1	35,7	26,9	19,2	5,4	0	305,4	294,3
Mai	23,4	40,1	31,7	16,7	6,1	7	410,3	313,1
Juin	27,3	44,2	35,8	15	5,8	2,9	432,1	311,6
Juillet	30,6	46,3	38,5	13,2	6,7	1	549,3	340,9
Août	30,1	44,8	37,5	16,1	6,5	1	495,1	327,9
Septembre	26,8	42	34,4	21,4	5,5	2,2	412,8	267,6
Octobre	20,6	35,7	28,1	26	5,4	5	320,7	286,4
Novembre	13	28,4	20,7	32,1	4,8	1,4	220,7	268,2
Décembre	9,1	23,4	16,3	39,6	5,9	1	188	269,2
MOY	18,98	34,9	26,95	24,12	5,58	2,88	283,99	290,392

2.1.1. Température :

Elle est marquée par une grande amplitude thermique entre la température du jour et de la nuit, d'été et d'hiver. On observe dans le tableau 8 que la période chaude commence au mois de mai et dure jusqu'au mois de septembre, la température moyenne la plus basse est enregistrée au mois de Janvier avec une valeur de 14.8°C, Alors que la plus élevée est enregistrée au mois de Juillet avec une valeur de38.5°C.

2.1.2. Précipitation :

Les précipitations sont très rares et irrégulières entre les mois et les années. Les pluies tombent en majeure partie généralement durant la période hivernale. Pour le reste de l'année. Il peut pleuvoir durant plusieurs jours de l'année, ou comme il arrive très fréquemment, qu'aucune goutte ne tombe durant l'année.

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées pour la station sont représentées dans le tableau 8.

2.1.3. Evaporation :

Il montre que les fortes valeurs de l'évaporation sont enregistrées pendant la période estivale. Elle atteint son maximum au mois de juillet 549,3 mm et les faibles valeurs sont enregistrées pendant la période hivernale où elle atteint son minimum au mois de décembre et janvier (165,8mm) (Tab. 8).

2.1.4. Vent :

Le vent est l'un des éléments caractéristiques du climat qui régit l'évaporation à la surface du sol et de la végétation. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrés aux stations sont représentés dans le tableau 8. La force des vents est modérée durant toute l'année, avec une amplitude maximale de (6.7 m/s) enregistrée au mois de juillet. La vitesse minimale est enregistrée aux mois de janvier (4.7m /s).

2.1.5. Insolation :

La région d'étude reçoit une quantité de la lumière solaire relativement très élevé. Elle influe sur l'évaporation des plans d'eaux et la transpiration des végétaux donc sur la

croissance et le développement des plantes. Les valeurs enregistrés au niveau de la station (Tableau 8) montrent que ce facteur atteint son maximum en juillet soit 340 h/mois et son minimum en février soit 252,2 h/mois.

2.1.6. Humidité :

L'humidité relative de l'air est un rapport, exprimé en%, de la tension de vapeur d'eau par la tension de vapeur d'eau saturante. C'est un élément atmosphérique très important puisqu'il donne le taux de condensation de l'atmosphère. Les données d'humidité relative moyenne de la station présente au tableau 8. On remarque que l'humidité relative dans la région de In- Salah est très faible. On note la valeur la plus élevé pour le de décembre soit 39,6%.

L'humidité durant les autres mois de l'année, elle oscille entre 13,2et 36, 4 %.ce qui indique un signe de sécheresse accentuée,

3. Synthèse climatique :

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée. Les périodes humides et sèches sont mises en évidence grâce au diagramme ombrothermique de Gaussen.

3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS :

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN montre que l'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche et humide dans la région de Ouargla s'étale surtout l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec P=2T.

Le Diagramme Ombrothermique de la région de In Salah établit à partir des donnés pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 10 ans, et montre que la période sèche s'étale sur tout l'année ce qui favorise la salinisation (Fig.2)

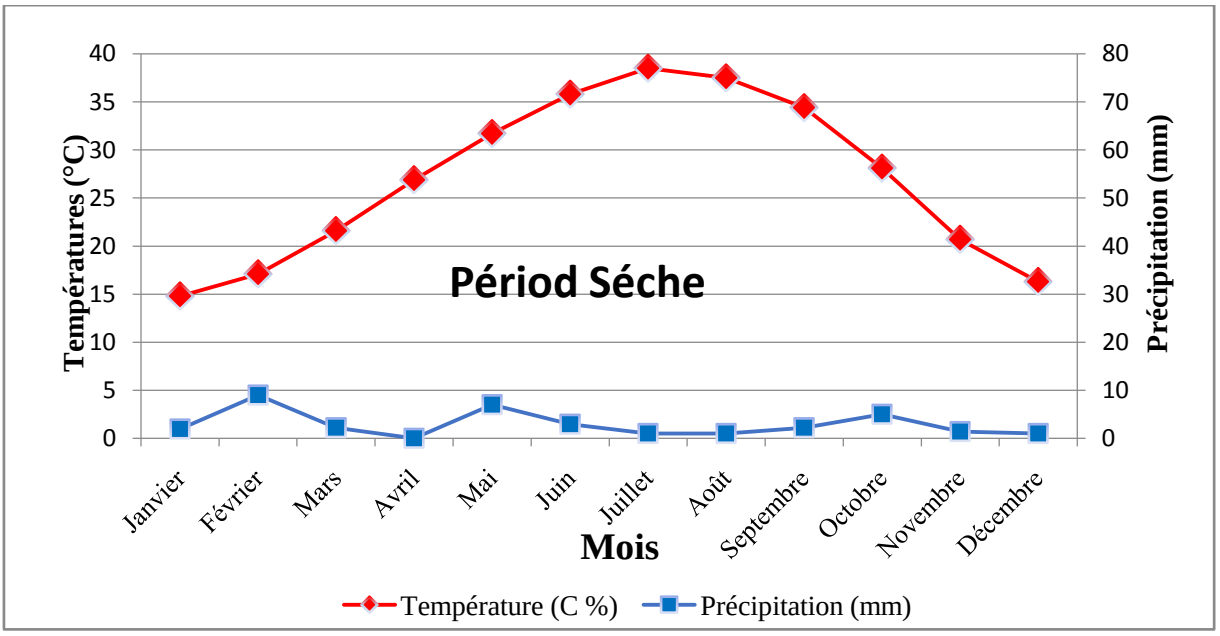


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la région In Salah 2009-2018

3.2. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme pluviothermique d'EMBERGER permet de connaitre l'étage bioclimatique de la région d'étude, il lie les deux facteurs essentiels, le climat à savoir la température la précipitation par la relation suivante :

Q2= 3,43xP/ (M-m)

P : est la précipitation moyenne annuelle en mm.

M : est la moyenne des maxima du mois le plus chaud en C°.

m : est la moyenne des minima du mois le plus froid en C°.

Après application de la formule, nous obtenons la valeur de Q2 égale à 3 ce dernier situe In Salah dans l'étage saharien à hiver doux (Fig.3).

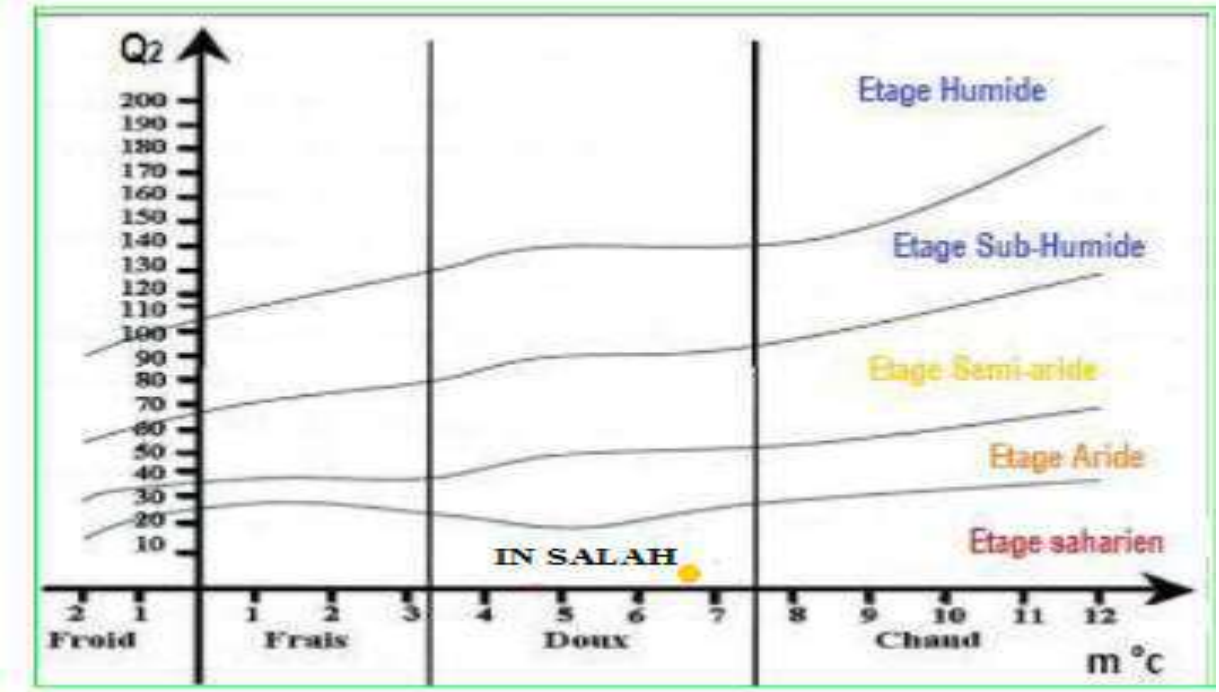


Figure 3: Situation de la région d'In Salah niveau du climagramme d'EMBERGER

4. Hydrogéologie

La région de In Salah est caractérisée par un aquifère Continental Intercalaire (Albien). cet aquifère se trouve parmi les plus grands aquifères du monde. Il contient une nappe captive ou localement libre, profonde. Il couvre toute la surface du bassin du Tidikelt. Il est formé par des dépôts gréseux, conglomératiques et des sables bariolés. L'épaisseur de ces dépôts, peut atteindre1500 à 2000m. Les niveaux aquifère du continental intercalaire peuvent se résumer en sable, graviers, grès rouges. Dans la région de In Salah cet aquifère peut être libre (exploité par des foggaras) ou captive (forage artésien de la région d'Igosten) (MEHDI, 2006)

4.1. Continental Intercalaire (CI)

La nappe est contenue dans les horizons sablo-gréseux et gréseux du continental intercalaire. Ce dernier est constitué par sédiments qui occupent l'intervalle stratigraphique compris entre la base du trias et le sommet de l'Albien. La nappe est continue du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar et d'Est en Ouest depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'à la Hamada el Hamra (DHW, 2010).C'est un réservoir d'eau dont l'épaisseur utile (c'est-à-dire l'épaisseur des dépôts perméables d'eau douce) dépasse 250m dans sa plus grande partie. Elle atteint 1000m au Nord-Ouest (Ouest de Ghardaia) et au centre

du bassin et diminue vers le Nord et le Nord Est ou elle atteint 125m au niveau du chott El Gharsa (envahissement par l'eau salée).Les caractéristiques hydrodynamiques de réservoir sont bonnes. La porosité moyenne est de26% et les transmissivités varient de 26 à 30.10-3 m^2/s, respectivement au centre, à Oued Rhiret au Nord - Est, au niveau du Chott Djerid (DHW, 2010).

La nappe est libre dans les zones d'affleurement, semi captive ou plus généralement captive non jaillissante sous le Grand Erg Occidental, le M'zab, le Tademait, le grand Sud tunisien et le Hamada El Hamra, elle est fortement artésienne jaillissante, dépassant 15 bar (avec des températures élevées) sur tout le domaine Oued Ghir-Souf-Djérid-Grand Erg Orientale. Mais l'artésianisme a régressé dans les régions formation exploitées (10 à 50 m de pente, jusqu'à100 m localement à Touggourt) (DHW, 2010).La minéralisation de l'aquifère du Continental Intercalaire est très variable. Elle augment dans les zones d'alimentation vers les exutoires et en profondeur avec les niveaux argileux.

Dans le bassin occidental (zone peu minéralisée) elle est de 0,5 g/ l à 1g/ l et elle augmente vers le sud ou elle peut atteindre 5 g/l dans les zones de foggaras. Dans le bassin oriental, elle est maximale au centre du bassin 5 g/ l et diminue vers la périphérie ou elle attient1, 5 g/ l à 2 g/ l dans le Dahar (Est), Tinrert (Sud) et Ouargla (Ouest).L'augmentation de la salinité va de pair avec celle de la température et de la profondeur elle dépasse 50° pour des profondeurs de l'ordre de 1500 m (DHW, 2010).

4.2. Complexe Terminal (CT)

On regroupe sous le nom de Complexe Terminal l'ensemble des formations les plus récentes du Sénonien supérieur et de Mio-pliocène.Il se compose de deux ensembles aquifères principaux :

1. L'épaisseur de l'aquifère des sables du Mio-Pliocène est de 50 à 100 m en moyenne. Elle est minimale dans la région de Hassi Messaoud (30 m) et augment vers le Sud (400 m) et le Nord ou' elle peut atteindre2000 m.

2. L'épaisseur moyenne du réservoir carbonaté est de 100 à 200 m, et peut atteindre 500 m sous le chott Djérid et 600 m dans la fosse atlasique. La porosité de la lithologie est estimée à 30 % dans les sables du Mio-Pliocène et à 20 % dans les calcaires du Sénonien et de l'Eocène supérieur ; Dans le bassin oriental, l'écoulement se fait du sud vers le nord. Il converge des

zones d'alimentation vers les chotts Merouane, Melhrir, Gharsa et Djérid, ainsi que vers l'exutoire souterrain du golf de Gabés ; Dans le bassin oriental, l'écoulement est identique à ceux du Continental Intercalaire sous-jacent, c'est-a-dire de direction Nord – Ouest vers Sud Est vers l'ouest Saoura et Timimoune contribuant à l'alimentation de la vallée de l'oued Saoura (DHW, 2010).

L'unique ressource de la région d'In Salah sont les eaux souterraine du Continentale Intercalaire. La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts contins en taux sablo gréseux et sablo argileux du Crétacé Inférieur (SEDAT ,2011).

4.3. Caractéristiques du continental intercalaire à In Salah :

La région d'In Salah fait partie du sous bassin hydrogéologique occidental du continental intercalaire et constitue son limite sud est. Cet ensemble continental repose au Sud et à l'Est en accordance sur des formations marines du carbonifère basal (argile noire à silex du Visent),Vers le Nord et à l'Ouest le substratum devient plus ancien, se sont les formations du dévonien supérieur (argile schisteuse noire à passée des grés et de la pyrite « série de khenig ») (BENHAMZA et MERZOUGUI, 2007).Le réservoir utile correspond aux formations détritiques du crétacé inférieur.

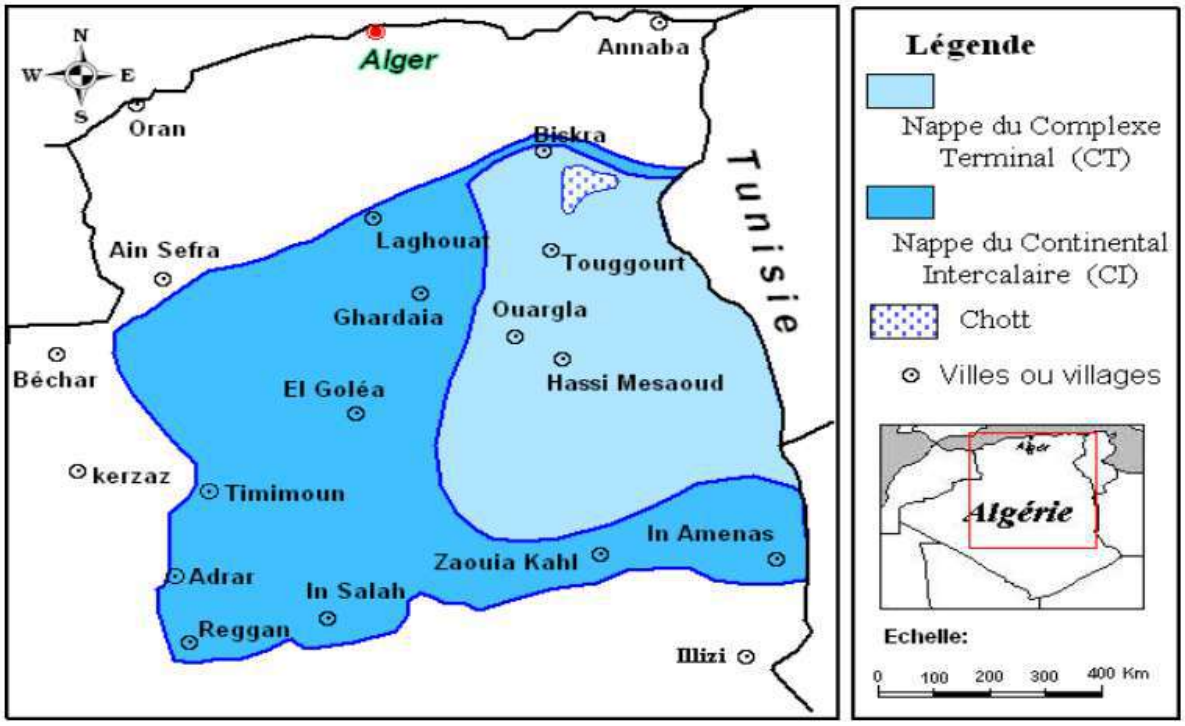


Figure 4 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), (EL MAALEM et BEN KERROUM, 2010)

4.4. *Système aquifère local :* « coupe géologique NW – SE »

L'ensemble géologique qui renferme la nappe d'eau dans la région d'in Salah est constitué par une alternance des formations détritiques continentale. Les coupes lithologiques des forages. d'eaux et pétroliers réalisés dans le périmètre inventorié, montrent la répartition hétérogène dans l'espace et le temps des ces formations (NASRI et MERZOUGUI, 2004).

Au nord de la commune d'In Salah [Forage Djoua 107 « Miliana »] les formations aquifères débutent par des matériaux grossiers (alluvion) du quaternaire qui surmontent une épaisse couche (305 m) constituée de grés argile, gravier et sable du crétacé inférieur (Nasri, Merzougui, 2004).

Au centre de la commune d'In Salah (Forage FS11 « Bordj IS101 ») on remarque un changement du faciès lithologique, ainsi qu'une réduction de l'épaisseur. La formation dominante est le gré tendre et l'argile rouge sableuse (NASRI et MERZOUGUI, 2004).Vers le sud est (Forage IS 90 vers Tamanrasset) le pourcentage des matériaux fins devient plus important et l'argile rouge sableuse constitue la formation la plus dominante,

l'épaisseur de la nappe d'eau dans cette zone ne dépasse guère 50m (NASRI et MERZOUGUI,2004).

L'ensemble géologique qui renferme la nappe d'eau dans la région d'In Salah est constitué par une alternance des formations détritiques continentale. Les coupes lithologiques des forages.

L'histoire géologique de l'Algérie s'inscrit dans une longue évolution géodynamique. Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentation depuis le Précambrien. La géologie de la partie septentrionale de l'Algérie est marquée par l'empreinte de l'orogenèse alpine (domaines tellien et atlasique). Le linéament majeur du pays correspond à la flexure sud-atlasique qui sépare l'Algérie alpine au Nord de la plate-forme saharienne au Sud, constituée pour l'essentiel de terrains du Précambrien et du Paléozoïque.

***Litho stratigraphie* :**

On se basant sur la carte géologique d'In Salah et les informations fournies par les forages pétroliers qui se trouvent au nord et à l'ouest de la région d'étude, Le log litho stratigraphique des formations géologiques sera comme suivant (NASRI et MERZOUGUI, 2004) :

- D : Dune (Erg).Q : Quaternaire récente : Alluvion argileux sableuse.
- T : Tertiaire : Grés fin à grossier argileux, beige clair compact.
- Cs2 : Sénonien supérieur : Calcaire, calcaire à silex et argile.
- Cs2 : Sénonien inférieur : Argile à gypse, calcaire à silex rubané et grés.
- Ct : Turonien : Dolomie et craie dolomitique bariolée.
- Cm : Cénomanien : dolomie finement cristallisé et argile plastique brun et rouge.
- Ci : Crétacé inférieur (continental intercalaire) : Alternance des argiles rouge, grés, gravier et sable.
- hV : Carbonifère inférieur (Viséen) : Argile induré gris à noire micacée.
- hT : Carbonifère inférieur :(Tournaisien) : Argile schisteuse, noire et grés fin à moyen ciment de calcaire à la base.
- ds : Dévonien supérieur : Argile litée, noire, pyrite use et des grés (série khrenig) (NASRI, MERZOUGUI, 2004).

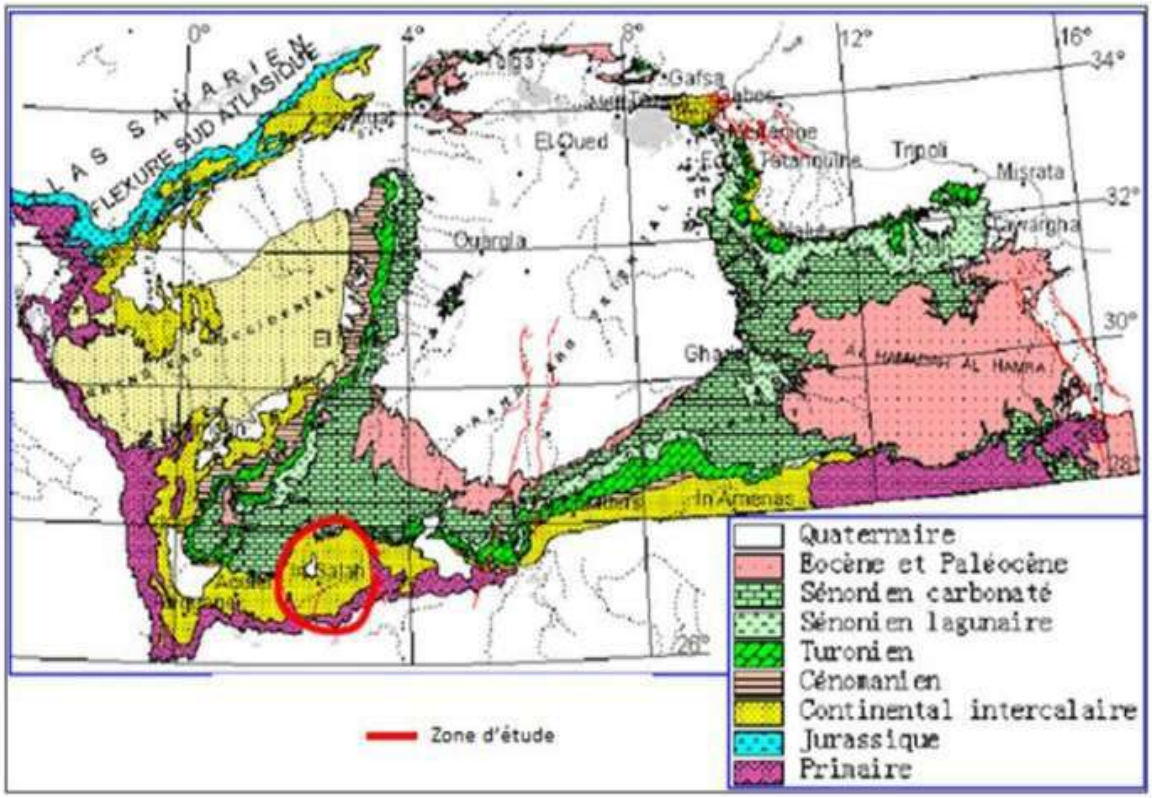


Figure 5:Extension géologie du SASS et zone étudiée à In Salah (OSS.2003).

6. Les grandes structures géomorphologies :

Selon EL MAALEM et BENKARROUM, 2010 la région d'In Salah constitue la limite sud du grand plateau de Tidikelt. Elle est caractérisée par deux traits morphologiques :

- le plateau (Reg) : c'est une vaste plaine allongée sensiblement NE
- SO, limitée au sudpar les affleurements du primaire et au nord par les falaises des formations du crétacé supérieur.- Les altitudes du plateau sont limitées par la courbe de niveau 275 et 300 m.
- La pente est généralement très faible, elle est de l'ordre 1% et le pendage est vers le Sud-ouest.

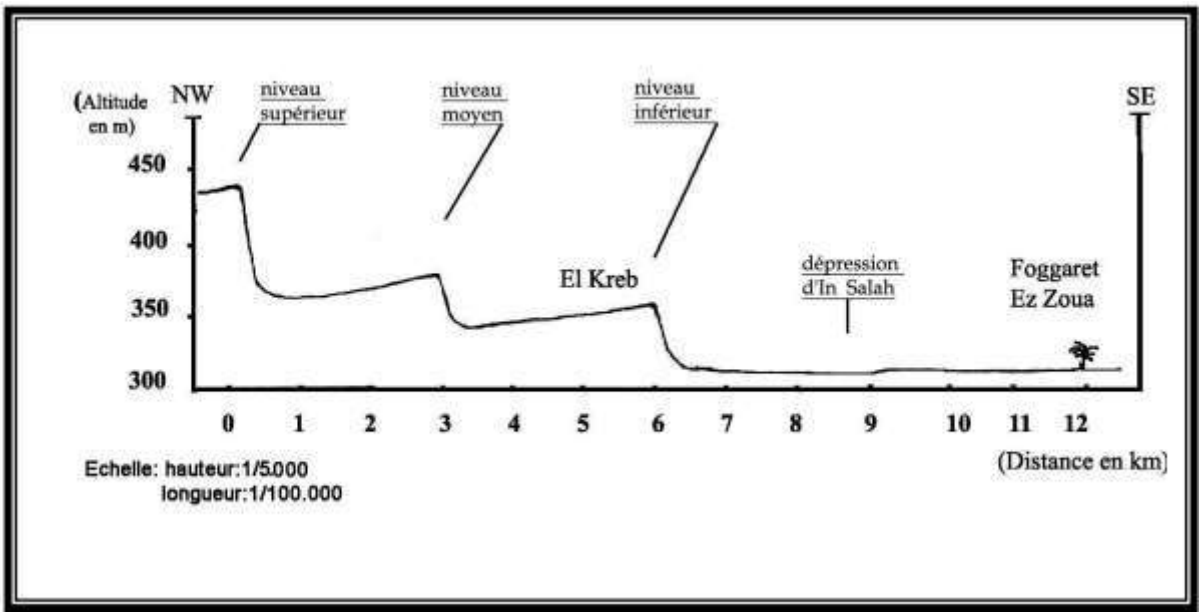


Figure 6: Carta topographique « plateau du Tademaït- Foggara et EzZoua » (EL MAALEM, BEN KARROUM, 2010).

La dépression : elle marque la limite sud ouest du plateau de Tidikelt et caractérise l'extrémité occidentale des palmeraies

- Sebkhas : Les sebkhas sont des successions de petites sebkhas qui marquent la limite sud du bassin occidental (zone Tidikelt) et constituant l'exutoire naturel des eaux de la nappe aquifère.

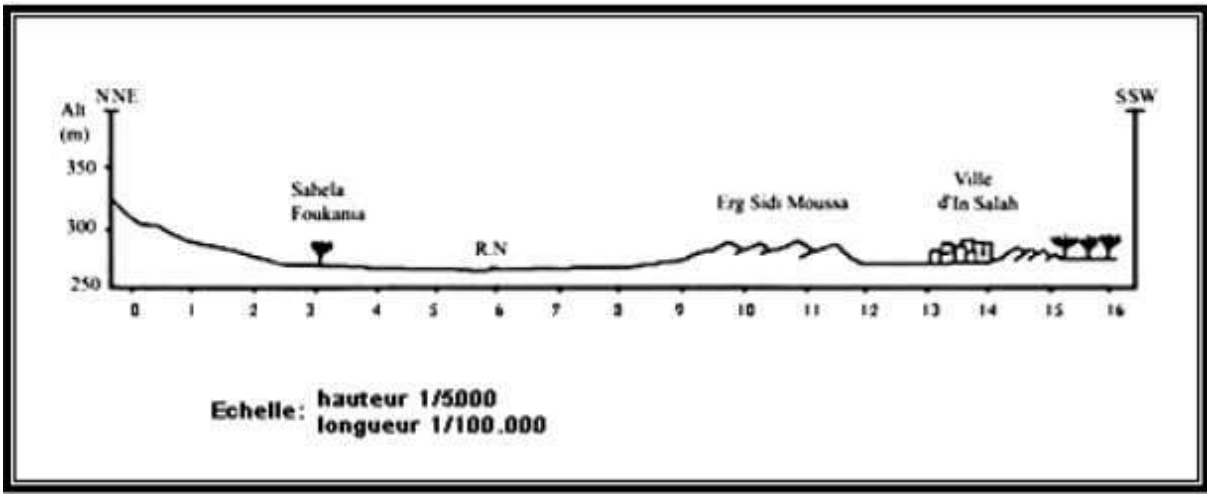


Figure 7: Profil topographique de la dépression d'In Salah (EL MAALEM et BENKARROUM, 2010).

7. sol :

La région d'In Salah fait partie de la zone hyper aride, caractérisée par une salinisation secondaire surtout dans les palmerais. La solution du sol est très chargée en chlorures et sulfates dénotant une salinisation salsodique. La prospection des sols de la région d'étude fait ressortir un gradient de salinisation croissant du Nord Est (de région d'Igosten, 273m d'altitude) au Sud-ouest (de la région de sebkhat et Ezzebara 256 d'altitude). L'irrigation se traduit souvent par une remonté de la nappe superficielle salé salinisant le sol (MEHDI, 2006). Pour les sols hors palmeraies, généralement ces sols sont situés sur des terrasses d'apport faisant la transition entre la terrasse d'érosion au-dessus et les sebkhas au-dessous. Dans certains sols les dépôts colluviaux et éoliens se sont formé simultanément. Dans ces sols contrairement aux sols irrigués. Il n'ya pas de processus d'accumulation des sels ou du moins faiblement la salinité des horizons et relativement moins élevés et l'accumulation des carbonates ou du gypse est peu visible dans ces sols (S.E.D.A.T, 2012).

8 .Végétation :

Selon NASRI et MERZOUGUI, (2004) la couverture végétale est presque inexistante sauf quelques types d'arbustes qui se trouvent le long des oueds.

9. Agriculture :

La plus part des plantes cultivé sont les phoenicicultures avec plusieurs variétés des dattes (Agaz, Ahartane, Echikh, Elmassodia, Takerboucht et Tinasser). La superficie agricole utile est de 22771 ha, le rendement est estimé à 26747 qx. Il existe aussi de la céréaliculture dont le rendement est 35à 36/ha, et quelques cultures maraîchères (Tomate, Piment, courgette et betterave).Et des quelques rares arbres fruitiers ou arbustes comme l'acacia, le figuier, le grenadier et la vigne (MEHDI, 2006)

10. Le mode d'exploitation des ressources en eau :

Selon l'inventaire de l'ANRH et d'après une grande enquête menée par la **SOCIETE DESETUDES DIVERSES ET ASSISTANCE TECHNIQUE** (S.E.D.A.T, 2011) sur la zone d'étude, elle se trouver plusieurs mode d'exploitation d'eau pour l'usage d'irrigation sont :

- L'exploitation traditionnelle des eaux dans la région se fait par les fameuses Foggaras de Tidikelt comme au Touat .Le terme foggara désigne une galerie souterraine qui consiste à drainer les eaux de lanappe aquifère du plateau vers les terrains irriguées situées dans la dépression.
- forages profonds réalisés par le service d'hydraulique d'In Salah.
- Forages Illicites réalisé arbitraire.

Photo 1:Kasria secondaire de la Foggara d'EL Meghier (Remini, 2000)

Chapitre III :

Matériels d'étude

Chapitre III : Matériels d'étude

1. Méthode d'étude

1.1. Choix de la zone d'étude

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié la variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El- Barka région de l'In Salah.

1.2. Choix des secteurs d'étude

Le choix est fixé sur les secteurs agricoles qui appartiennent au village d'El- barka. Ce village est situé près de la palmeraie d'In Salah. Le village est créé depuis 1840. Il est célèbre pour son abondance en eau et ses médicaments. Selon la DSA et le cadastre de In Salah El - Barka regroupe cinq secteurs agricole.

- **El- Barka 1** (Anciens palmeraies)
- **El- Barka 2** (Anciens palmeraies)
- **El -Barka 3**(1000 ha Zone de mise en valeur)
- **El Barka 4** (200 ha Zone de mise en valeur)
- **El Barka 5(**1200 ha Zone de mise en valeur

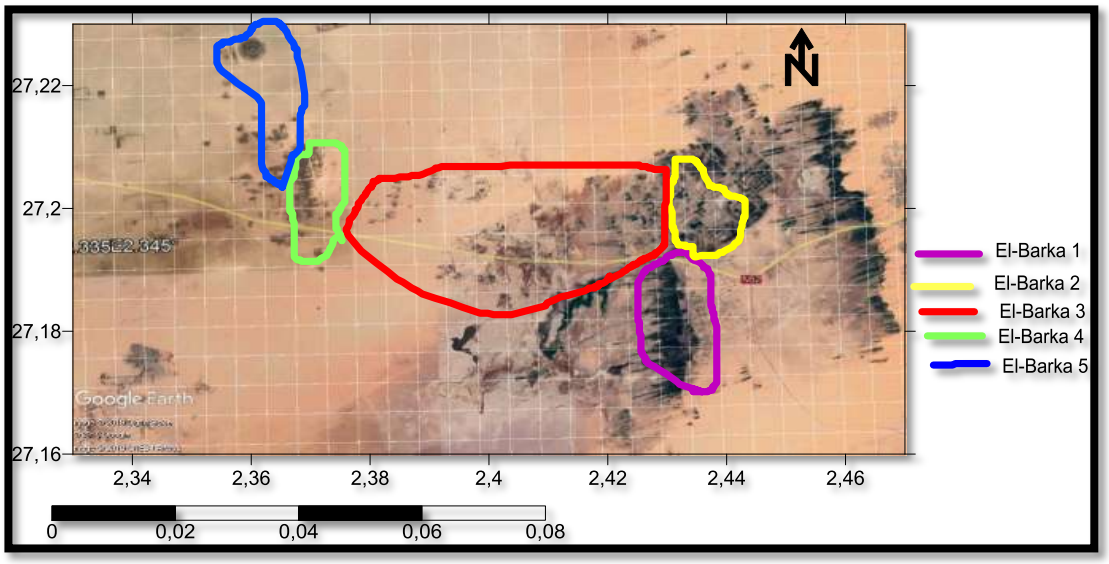


Figure 8 : Choix des secteurs d'étude

2. Méthode d'étude

2.1. Méthodologie

L'approche méthodologique que nous avons adoptée consiste à l'étude de la dégradation hydro-édaphique dans une partie de l'espace agraire d'El -Barka de la région In Salah caractérisé par deux types d'agro-système ; ancienne palmeraie et la mise en valeur agricole. Nous avons adopté une approche spatiale et analytique des paramètres hydro-édaphiques dans cette dernière. Cette démarche de recherche a été effectuée dans l'ordre suivant :

1- l'étude de la gestion hydro-édaphique par la collecte des données auprès des établissements (DHW in Salah, DSA In Salah, ANRH Sud-ouest Adrar,) sur les sols cultivée d'El -Barka de la région de In Salah suivie par une enquête sur le terrain où on a étudié son système agraire ;

2- l'étude de dégradation hydrique et édaphique dans les cinq sol cultivée de El -Barka de la région In Salah

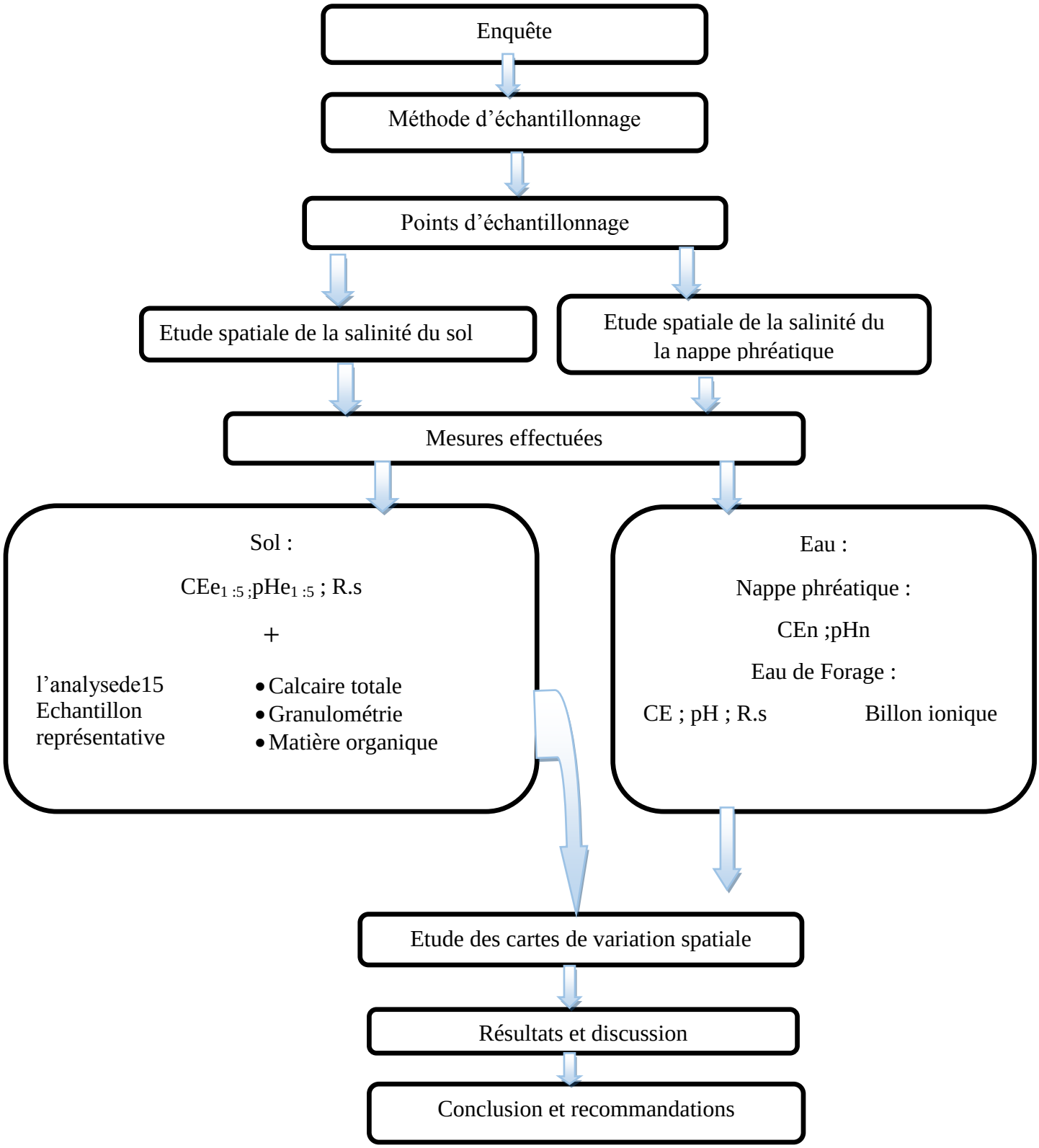


Figure 9:**Approche méthodologique**

2.2.1. Méthode d'échantillonnage

Nous avons choisi d'utiliser la méthode d'échantillonnage systématique aléatoire de l'espace agraire. Cette méthode consiste à prélever des échantillons selon une structure régulière. Il existe différentes configurations de maillage, mais celle effectuée à partir d'un maillage carré est la plus courante. Les échantillons sont prélevés à chacune des intersections du maillage, au centre de celui-ci ou au hasard à l'intérieur de chacune des mailles.

Le point de départ et l'orientation du maillage peuvent être choisis au hasard. Cette méthode permet une couverture uniforme du terrain à l'étude et est simple à réaliser. De plus, elle facilite la cartographie des données et l'interprétation des résultats d'analyses.

La détermination de la dimension des mailles est un élément de décision, important. La dimension est souvent établie en fonction de la précision désirée et d'autres paramètres, comme l'objectif, la durée de réalisation de l'étude et les moyens présents pour l'étude (main-d'œuvre, matériel…etc.). Nous avons opté pour une dimension de maille de 500 m × 500 m(Fig.11).

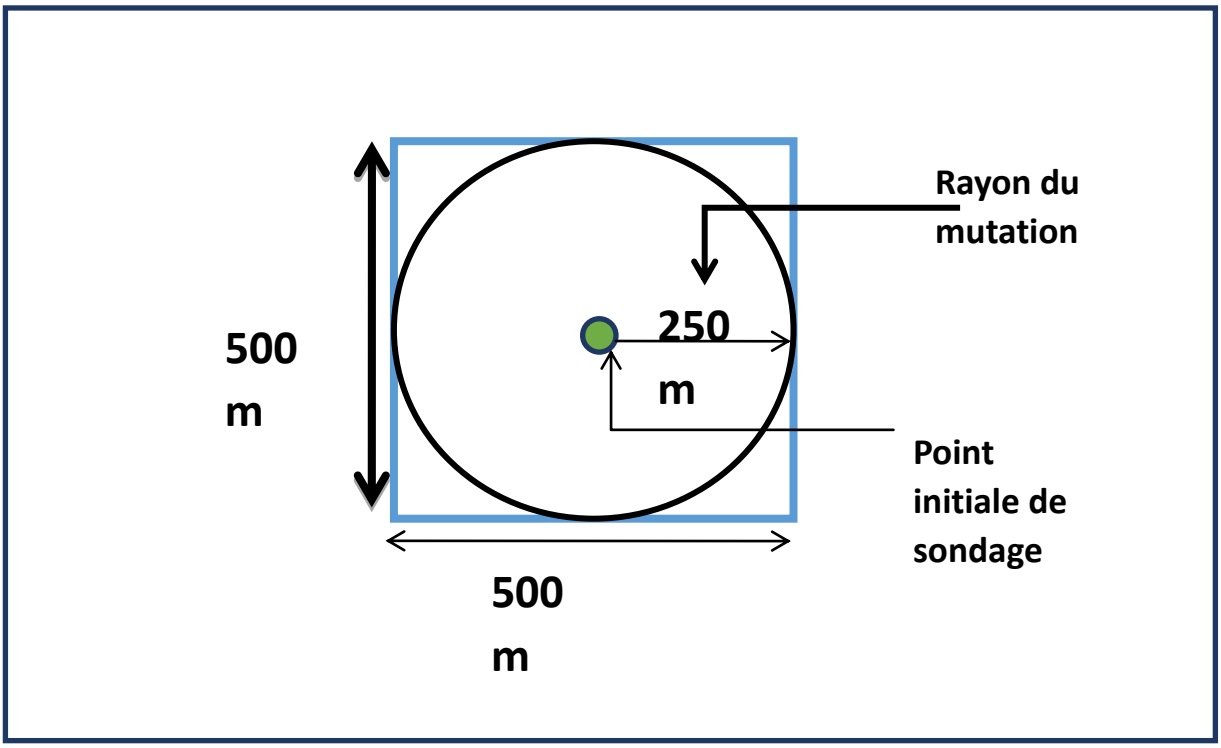


Figure 10 : Dimensions de la maille avec le rayon possible de modification d'un point d'échantillonnage

Le maillage est pratiqué par logiciel Arc GIS version 10.2.2 sur l'image satellitaire (Google Earth, 2018) du sol agricole d'El Barka région de la In Salah, où au centre de chaque maille il y a un point d'échantillonnage. On procède à l'élimination des points qui sont en dehors de sol agricole d'El Barka de la région In Salah (Fig.11). Les cordonnées des points (système de coordonnées WGS 1984, UTM zone31N) sont transférés à un Smartphone et ouvert par le logiciel "GPS Test «Pour faciliter le déplacement entre les points, on a imprimé des images satellitaires du sol cultivé d'El Barka région In Salah. Nous avons aussi modifié la position de certains points de sondage en fonction des contraintes rencontré sur terrain, notamment la difficulté d'accès aux jardins, l'envahissement des roseaux et l'inaccessibilité de certains endroits. Ces modifications ne doivent pas dépassé les 250 m.

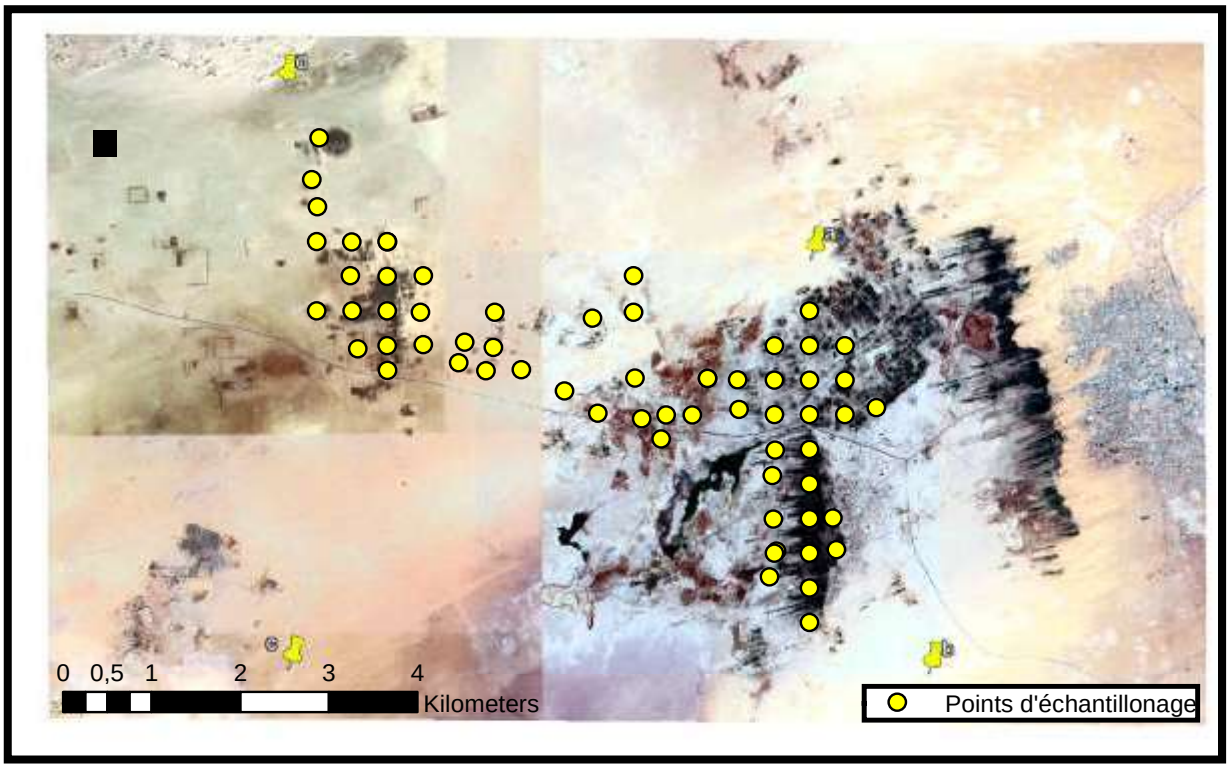


Figure 11 : **Points de sondage après délimitation de la palmeraie d'El- Barka 2019**

2.2. Echantillonnage :

L'étude de l'impact de la dégradation hydro-édaphique sur des sols agricoles d'El Barka été effectuée au cours de la période allant, de fin décembre 2018 jusqu'au début mars2019. L'échantillonnage a été réalisé en deux étapes effectuées en parallèle :

2.2.1. Etude de la dégradation édaphique du sol :

L'étude de la dégradation édaphique du sol a été réalisée par deux parties dans 60 points d'échantillonnage, avec trois répétitions dans chaque point. Chaque sondage est effectué en 03 profondeurs (0–40 cm, 40–80 cm, 80–120 cm). Les prélèvements des échantillons sont effectués avec une tarière de 120 cm de longueur. Les échantillons ont été ramenés dans des sachets.

Avant d'entamer l'analyse, les échantillons sont été préparés comme suit :

➢Séchage à l'air libre ;

➢Fragmentation des agrégats à l'aide d'un mortier ;

➢Tamisage à 2 mm.

Les paramètres analytiques déterminés sont :

- La conductivité électrique sur l'extrait (1/5) ;
- Le pH sur un extrait sol /eau (1/5) ;
- Le résidu sec (R.s).

On a choisi un point représentative on considère les trios couche de chaque site des sols de la palmeraie d'El-Barka pour réaliser les analyses suivantes : Calcaire totale ; Granulométrie ; Matière organique.

2.2.2. Etude de la dégradation hydrique :

Concernant l'étude de la dégradation hydrique des sols cultivée d'El- Barka a analysé les paramètres suivants :

- La CEn et le pH des eaux phréatique ;
- la profondeur de la nappe phréatique (niveau statique (P.s)) à l'aide d'une sonde électrique.

  Les échantillons d'eaux ont été conservés à environ 4°C dans des glacières entre le moment du prélèvement et la réception au laboratoire.

2.3. Etude de l'espace agraire :

L'étude consiste à la collecte de tous information sur les sols cultivés dans l'espace agraire d'El -Barka région de la In Salah tel que la conduite culturale, la gestion agricole et aussi les systèmes d'exploitation existants avec leur activité agricole concernant les systèmes d'irrigation ou drainage. L'étude a été réalisée sur 20 agriculteurs répartis équitablement sur les 05 zones.

3. Analyses au laboratoire :

Les analyses de nos échantillons ont été effectuées au niveau du laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Kasdi Merbah de Ouargla.

3.1. Analyses du sol :

3.1.1. Conductivité électrique:

Afin de préparer l'extrait de 1/5, on pèse 20g du sol tamisé. On ajoute 100 ml d'eau distillée, on l'agite pendant une deux heures pour faire mobiliser les ions et finalement on mesure la conductivité électrique avec un Conductimètre.

3.1.2. pH :

Est une expression logarithmique de l'acidité d'une solution. Il est mesuré par un pH-mètre sur une suspension de terre fine avec un rapport (terre/eau) 1/5.

3.1.3. Résidu sec (R.s) :

Elle consiste à mettre 50 ml d'eau dans un bécher taré, pendant24 heures à 105°, la différence de poids constitue le résidu sec.

On a choisi 15 Echantillon représentative des sols de la palmeraie pour réaliser les analyses suivantes : Calcaire totale ; Granulométrie ; Matière organique.

a- La granulométrie

a été effectuée par tamisage à sec, (tamis de : 1mm ; 0,5 mm ; 200µm ; 45 µm).

b- Dosages de calcaire total :

c- Application de la méthode gazométrique par le calcimètre de BERNARD

d- Matière organique :

On trouve par la perte au feu qui permet de mesurer directement la matière organique dans le sol, Cette méthode est utilisée pour faire la détermination de la matière organique par incinération (Perte au feu ou perte par calcination). Cette méthode n'est pas adéquate pour les sols calcaires (MORENO M. T., P.et al, 2001).

Le domaine d'étalonnage se situe entre 1 et 50 % de matière organique.

3.2. Analyse des eaux phréatiques :

1. pH : on a utilisé le pH mètre.

2. Conductivité électrique (CEn) : On a utilisé le conductimètre.

3.3. Analyse des eaux irrigation :

Nous avons analysé 5 échantillons d'eau d'irrigation prélevés dans un forage pour la palmeraie d'El BARKA 5. Pour les autres palmeraies les échantillons sont prélevés d'une manière aléatoire dans des puits traditionnel. Les échantillons sont conservés dans des bouteilles à environ 4°C pour les analysés au laboratoire de l'Agence national des Ressources Hydrique Adrar (ANRH).

1. PH : on a utilisé le pH mètre.

2. Conductivité électrique(CE):on a utilisé le conductimètre.

3. Résidu sec (R.s) :

Elle consiste à mettre 50 ml d'eau dans un bécher taré, pendant24 heures à 110° dans l'étuve, la différence de poids constitue le résidu sec.

4. Bilan ionique :

Il consiste à analyser les anions :SO4-2, Cl-, HCO3- et les cations : Ca+2, Mg+2, Na+ et K+ (Coutinet, 1965 ; Aubert, 1978; Gharrocha, 1995).

- Les anions SO4- 2 par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de Baryum.
- Les anions Cl - sont dosés par la méthode Argentométrique de Mohr.
- Les anions HCO3- sont dosés par titrimétrie au H 2SO4.
- Les Cations Ca+2, Mg+2 et K+ sont analysées après dilution (D = 50) par spectrophotométrie d'absorption atomique de flamme (SAAF) (PANSU et al 1997).
  • Les cations de Na+ sont analysés après dilution (D = 50) par spectrophotométrie à émission atomique de flamme (SEAF) (Pansu et al .,1997).

5. Cartographie :

5.1. Cartographie de la salinité des sols :

A partir des paramètres du sol suivante : la conductivité électrique (CEe1:5) et l'alcalinité par le pHe1:5 et le réside du sec. On tracée des cartes de la variabilité spatiale des éléments cités précédemment, en utilisant le logiciel de SIG« Surfer 11 »

5.2. Cartographie au niveau de la nappe phréatique :

La mesure de niveau statique, le degré de salinité par la conductivité électrique CE_n et le pH_n. Nous permettons de tracer des cartes pour ces différents paramètres en utilisant le logiciel de SIG« Surfer 11 ».

Chapitre IV :

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Conduite culturale dans les palmeraies de El -Barka région de In Salah

Après les enquêtes et à parti de la collection des données sur El Barka.L'agriculture est distinguée par deux systèmes agricoles :

1.1.Ancien système

Il représente 40% des palmeraies enquêtées (Fig.12). Il est présent dans El- Barka 1et El- Barka 2 (fig12.). Dans l'ancien système oasien la culture principale pratiqué est le palmier dattier avec une grande diversité des cultivars (Aggaz, Ahartan, Takarboucht, Tinasser, Tigaza, El-Ghrana …...etc) et une distance réduite entre les pieds. On a signalé aussi la présence de l'arboriculture fruitière plantée entre les lignes du palmier dattier (figuier, grenadier, vigne, …etc). Les cultures intercalaires pratiquées sont les cultures maraichères (pomme de terre, tomate, laitue, piment, oignon, …etc), la céréaliculture et les cultures fourragères (sorgho, avoine, orge, etc).

1.2.Nouveau système agricole

Le nouveau système agraire sont créés dans le cadre de la mise en valeur des terres agricoles et dans différents programmes de développement de l'agriculture saharienne. Ce système subsiste dans El- Barka 3 ; El- Barka 4 ; El- Barka 5. La plupart de ces mises en valeurs ont été créées à partir de 2002 et 2004 dans le cadre de l'APFA. Ce système représente 60% des palmeraies enquêtées (fig.12). Ce système agraire est caractérisé par des plantations du palmier dattier avec une distance plus ou moins constante. Il pratique comme culture intercalaire les cultures maraichères, cultures fourragères, céréaliculture. Ce système avoir plusieurs points communs avec l'ancien système comme la phoeniciculture, et aussi la culture maraichère et fourragère.

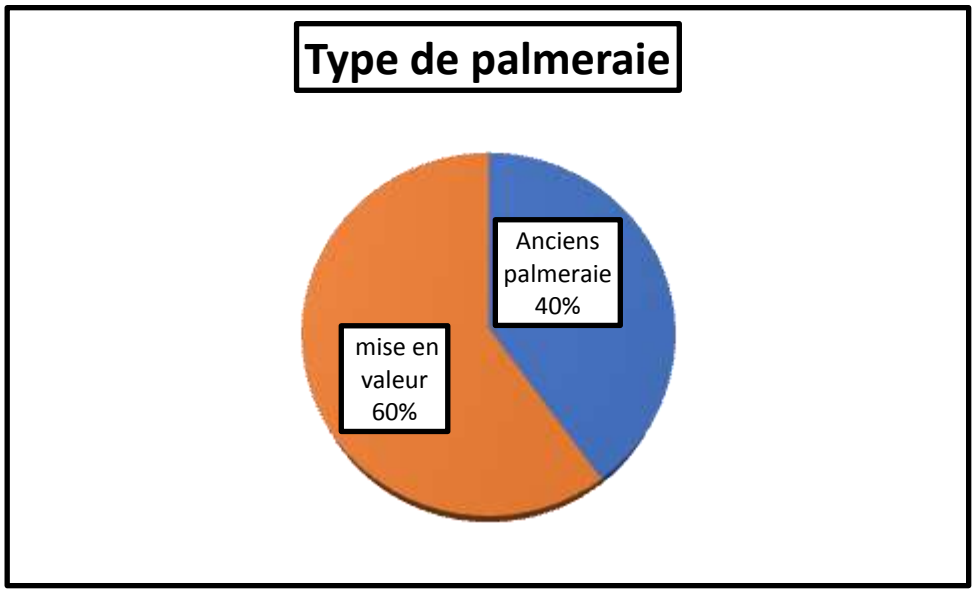


Figure 12 : Différents types de système agraires dans les palmeraies de El-Barka

1.3. Systèmes d'irrigation

On a distingué 3systèmes d'irrigation dans les palmeraies de El -Barka :

L'irrigation par la submersion repesèrent 65% ; goute à goute 25% ; aspersion repesèrent 10% (Fig. 13).

Dans l'ancien système agraire la submersion est la plus utilisé. Cependant dans le nouveau système agricole on distingue 3 types (submersion ; goute à goute ; aspersion).

Après la collection et l'analyse des données (DHW 2013), la nappe exploitée par l'agriculteur des palmeraies de la région d'étude c'est la nappe continentale intercalaire où la distribution des eaux d'irrigation dans les palmeraies se fait par :

- forages profond créés par l'état ;

- puits illicite créé d'une manière aléatoire ;

-foggara ;
- puits artésienne ;

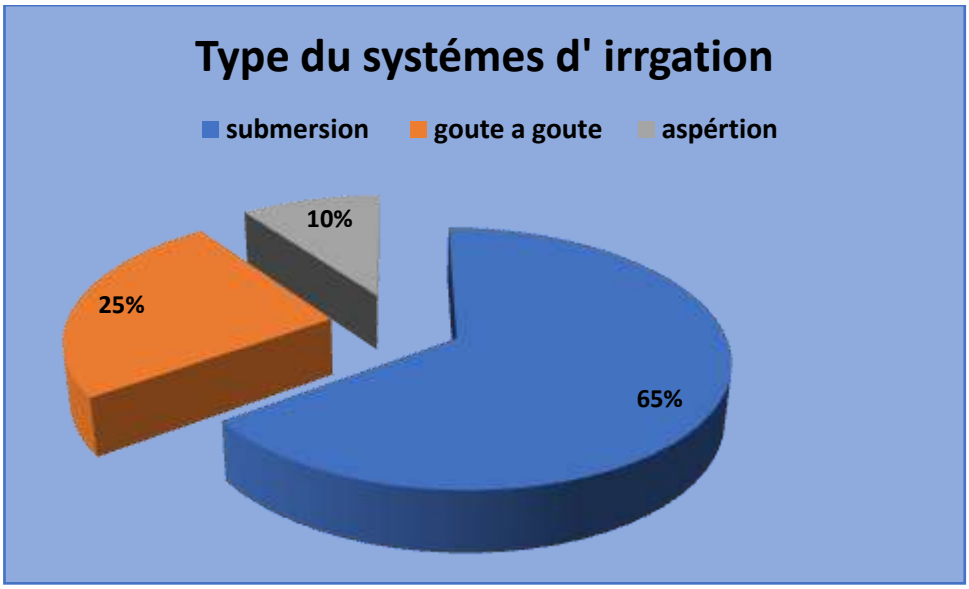


Figure 13 : Différents systèmes d'irrigation dans la palmeraie d'El -Barka

2. Etude de la variabilité spatiale des eaux phréatique

L'étude de la variabilité spatiale des eaux phréatique dans les sols cultivés des palmeraies de El-Barka été basée sur l'étude de niveau statique, la mesure de la salinité et du pH des eaux phréatique. (Annexe 2)

2 .1.Niveau statique

Le niveau statique de la nappe phréatique est compris entre 6 et 64 cm avec une moyenne est de 33,54±20,46 cm dans El- Barka 1, entre 25 et 62 cm avec une moyenne de 42,18± 13,36 dans El-Barka 2 et entre 34 et 97 cm avec une moyenne de 69±21,53 cm dans El- Barka 3 (Fig, 14), donc elle a un effet sévère sur le palmier dattier et un effet sévère à modéré sur le développement des racines des arbre et des arbuste.

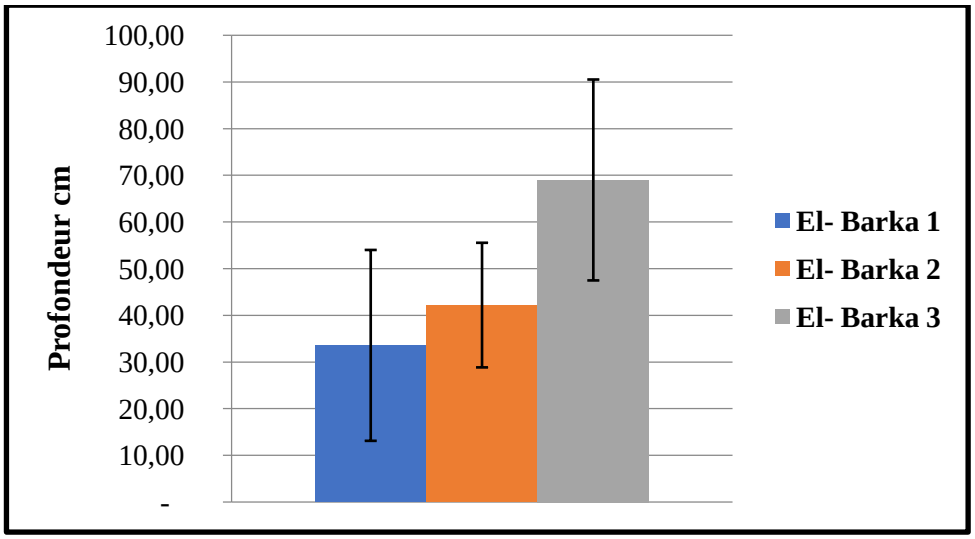


Figure 14 : Niveau statique des eaux de la nappe phréatique d'El-Barka

D'après EDMONDS *et al.* , (1998), les niveaux statiques des eaux phréatiques sont évaluées en trois groupes en fonction de leurs actions limitatives sur l'enracinement des arbustes et des arbres : sévère, modéré et insignifiant, avec les groupes de profondeurs respectives : 0-45,7cm, 45,7- 91,4 cm et supérieurs à 91,4. Toutefois. Selon DADDI BOUHOUN (2010), l'action limitative racinaire et de rendements des palmiers dattiers dépend des biotopes oasiens. Il propose une classification de performance racinaire dans les biotopes oasiens où l'action limitative des nappes et des croûtes sur l'enracinement est : sévère, modérée et insignifiante correspondant à trois groupes de profondeur : superficielle, moyenne et profonde, avec les groupes de profondeurs respectives : 0-1,5 m, 1,5-3 m et supérieures à 3 m.

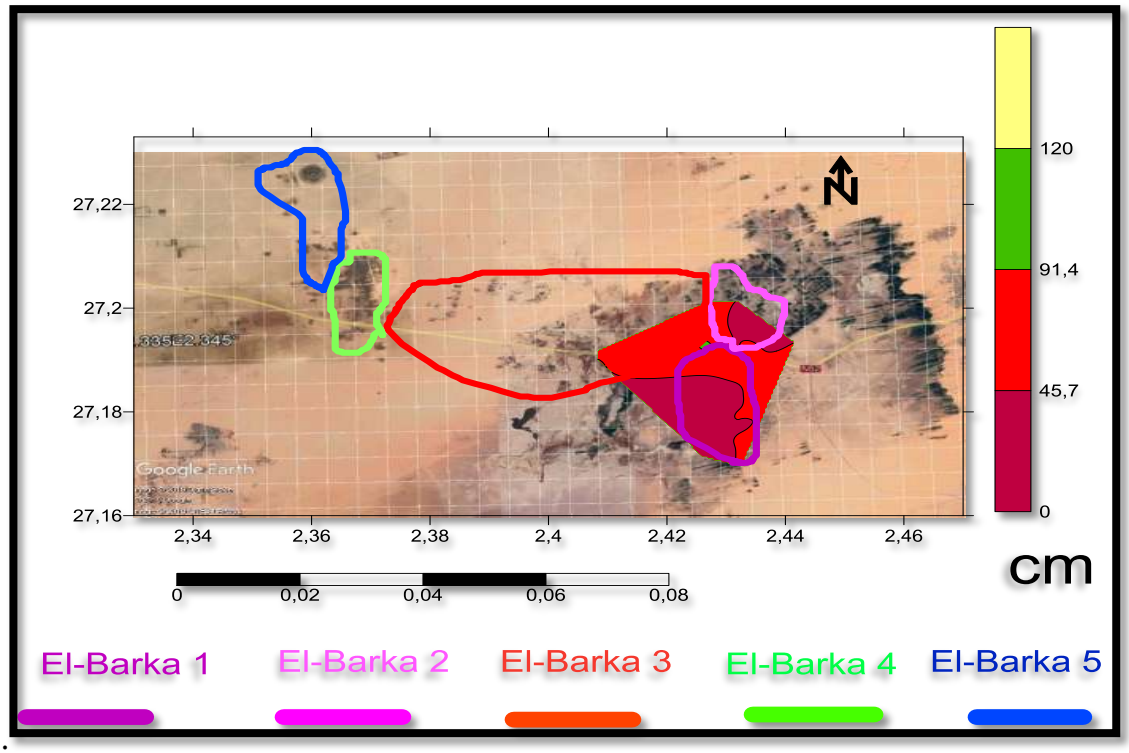


Figure 15 : Niveau statique des nappes phréatiques dans les palmeraies d'El-Barka

2.2. Qualité des eaux phréatiques

2.2.1 Degré de salinité

La salinité de la nappe, exprime un équilibre ou un bilan salin entre les apports par l'irrigation et les prélèvements par drainage artificiel et écoulement latéral (ASKRI et BOUHLILA, 2010).

La salinité des eaux phréatiques établie à partir des résultats relatifs à la conductivité électrique (Fig.16), indique que la salinité dans l'El-Barka 1 varie entre 5,04à 49,34dS.m^{-1}avec une moyenne de 20,41±7,73dS.m^{-1}dans El- Barka 2, entre 5,21et 46,97dS.m^{-1} avec une moyenne de 19,02±15,56dS.m^{-1}dans El- Barka3correspondant aux niveaux « salinité fort » et « salinité excessive ».

D'après BELLAOUEUR (2008), les eaux de lessivage des sols s'infiltrent et rejoignent la nappe dont elles font monter le niveau et augmenter la salinité.

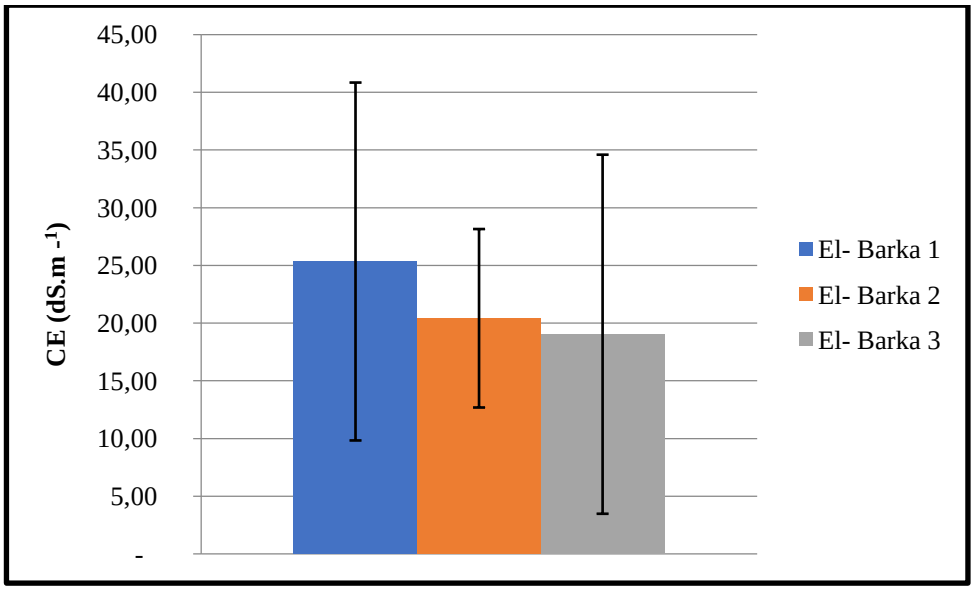


Figure 16:La Salinité des eaux phréatique de sol cultivé d'El-Barka

Selon DADDIBOUHOUN, (2010) de ces eaux chargées en sels, peut avoir des effets néfastes sur les végétaux au contact de leurs systèmes racinaire. Ils conduisent à une hydro-holomorphie qui aboutit à une pourriture racinaire par anoxie et à une mauvaise alimentation hydrique et minérale par stress salin pour le palmier dattier. Cette situation affecte directement le rendement en dattes.

Selon la classification de (DURAND in DAOUD et HALITIM, 1994) , 9% des eaux phréatiques dans les points d'échantillonnage à EL BARKA sont « très salé (C4) » et, 91% de ces points ont des eaux phréatiques « extrêmement salin (C5) »(Annexa 3)(Fig.20).

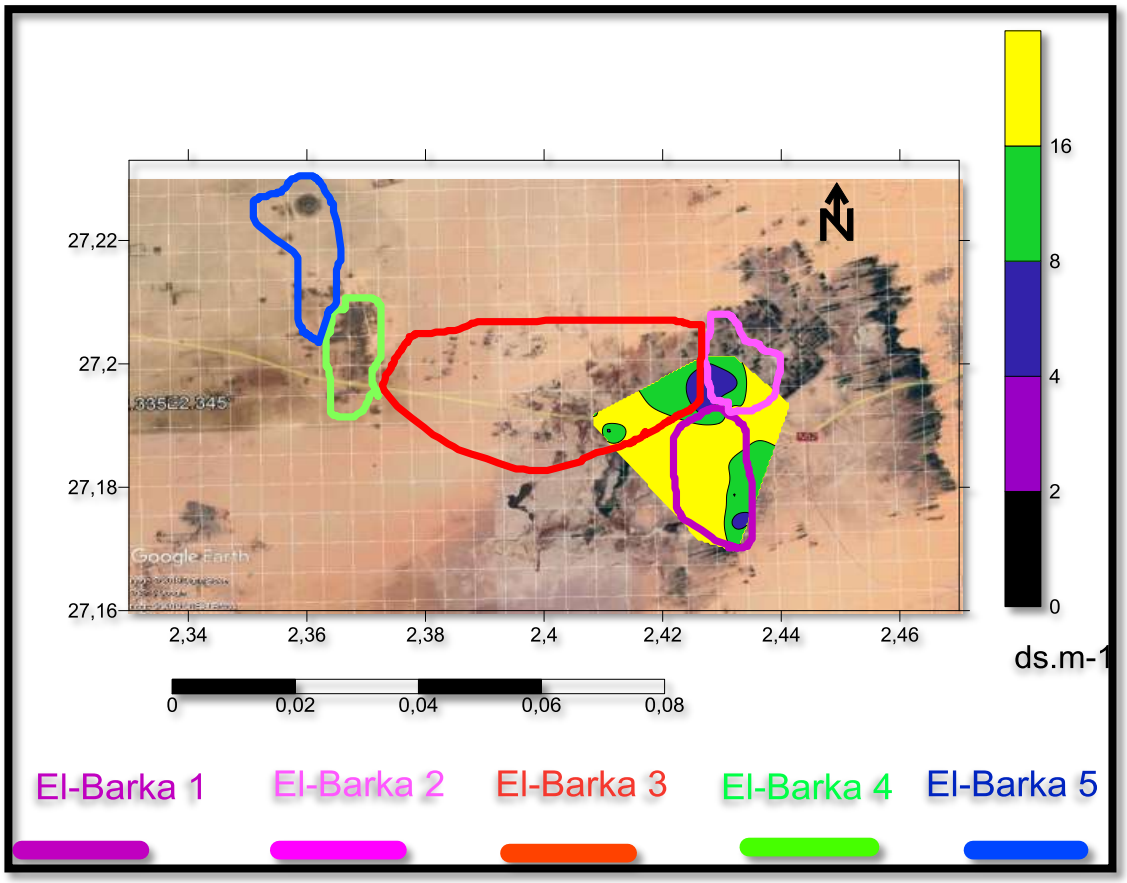


Figure 17 : Carte de la salinité des eaux de la nappe phréatique dans les palmeraies d'El-Barka

2.2.2. pH nappe phréatique (pH.n)

Le pH est compris entre 6,9 et 8, 3, dans l'ensemble des échantillons analysés. L'étude de moyenne de pH des eaux phréatique (Fig.18) montre qui chez El- Barka 1 le pH varie entre 6,9 et 8, 3 avec une moyenne 7,72±0,34 et dans El- Barka 2 le pH varie entre 7,3 et 8, 2 avec une moyenne 7,6±0,31 et le pH varie entre 7,3 et 8, 2 avec une moyenne 7,65±0,31à El- Barka 3 .Selon l'échelle de GUACHER (1968) on peut conclure que le pH des eaux phréatique dans la palmeraie d'El-Barka variées de neutre à alcalin (Fig.18).

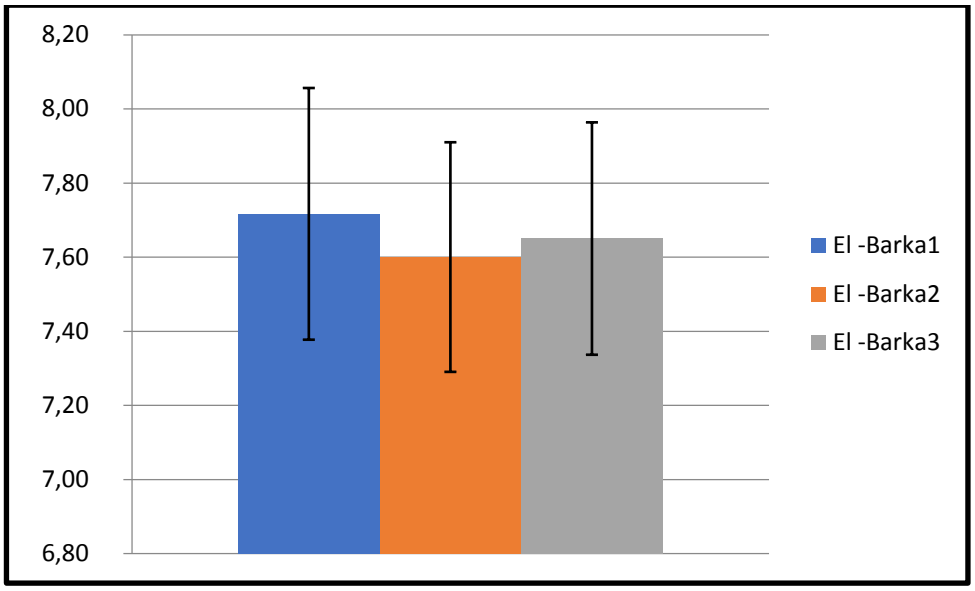


Figure 18:pH des eaux phréatique des sols cultivé d'El –Barka

3. Variabilité spatiale de la salinité du sol

L'étude de la variabilité spatiale de la salinité au niveau des sols cultivés à El-Barka est basée sur : la mesure du pH ; R.s et la variabilité spatiale de salinité du sol et l'étude de la dynamique des sels.

3.1. Variabilité spatiale de la salinité du sol (Degré de salinité)

Les résultats portent sur la conductivité électrique (CE) des extraits dilués (1:5) des 60 échantillons prélevés sur trois profondeurs (0-40 cm), (40-80 cm) et (80-120 cm) montre quede salinité varie dans les différentes couches des palmeraies d'El- Barka, oscillant entre 0,48 $dS.m^{-1}$et 13,04 $dS.m^{-1}$. Le degré de salinité varie dans ces conditions selon l'échelle de MATHIEU et PIELTAIN (2009) de non salé à extrêmement salé (Annexe, 05).

Nous remarquons que la majorité des couches des sols est « très salée »à « extrêmement salée » dans les trois couches du sol (Fig.19 ; Fig.20; Fig.21).

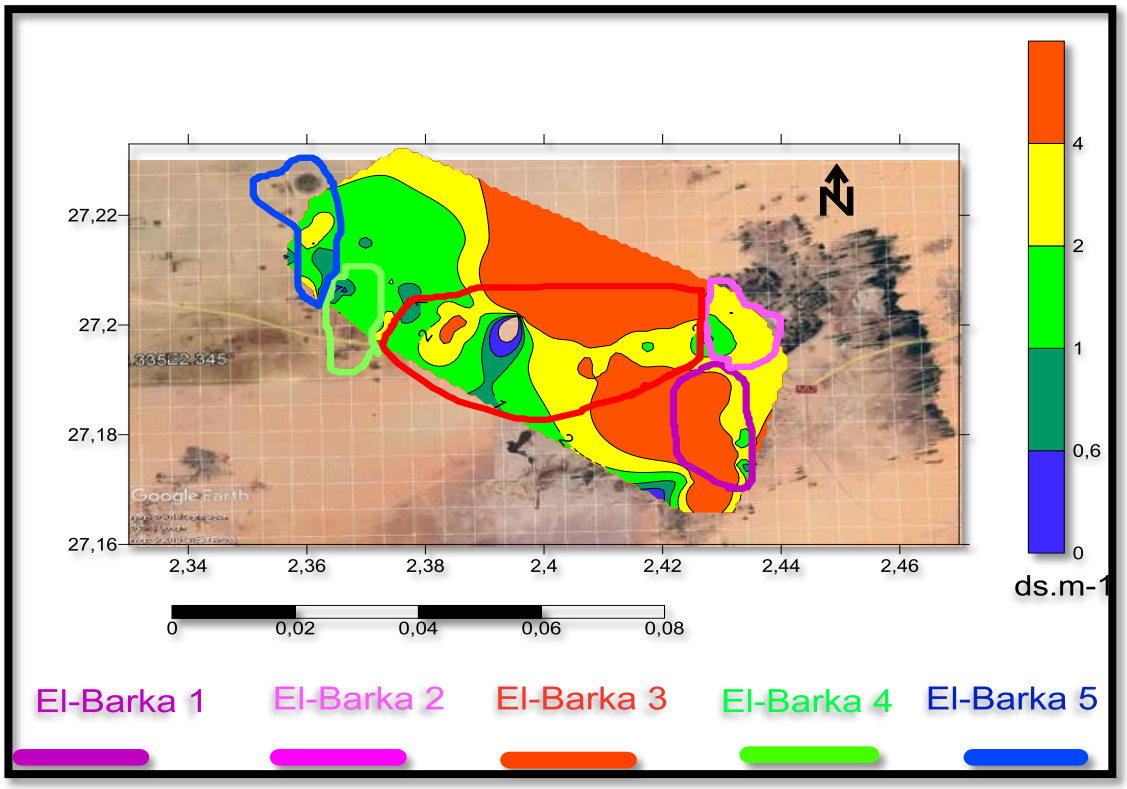


Figure 19 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche superficielle (0-40 cm) dans la palmeraie d'El-Barka

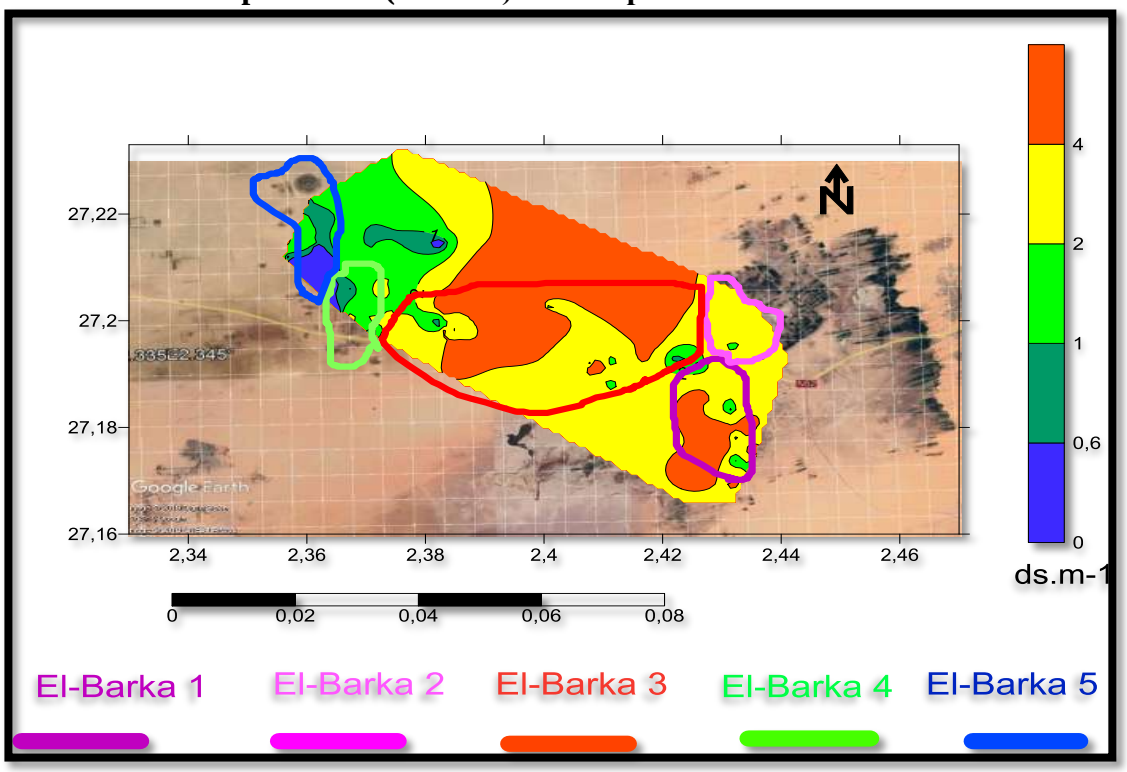


Figure 20 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche médiane (40-80 cm) dans la palmeraie d'El-Barka

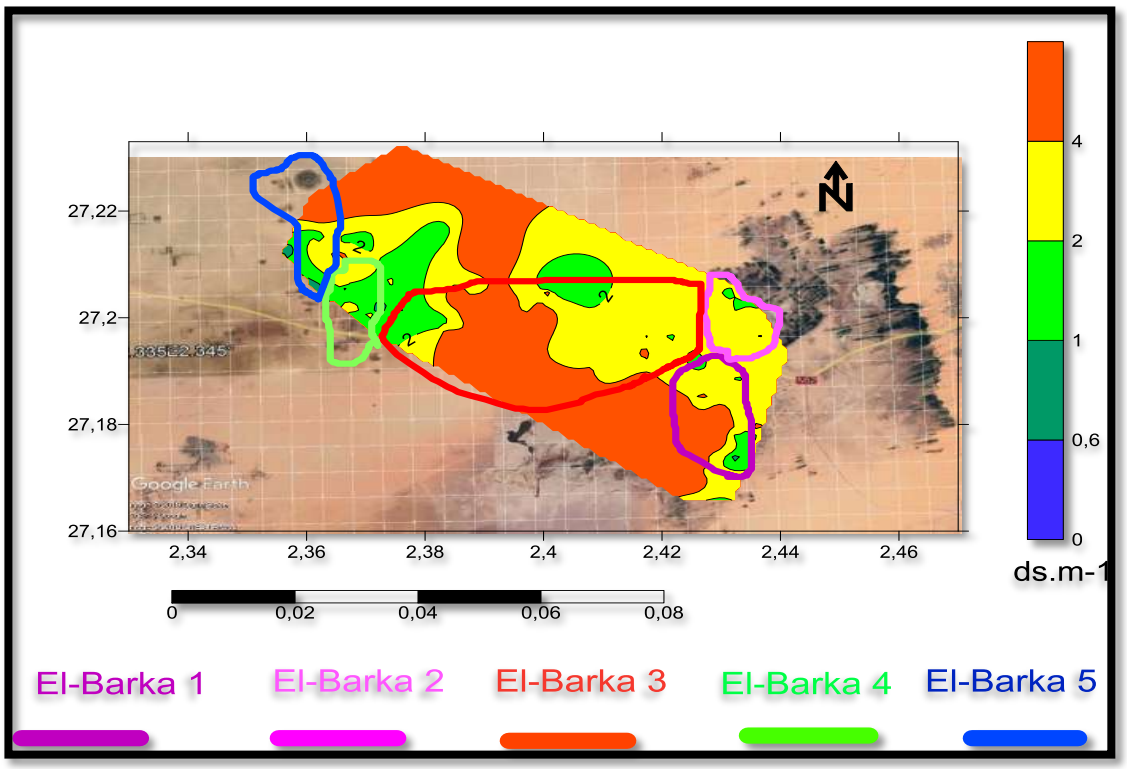


Figure 21 : Carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la couche profonde (80-120 cm) dans la palmeraie d'El-Barka

La salinisation est probablement due à la conduite culturale, la mauvaise gestion de l'irrigation-drainage et la remontée de la nappe HANNI (2017)

Après l'analyse des valeurs de la conductivité électrique de différentes couches on a enregistré la valeur de salinité la plus élevé dans la palmeraie de El-Barka 1 soit 54 dS.m^{-1}et la plus faible valeur soit 0,32dS.m-1à El -Barka 4 dans la couche superficielle (0-40 cm).Concernant la couche (40-80 cm) on a enregistré la plus faible valeur soit 0,11dS.m^{-1}à EL-Barka1 et une valeur maximale soit 13,52dS.m^{-1}à El -Barka3. La salinité dans la troisième couche (80-120 cm) varie de 13,04 dS.m^{-1}dans la palmeraie de El- Barka 1 à 0,48dS.m^{-1}dans la palmeraie de El -Baka 4.

Les figures ci-dessus représentent la salinité moyenne des trois couches du sol. La salinité varie de la couche du surface et la couche moyenne profondeur et la couche profonde. (Fig.22; Fig.23; Fig.24.).

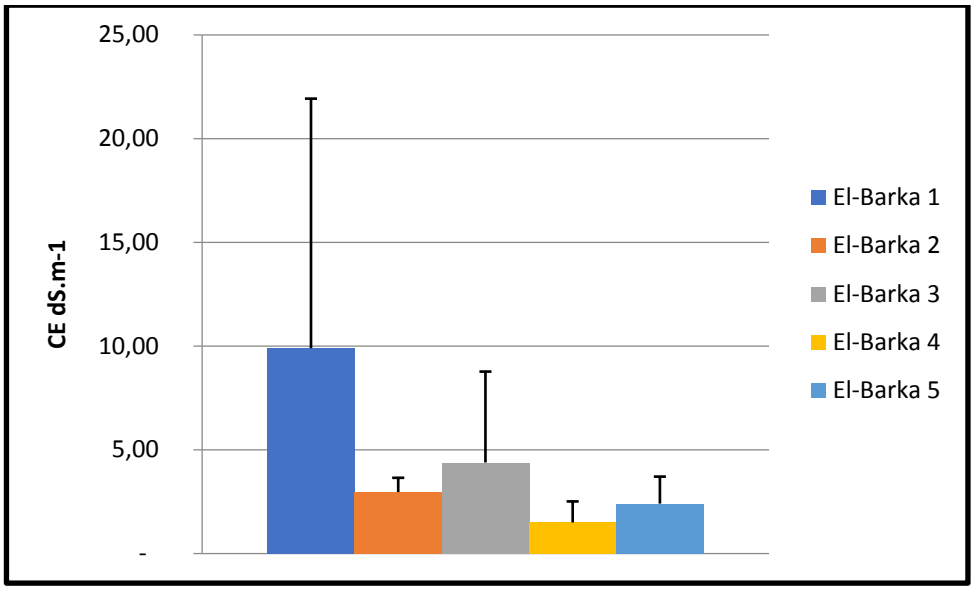


Figure 22 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 0-40 cm

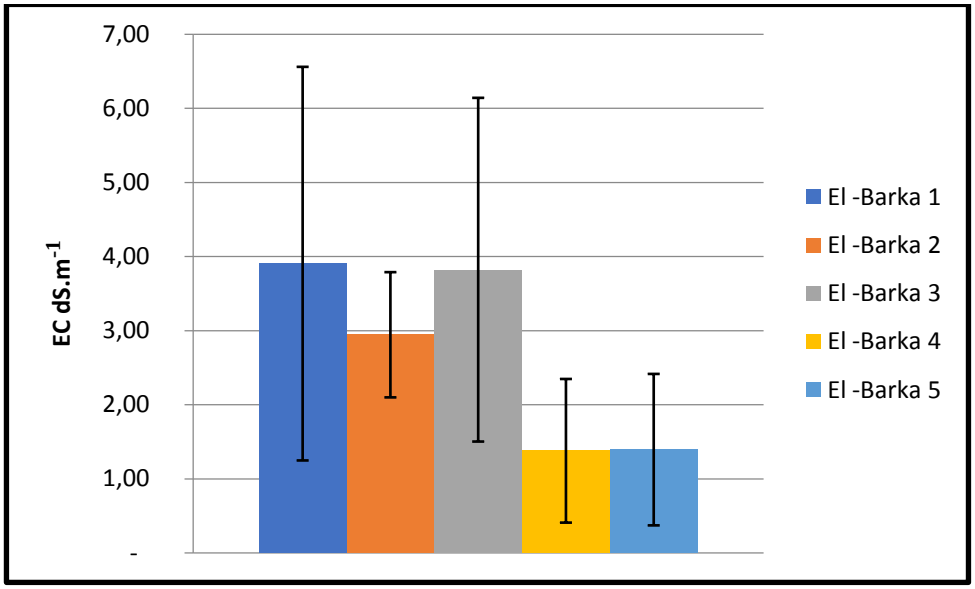


Figure 23 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 40-80 cm

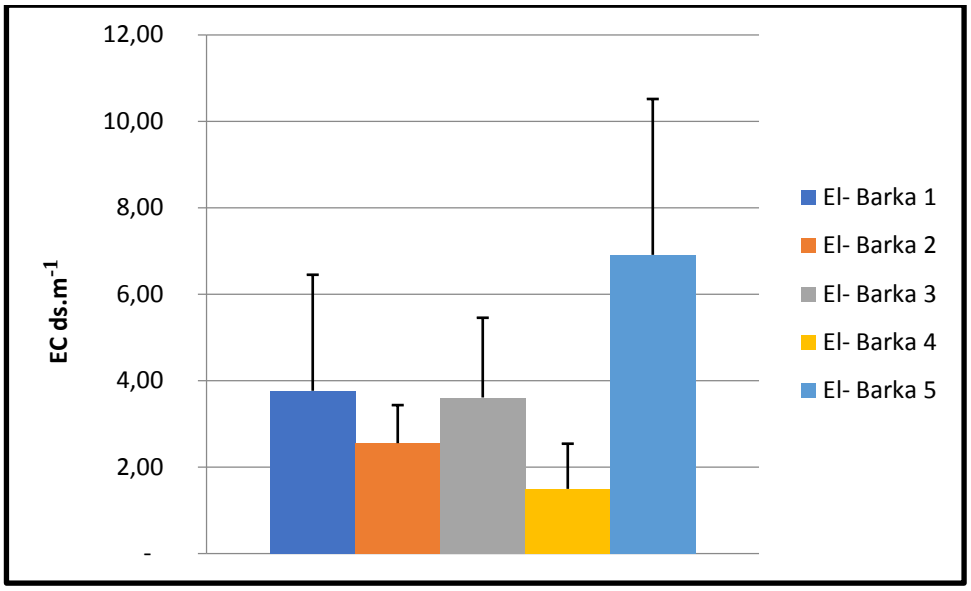


Figure 24 : Degré de salinité du sol cultivé de El-Barka couche 80-120 cm

La salinité du sol cultivé d'El Barka 1, El Barka 2, El- Barka 3 est peut-être due à la remontée de la nappe phréatique, aux mauvaises qualités des eaux d'irrigation (des eaux chargées en sels) et à la mauvaise gestion de système d'irrigation avec une mauvaise conduite culturale et évacuation des excès d'eaux. Dans El- Barka 4 et El Barka 5 le degré de la salinité du sol cultivé sont inférieurs par rapport aux autres palmeraies, ceci est peut-être due à la bonne gestion culturale et a les caractéristiques des sols qui sont bien drainés.

Selon WEIBE et *al*, (2005), la conservation de terres sous couverture végétale permanente et en culture continue sont deux pratiques qui facilitent l'utilisation de l'eau de la rhizosphère, abaissent la nappe phréatique et réduisent le risque de salinisation du sol.

3.2. Dynamique des sels

La dynamique des sels dans les profils des sols de la palmeraie de El-Barka est très variable. La salinité du sol en surface dans les palmeraie de El-Barka-1, 2 et 3 est plus élevée et très variable par rapport aux couches moyennes et aux couches profondes avec un intervalle de 0 ,82 à 26,11 dS.m^{-1} , et 0,92 à 10,31 dS.m^{-1} pour la couche du sol en moyenne profondeur et de 1,3 à 9,15 dS.m-^{1} pour la couche profonde mais dans El-Barka 4-5 la couche profonde plus élève et variable par contre aux couche superficiel avec en moyenne 0,94 à 8,67dS.m^{-1} et 0,4 à 3,77 dS.m-^{1}, pour la couche moyenne profondeur l' intervalle de moyenne varie entre 0,27 à 4,03dS.m^{-1} .

Dans les régions sahariennes, il est important de bien apprécier les risques de salinisation et de la dynamique des sels dans le système eau-sol-palmeraie (DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2006).Dans les sols cultivés à El –Barka, on distingue quater type de profil salin profil A et B C et profil D (Fig. 25).

Chaque profil causé par :

- Profil A : l'accumulation des sels par remontée capillaire domine dans le profil, en absence de lessivage, à cause d'une nappe phréatique superficielle.
- Profil B : la lixiviation des sels à la surface est produite par l'irrigation et l'accumulation saline en profondeur est causée par une nappe phréatique superficielle, pouvant être associé à un obstacle mécanique de croûte gypso-calcaire.
- Profil C : l'accumulation des sels par remontée capillaire à la surface est un signe de mauvaise gestion ou d'un arrêt d'irrigation après une période de lixiviation apparent au fond du profil, en absence de nappe phréatique superficielle.
- Profil D : La lixiviation est efficace dans le profil à cause de la bonne gestion d'irrigation et absence de nappe phréatique superficielle.

Les profils salins réalisés pour les 172 sondages présentent des allures diverses (Fig.26).Ils montrent que les sols ont subit différentes dynamiques de sels suivant deux situations: sol irrigué et sol non irrigué.

Nous remarquons qu'il n'existe pas de différence entre la distribution des 4 types de profils salins au niveau des sols irrigués, mais le type abondant est le type A avec un taux de 28 ,17%. Au niveau des sols non irrigués le type B et D sont les plus abondants avec des taux de …40% et …33,33..% respectivement(Fig.26).

Halitim et Daoud (1994) signalent que le développement de l'irrigation, s'il constitue un espoir pour les régions arides, se traduit souvent par une remontée du niveau de la nappe superficielle et par une augmentation de la salinité.

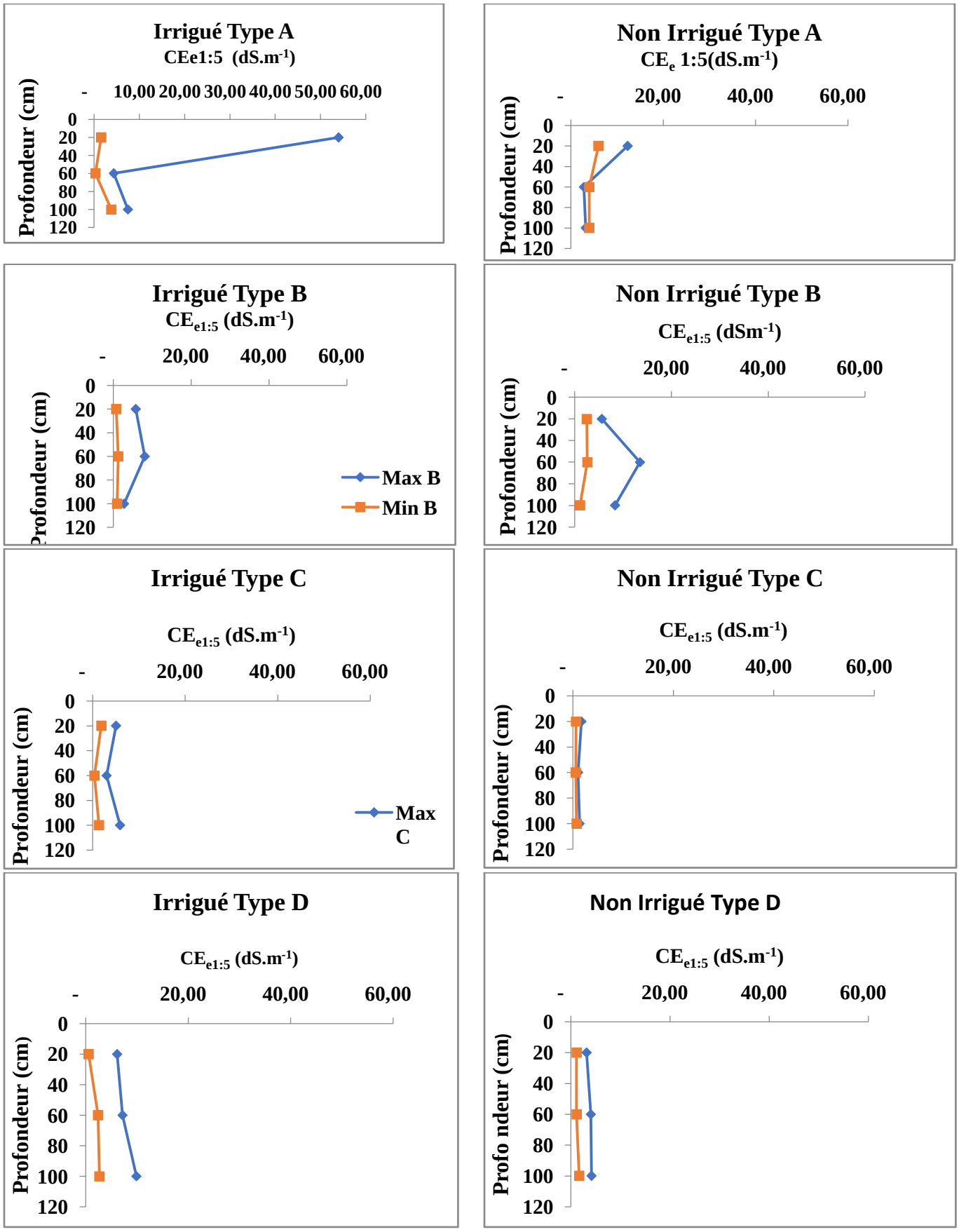
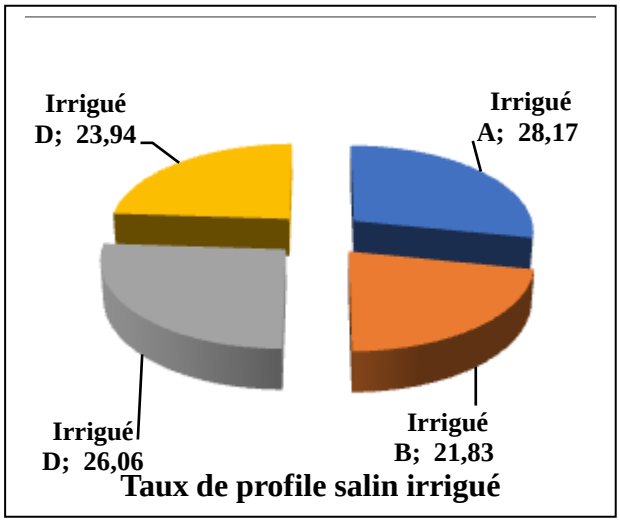


Figure 25 : Types de profil salin dans les jardins irrigués et non irrigués de El-Barka



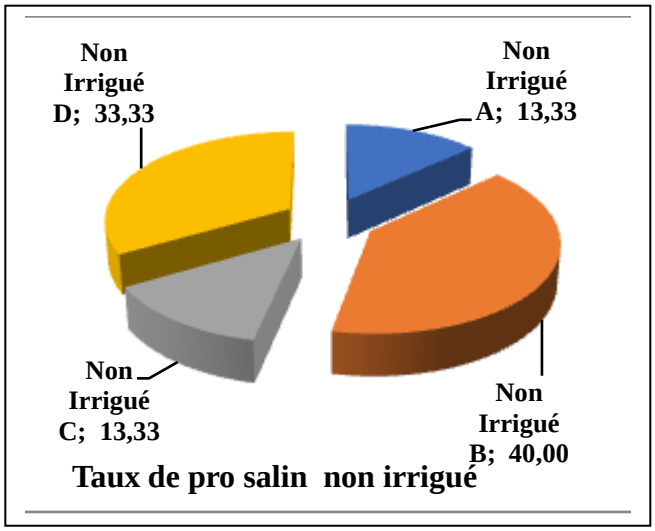


Figure 26 : Taux des types de profil salin

3. 3pH$_{e1:5}$ des sols :

Selon la classification de MATHIEU et PIELTAIN (2003) le ph du sol des couches étudiées dans les palmeraies d'El Barka varie de 6,4 à 8,6 avec une moyenne 7,58 ± 0,25 donc ces sols ont un ph d'une acidité faible à une alcalinité modérée (Fig.27; Fig.28 ; Fig.29), Ces résultats sont proches de celle-ci retrouvés par HANNI(2017) dans la même région d'étude. (Annexe7).

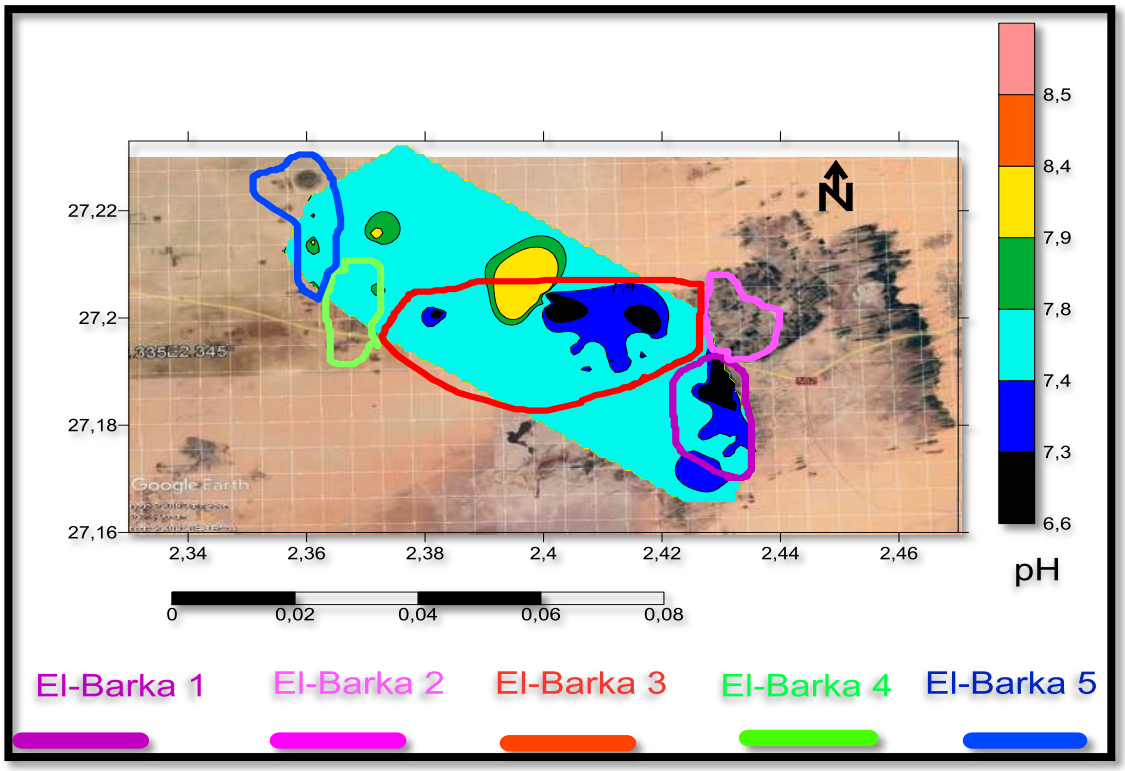


Figure 27 : Variation spatiale de pH dans la couche (0-40 cm) à El-Barka

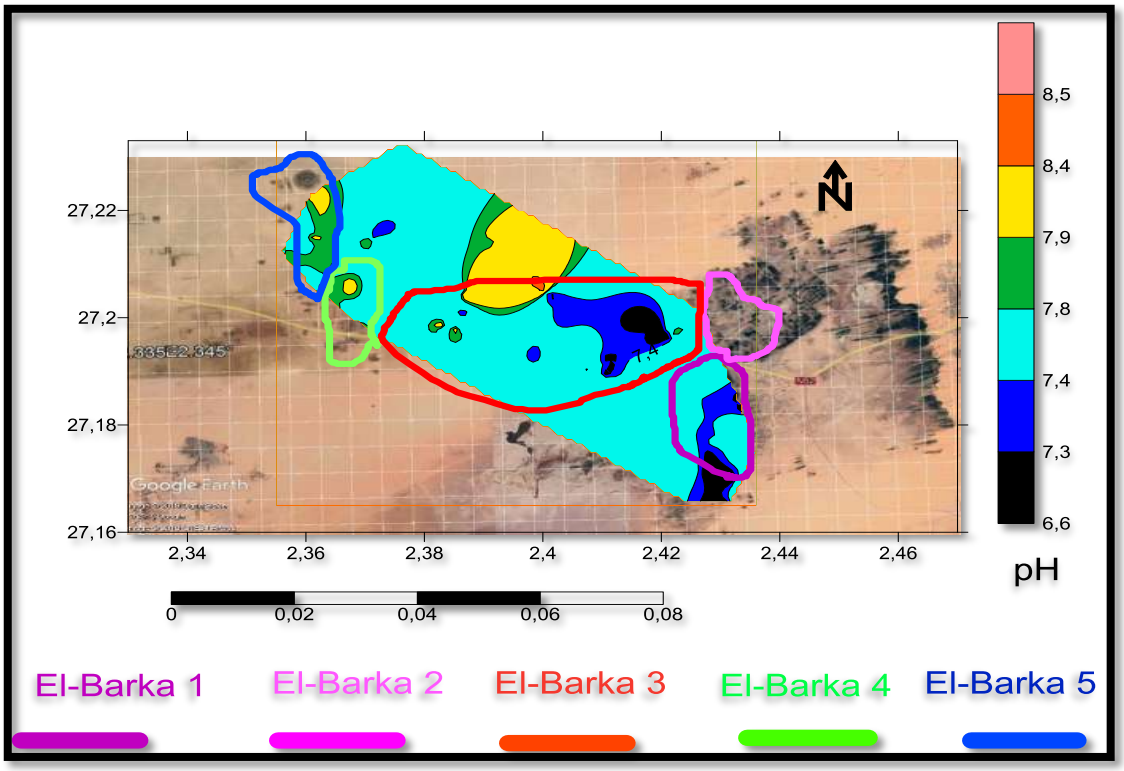


Figure 28 : Variation spatiale de pH dans la couche (0-40 cm) à El-Barka

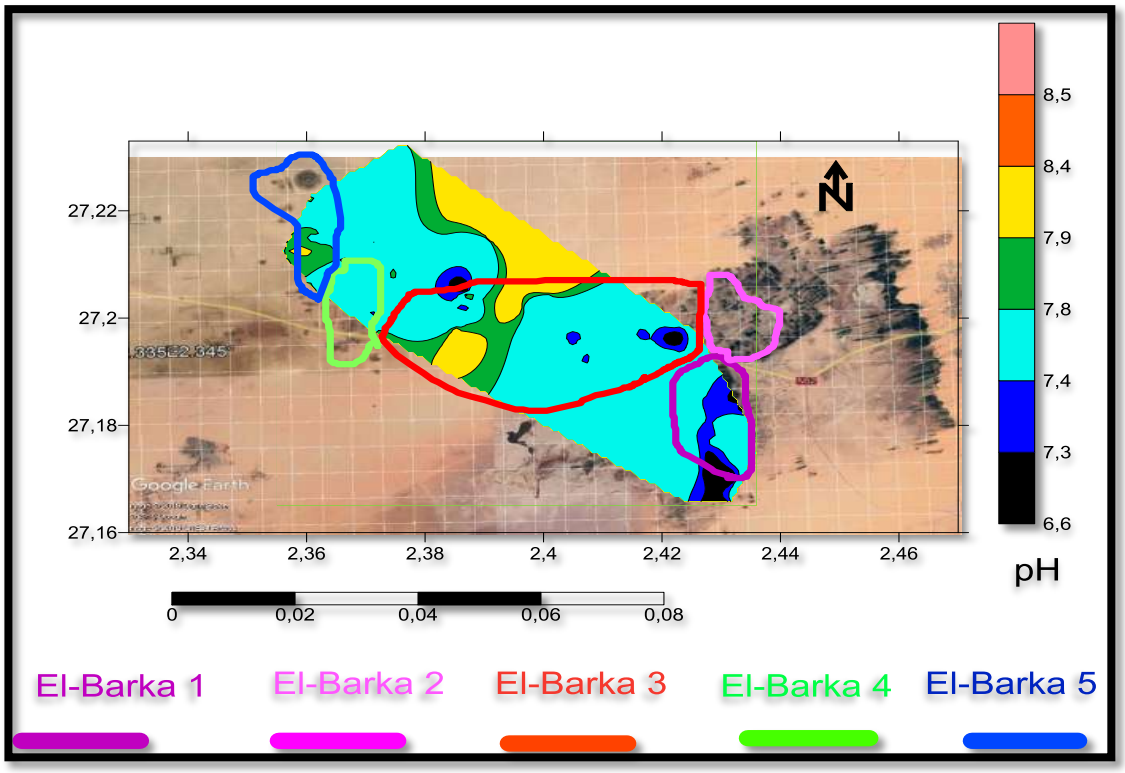


Figure 29 : Variation spatiale de pH dans la couche (40-80 cm) à El-Barka

3 .4 .Résidu sec (R.s) :

On constat que le résidu sec est compris entre 2g/l et 22 g/l avec une moyenne de 4,18±2,24 g/l dans les sols cultivés des palmeraies d'El- Barka dans les trois couches .Les valeurs de résidus sec sont proches entre la palmeraie de El- Barka1 et la palmeraie de El-Barka2.Ces dernières ont enregistré les plus grandes valeurs de résidus sec par rapport El-Barka3 El- Barka4El- Barka5. (Fig. 30; Fig.31; Fig.32)

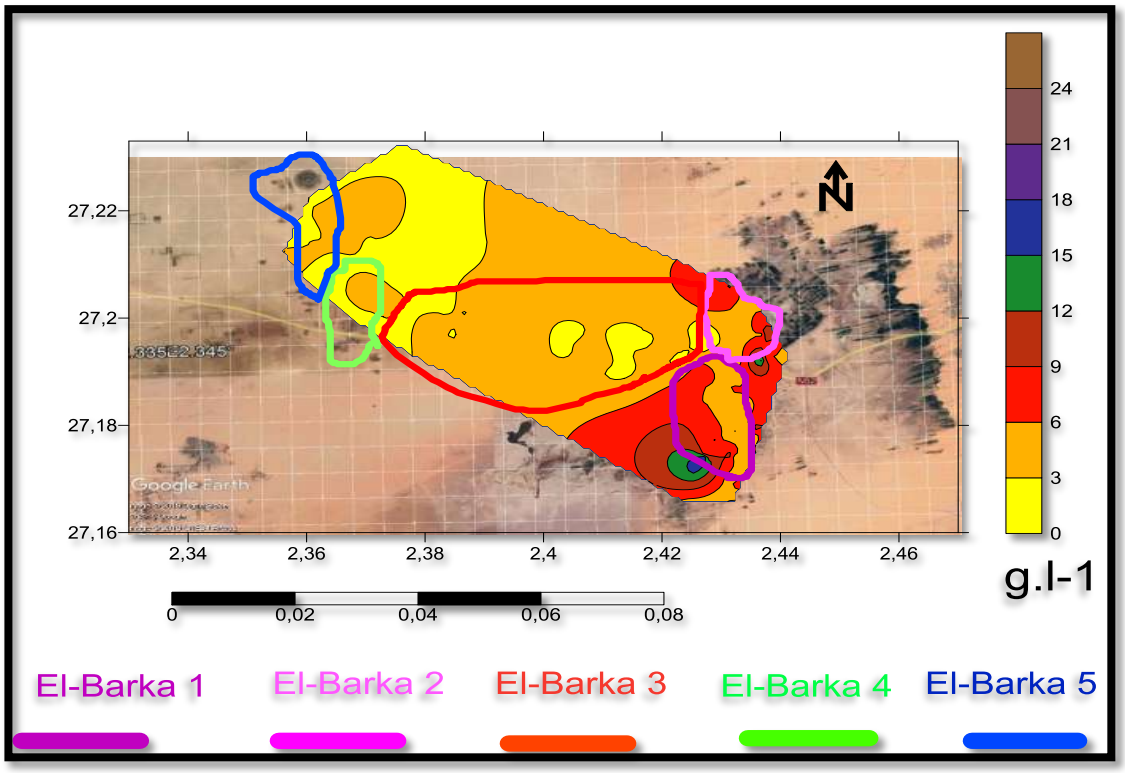


Figure 30 : Variation spatiale de R.s dans la couche (0-40 cm) du sol cultivé d'El-Barka

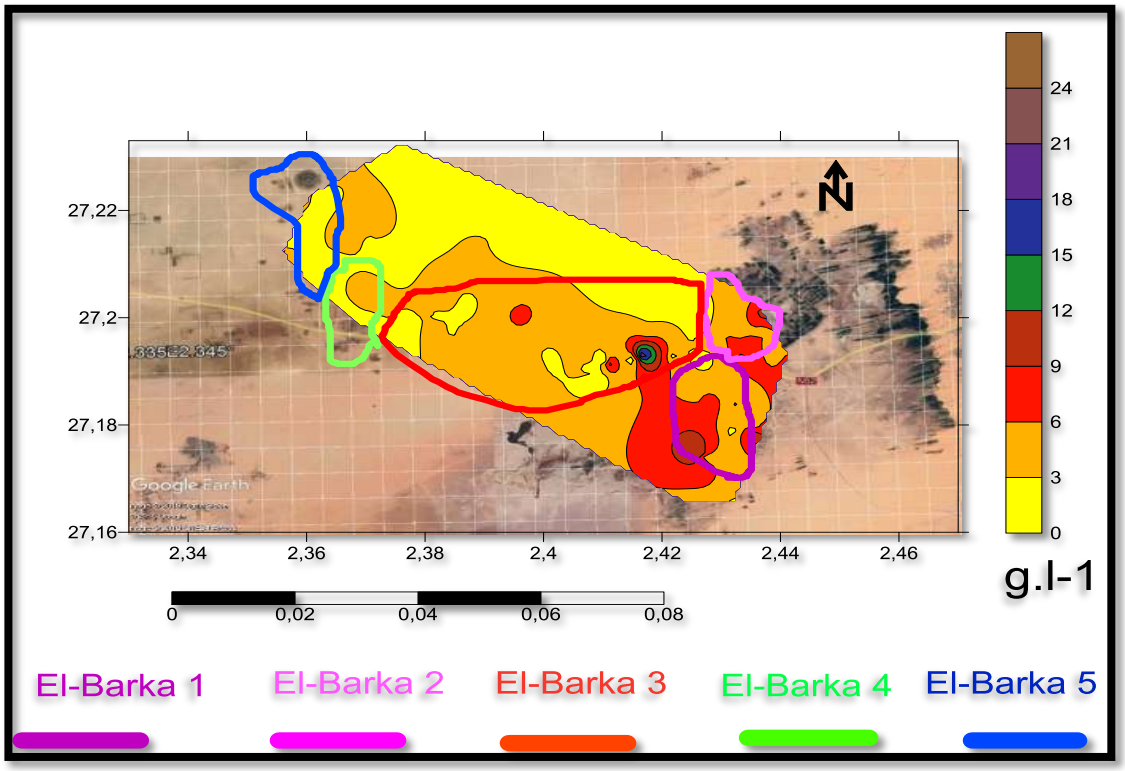


Figure 31: Variation spatiale de R.s dans la couche (40-80 cm) du sol cultivé d'El-Barka

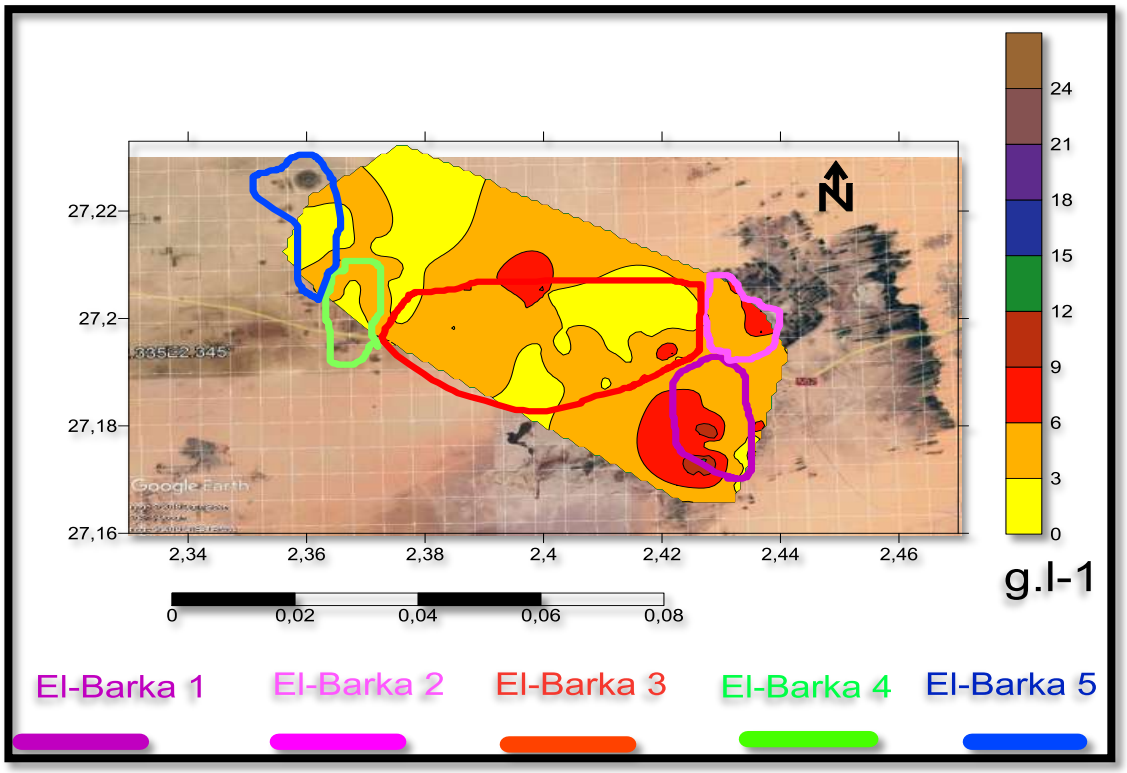


Figure 32 : Variation spatiale de R.sdans la couche (80-120 cm) du sol cultivé d'El-Barka

4 .Résultats d'analyse physique des points représentatifs (Granulométrie)

L'analyse granulométrique est une opération de laboratoire qui implique la dissociation complète du matériau pédologique jusqu'à l'état de particules élémentaires et donc la destruction totale des agrégats et fragments d'agrégats. La granulométrie permet d'évaluer la stabilité structurale du sol et en particulier les risques de battance, d'après la proportion existante entre les argiles et les limoneuse.

Tableau 9 : Les résultats de l'analyse granulométrique et la détermination de la texture des sols.

		Granulométrie			
	Couche (cm)	**Sg**	**Sf**	**F<45**	
El-Barka 1	0-40	80,4	18	1,4	**Sableuse**
	40-80	72	26,7	1,1	**Sableuse**
	80-120	76,6	21	1,6	**Sableuse**
El-Barka 2	0-40	81,6	14,3	3	**Sableuse**
	40-80	76	21 ,5	1,4	**Sableuse**
	80-120	75	21,6	1,4	**Sableuse**
El-Barka 3	0-40	76,6	22	2,2	**Sableuse**
	40-80	86,6	10,6	1,3	**Sableuse**
	80-120	70 ,1	29,2	2,3	**Sableuse**
El-Barka 4	0-40	82,4	16,6	0,17	**Sableuse**
	40-80	92,5	6,4	0,4	**Sableuse**
	80-120	85,7	13,3	0,87	**Sableuse**
El-Barka 5	0-40	79, 3	18	0,8	**Sableuse**
	40-80	88,3	9,5	1,3	**Sableuse**
	80-120	81,2	18, 3	1,9	**Sableuse**

A partir de Tableau 9 les trois couches du sol cultivé d'El-Barka ont une abondance de la fraction grossière (Sg, Sf) que la fraction fine< 45µm.Au plan agronomique, cette fraction provoque, la diminution de la réserve en eau (BAIZE ,1988).

Les sols sableux sont très perméables à l'eau et à l'air du fait de leur porosité texturale (espacement entre les particules) entrant une bonne aération un bon drainage du sol et un bon développement racinaire. Le lessivage des horizons supérieur on est favorisé dans la perspective de leur dessalement.

5. Résultats des analyses chimiques du sol (MO - CaCO3)

Après les analyses au laboratoire sur les échantillons du sol nous avons obtenu es résultats suivants :

Tableau 10 : les résultats de l'analyse chimique de sol suivants.

Site	Couche (cm)	$CaCO_3$%	Classe	MO %	Désignation
El-Barka 1	0-40	0,52	Trace	1,3	Faible
	40-80	0,07	Trace	0,95	Très faible
	80-120	1,18	Trace	0,9	Très faible
El-Barka 2	0-40	1,42	Trace	0,7	Très faible
	40-80	0,52	Trace	1,15	Faible
	80-120	2,08	Faible	0,85	Très faible
El-Barka 3	0-40	0,14	Trace	0,5	Très faible
	40-80	0,28	Trace	0,45	Très faible
	80-120	0,62	Trace	0,25	Très faible
El-Barka 4	0-40	1,11	Trace	0,85	Très faible
	40-80	1,08	Trace	1,6	Faible
	80-120	1,39	Trace	1,65	Faible
El-Barka 4	0-40	1,09	Trace	0,8	Très faible
	40-80	1,06	Trace	0,6	Très faible
	80-120	1,06	Trace	0,55	Très faible

a.Calcaire total

L'analyse du calcaire total est nécessaire pour affiner la caractérisation des constituants du sol et améliorer les choix stratégiques en termes de chaulage. Comme la granulométrie, c'est une caractéristique stable du sol, qu'il n'est pas utile de mesurer à chaque analyse, pour peu que la zone de prélèvement soit stable et correctement repérée.

b. Matière Organique (MO%)

La méthode utilisée pour estimer la teneur en matière organique est la perte à feu sans correction pour qui et de l'argile et du calcaire, où ces deux paramètres sont présents avec des teneurs faibles ou négligeables dans le sol des palmeraies de El barka :

$$\%M.O. = \frac{poids\ sol\ sec\ (g) - poids\ sol\ incinéré\ (g)}{poids\ sol\ sec\ (g)} \times 100$$

Selon la classification de MORAOND, (2001), la classe de MO le plus abondante est la classe très faible (Tableau 10) parce que les sols d'El-Barka sont alcaline ; extrêmes salin et pauvre un calcaire avec un faiblement couvertes végétales.

6. Qualité des eaux d'irrigation

Pour une meilleure appréciation de la qualité des eaux d'irrigation l'analyses physico-chimique des eaux des fourrages est indispensable (Annexe12).

6 .1.pH

A partir des mesures réalisées du pH les eaux d'irrigations de El-Barka. Le pH se situe dans un intervalle de 7,25 à 7,62 donc les eaux faiblement alcalines.

6. 2. Résidu de sec (R .s)

A partir les résultats de R.s , les eaux d'irrigations d'El-Barka se situent dans un intervalle 1,44 à 2,7 g /l donc l'eau d'irrigation très faiblement salée (Annexe11).

6.3. Classification d'eau des forges d'El-Barka selon digramme de Riverside

Les eaux des forges sont caractérisées par une forte salinité avec un faible pouvoir alcalinisant (Fig.33). Donc ces eaux peuvent contribuer d'une manière importante dans la salinisation du sol cultivé des palmeraies de El-Barka

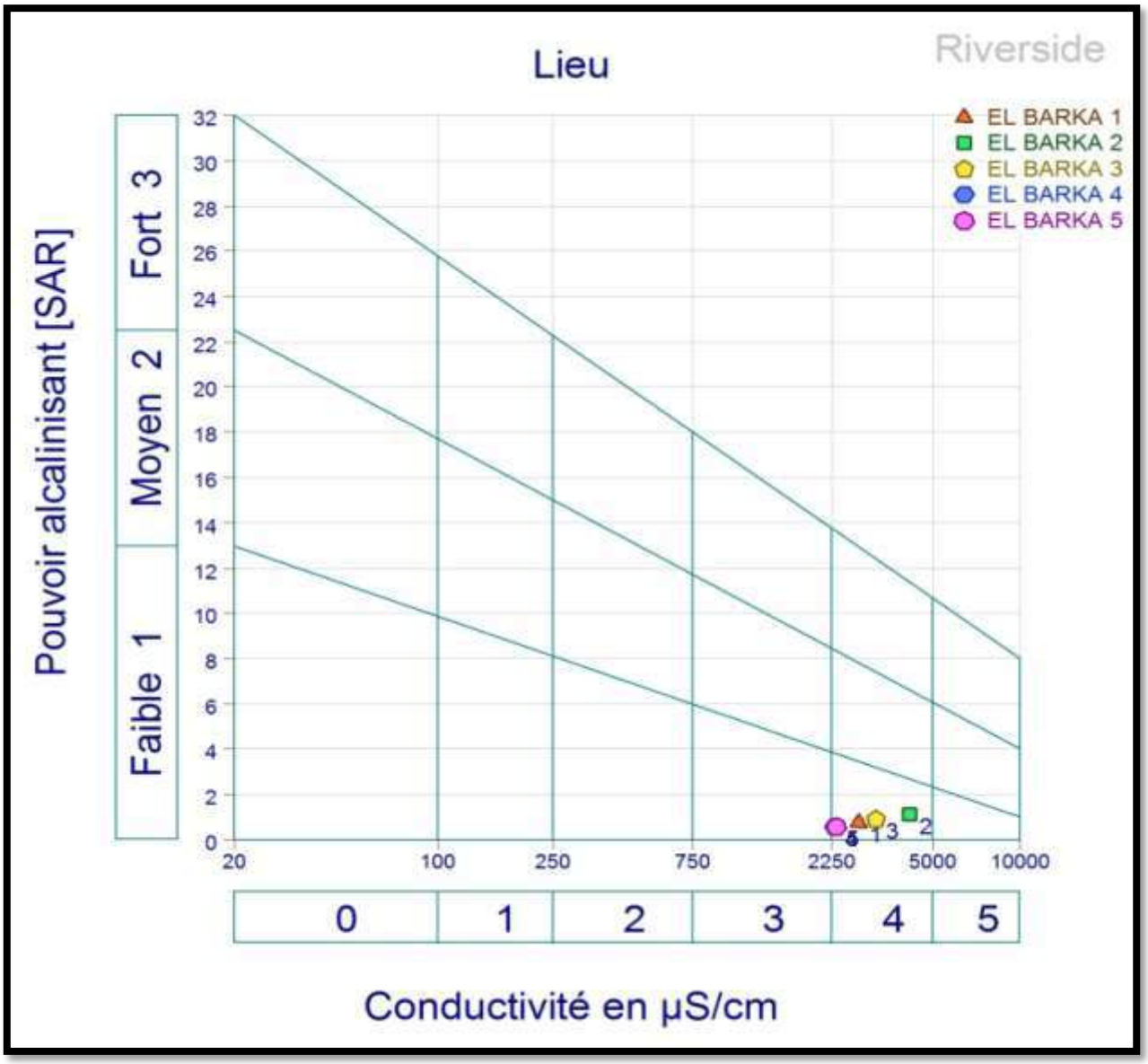


Figure 33:Diagramme de Riverside

Tableau 11 : indice croisé SAR/conductivité

Indice croisé SAR/conductivité	**Indication**
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé

6 .4. Digramme de Piper

Le diagramme de Piper utilise les éléments majeurs pour représenter les différents faciès des eaux et sol. Il permet également de voir l'évolution d'une eau et de sol, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents. Le diagramme de Piper est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses. Le diagramme de Piper est composé de deux triangles et un losange. Les deux triangles (un triangle portant les cations et un autre les anions) sont d'abord remplis puis le losange. Les valeurs utilisées sont exprimées en $\%.meq.L^{-1}$.

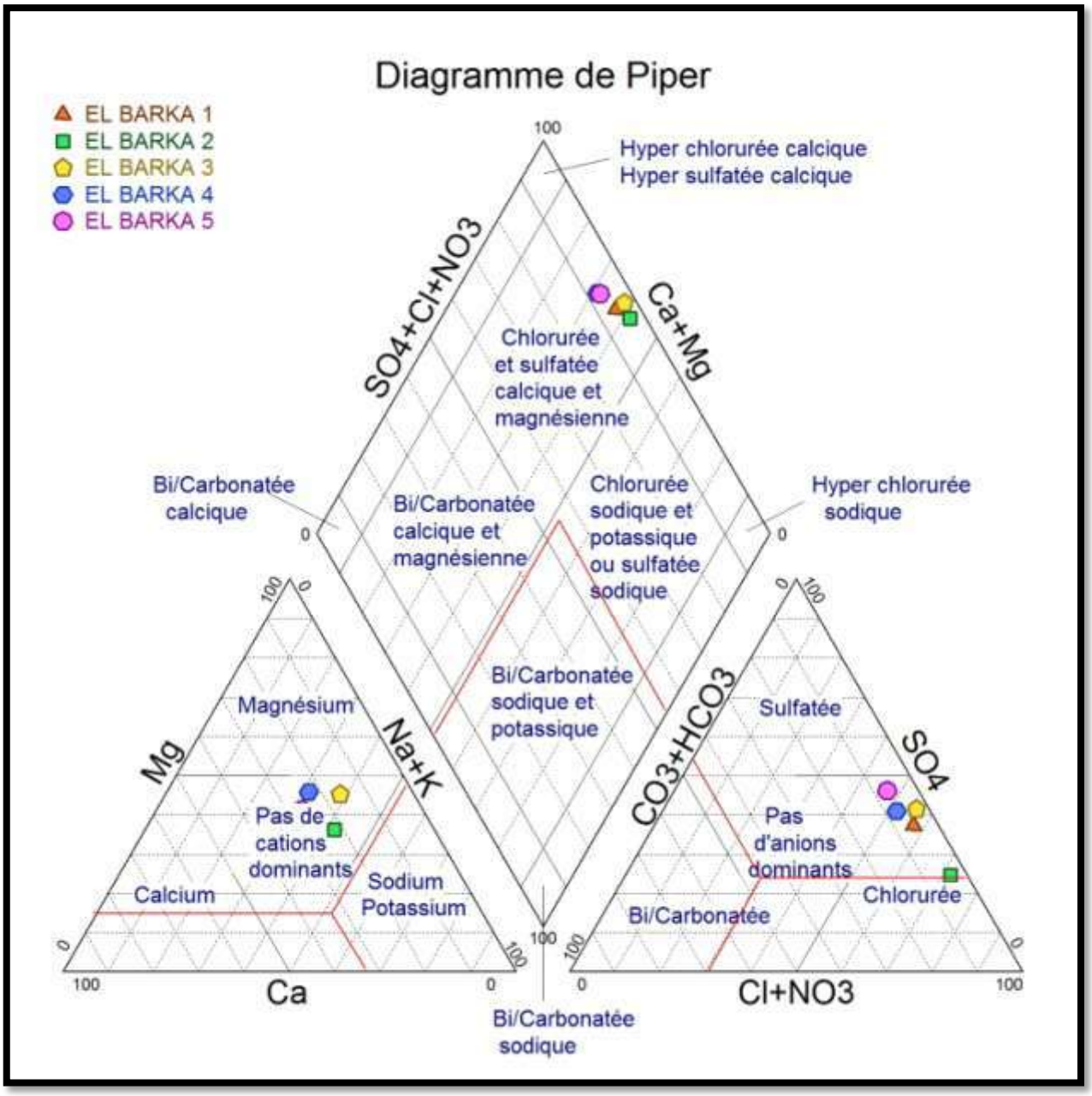


Figure 34:Digramme de Piper

A partir de triangle des cations on peut dire que les eaux d'irrigation n'ont aucuns cations dominants, d'autre part le triangle des anions d'eau de forage de El-Barka 1-2-3-4 montre que ses eaux ont le chlorure comme anion dominant. Cependant les eaux de forge d'EL-Barka 5n'ont pas anions dominants. Selon digramme de Piper le faciès géochimique d'eau d'irrigation d'El-Barka est Chlorurée et sulfatée calcique et magnésique.

Conclusion

Conclusion

La salinisation c'est un phénomène majeur qui affecte les zones arides et semi-aride en diminuant la surface agricole utile et baissant les rendements des cultures.

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que les palmeraies d'El-Barka soufre de plusieurs problèmes qui ont conduit à des situations de dégradation variable de ses jardins menant à des pertes énormes en terres cultivé.

L'étude édaphique des palmeraies de El- Barka montre que la classe la plus dominante dans les palmeraies est la classe salé, très salé et extrêmement salé dans les trois couches étudiés avec un pH légèrement alcalin et un sol chargé en sels. Le sol est caractérisé par une texture sableuse, pauvres en matières organiques et une faible teneur de calcaire total. Les eaux d'irrigation sont très fortement salées (2,25< CE< 5 dS/m) et faiblement alcalin.

L'analyse des données relative à la qualité physico-chimique des eaux phréatique nous a permis de constater que les eaux phréatiques généralement ont des conductivités électrique qui varie de très salé à excessivement salée. L'effet de la nappe est accentué par son faible niveau statique surtout dans les palmeraies (El-Barka 1,2,3), où le niveau statique est faible. La salinité des eaux phréatique peut provoquer un stress hydrique et un stress salin chez les plantes. La remontée de la nappe phréatique devient une contrainte qui favorise la migration des agriculteurs vers la création des nouveaux périmètres et l'abondance d'ancien système.

A partir des résultats obtenue nous constatons que les palmeraies d'El-Barka sont en voit de dégradation. Cette dernière est probablement due à la mauvaise gestion d'irrigation avec l'utilisation des eaux d'irrigation d'une qualité médiocre. Ce phénomène est accentué par la remonté des eaux phréatiques spécialement dans les anciennes palmeraies d'El-Barka 1-2-3. La mauvaise gestion de drainage et la morphologie généralement plane des terres favorise la remonté des eaux phréatique.

Les problèmes de dégradation du système agraire à El-Barka nous a conduit à proposer certaines recommandations d'aménagement :

- L'amélioration de qualité du sol par l'utilisation des amendements organiques Réalisation une station de traitement des eaux usées pour réutilisation en l'agriculture.

- La lutter contre la dégradation des milieux physique et l'avancée de la désertification. L'amélioration des performances de l'agriculture pour une contribution plus effective et plus large à la sécurité alimentaire des populations.
- La reconversion et l'adaptation de l'agriculture à l'aridité du climat et aux contraintes du milieu physique.
- installation d'une centrale de traitement des eaux d'irrigation afin de diminuer leurs charges en sels permettre d'amélioration du sol.
- Création des zones de rejet des eaux de drainage des palmeraies.

Dans future travail, il faut étudier l'évolution de la dégradation des sols et étudier les autres paramètres physico-chimique et biologique et morphologique pour connaitre les exigences des sols agricoles (aménagement organe-minérale, le drainage), les facture qui peuvent influent sur l'augmentation de salinité des sols dans la région et l'extension vers d'autre région qui ont les mêmes contraintes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AL-KARAKI G.N., 2000 – Groothwater use efficiency. And sodium and potassium acquisition by tomato cultivars green under salt stress.Journal of plant nutrition .Vol.23.N°. 1:1-8

ASKRI B., BOUHLILA R., 2010 - Évolution de la salinité dans une oasis moderne de la Tunisie étude et Gestion des Sols, Volume 17, 3-4,197 à 212p

ASLOUM H., 1990 – Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, Lycopersicumesculentum L) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis : 24-32.

Aubert G., 1978 - Méthode d'analyses des sols. Ed .C.r.d.p. Marseille ,191p.

BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004 – Réponse physiologique de la gesse (Lathyrussativus) à la salinité du milieu. Revue des régions arides, Tome 1, N°.Spécial : 346-358

BAIZE D.,1988 - Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression-présentation interprétation).ED.INRA, 172p

BELLAOUEUR A., 2008 - Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives (Sahara Nord-Est Septentrional - Algérie). Mémoire de Magister En Géologie du Génie Civil et des Milieux Aquifères. Université El-HadjLakhdarBatna. 146p.

BEN AHMED H, ZID E. ELGAZZAH M et GRIGNON C 1996 – Croissance et accumulation ionique chez Atriplexhalimus L. Cahier. Agricltures 5, 367-372

BEN AHMED H., MANAA A. et ZID., 2008 – Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la sétaire (Setariaverticillata L). Comte rendus bioligiques, Vol. 331 : 164-170.

BENCHALLAL.A, OUKIL. A et A. BELHADJ-A .2009-Identification et détection, par imagerie satellitaire, de la dégradation des sols par la salinité dans la cuvette de Ouargla, sud de. Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger Novembre 2009 l'Algérie

BENHAMZA M., MERZOUGUI B., 2007. Champ de captage In Salah. (A.N.R.H) agence nationale des ressources hydrauliques direction regionale sud-ouest adrar.

BOUALLA NABILA., BENZIANE AHMED., ET DERRICH ZOUBIR., 2012 - Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'leta, Oran Algérie Journal of applied biosciences 35 : 3787- 3796 ISSN 1997-5902.

BRUN A., 1980 – Effets comparent de difference de concentrations de NaCl sur germination, d'Algérie. Thèse de doctorat 3eme cycle. Montpellier.

Chandra S., Joshi H.C., Pathak H., Jain M.C. et Kalra N. (2002). Effect of potassium salts and distillery effluent on carbon mineralization in soil. *BioresourceTechnology*, **83** : 255-257.

DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2004 -*Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigue Gypso-Salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla,* journal algérienne des régions arides, Colloque International « TERRE et EAU » Annaba.*

DADDI BOUHOUN M., 2010 - Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette d'Ouargla (Sud Est algérien).Thèse de Doctorat. Université BADJI Mokhtar, Annaba. 365 p.

DHW in Salah, Décembre 2010. Etude de la station de déminéralisation de FoggaratEzzoua

DUBOST D., 2002. Ecologie, Aménagement et développement agricole des Oasis Algériennes. Thèse Doctorat, Univ. Géographe. Monde arabe, France, 423p. (lot N°2). Phase I-A-Collecte des données de base.

DURAND J. H., 1958 - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p.

DURAND JH., 1983 – Les sols irrigables. Presses universitaires de France Paris, 322p.

DURAND JH., 1983 – Les sols irrigables. Presses universitaires de France Paris, 322p.

EDMONDS W.J., THOMAS P.J., SIMPSON T.W., BAKER J.C., 1998 - Land judging and soil evaluation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia. 26 p

ELMEKAOUI M ., 1987, Etude de la tolérance du NaCl chez le blé dur, tendre et l'orge ; Thèse ing ENSA MONTPELLIER ; Franc

FAO (**Food and Agricultural Organisation)., 2001-** La foresterie urbaine et périurbaine.

FAO., 2002 – Le sel de la terre: un danger pour la production vivrière. Sommet mondial de l'alimentation juin 2002.

FAO., 2008 – Annuaire statistique de la FAO

FLOWERS T.J. et FLOWERS S.A., 2005- Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders. Agricultural water management. Vol. 78. N°.1-2: 15-24.

FROSSARD M., 1996- Coordination, intégration, réseaux de servicesEnjeux pour la gestion des politiques publiques en direction des personnes âgées

Garcia C. et Hernandez T. (1996). Influence of salinity on the biological and biochemical activity of a calciothid soil. *Plant and Soil*, **178**, 255-263.

Gaucher G. et Burdin S., 1974- Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presse, Unis'. France, 227p

Gharrocha, 1995. Méthodes pratiques dans l'étude des sols. Ed. O.p.u. Alger p 88.

GHASSIMI F., JAKEMAN AJ., NIX HA., 1995- Salinisation of land and water is an increasing problem in many areas of the world, particularly in arid and semi-arid regions where irrigation - Science - 526 pages

GHASSIMI F., JAKEMAN AJ., NIX HA., 1995- Salinisation ***of*** land and water is an increasing problem in many areas of the world, particularly in arid and semi-arid regions where irrigation - Science - 526 pages

GIRARD J. F., LEGCHENKO A., BOUCHER M., 2005 - Stability of MRS signal and estimating data quality. Near Surface Geophysics. 187 -194p.

HADDAD S., ABBES K., 2015 - Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université. Mémoire master agronomie. Université Ouargla. 42p

HALITIM A., 1988. Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 141p.

HALITIM A. et DAOUD Y., 1994 – Sécheresse., Revue N°03, V : 05 Septembre 94., 151p.

HAMDI AISSA B., 2001 – Le Fonctionnement actuel et passé de sols du Nord du Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micro-morphologique, géochimique et minéralogique et variabilité spatiale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 310p.

HANNI A.S., 2017 - Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique sur la salinité des sols agricoles à In Salah.unv.ouargla, Alger,65p.

IDDIR M EA, (2006) - Evaluation de la salinité par induction électromagnétique : Exemple d'une parcelle cultivée de la plaine de la Macta (Wilaya de Mascara). Magister en Science Agronomiques Spécialité Pédosphère. INA El-Harrach – Alger

Lavelle P. et Spain A.V. (2001) -Soil ecology.Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 654 p

LE HOUEROU, H.N. 1986 - Salt-tolerant plant of economic value in the Mediterranean basin.Reclamation and Vegetation Research .Vol.5: 319-314

LEGROS J. P., 2009-La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellierconférence n° 4069, Bull. n° 40, pp. 257-269.

Maillard J., 2001- Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34p

MAINGUET M., 2003 - Les pays secs environnement et développement .Ellipses, Paris : 27-28

MATHIEU C et PIELTAIN F., 2009 - Analyse chimique des sols: méthodes choisies. 2éme édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. 317 p.

MATHIEU C et PIELTAIN F., 2009 - Analyse chimique des sols: méthodes choisies. 2éme édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. 317 p

MAHDI Y., (2006) ; *Etude de la salinisation des sols salés agricoles d'une région hyper aride (IN-SALAH).* Thèse Doctorat, E. N. S de C. Koubba, Alger 1-44p .

MERMOUD A., 2006 - Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23p.

MUNNS R., 2002 - Comparative physiology of salt and water stress. Plant cell and environnent, Vol.25:239-250.

NASRI. B, MERZOUGUI. B; (2004) -*Rapport de la mission effectuée la région d'In Salah pour l'inventaire des points d'eaux*. ANRH DRSO.

OFFICE NATIONL METEROLOGIQUE TAMANRASSET ;(12/05/2019).

PARIDA A.K. et DAS A.B., 2005 - Salt tolerance and salinity effects on plants: a review.Ecotoxicology and Environmental Safety60, 324-34.

RAMAD., (1984) ; *élément d'écologie. Ecologie fondamentale*, edit Mc. Graw Hill. Paris.403p

RIETZ D.N. et HAYNES R.J. (2003)-Effects of irrigation induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, **35** (6) : 845-

S.E.D.A.T, 2011- (Societe des Etudes Diverses et Assistance Technique). *ETUDE DE SYSTEME DE DRAINAGE DE LA REGION DE TIDIKELT (IN SALAH, FOUGARET EZZOUA ET IN GHAR).* mission i : étude préliminaire. Souk Essebt BP 788 RP Ouargla.

SALLEMI .L, 2013 - *Evolution des propriétés physiques de sols irrigués de la plaine de l'ElOutaya (Biskra),* Magister en Science Agronomique, option Pédologie, INA Alger.

SARDINHA M., MULLER T., SCHMEISKY H. ET JOERGENSEN R.G. (2003). Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. *Applied Soil Ecology*,23(3): 237-244

SERVANT J., 1975 - Contribution à l'étude pédologique de terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-ouest de la France. Thèse d'état. Université de Montpellier, 200 p

SERVANT J., 1975- Contribution à l'étude des sols halomorphes. L'exemple des sols salés du
sud et sud-ouest de la France. Thèse Doc. D'état. Université de Monpellier.

SERVANT J.M., 1975 – La salinité dans le sol et les eaux. Caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. S.E.S. N°310, Montpellier, 27p.

SHENG M.; TANG M.; CHAN H.; YANG B.; ZHANG F .et HUANG Y., 2008 - Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza 18, 287 -296.

SOLTNER D., 1989 - Les bases de la production végétal. Tome I: Le sol, 17ème Ed. C.S.T.A., Angers, 468 p. in HADDAD S., ABBES K., 2015- Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université. Mémoire master agronomie. Université Ouargla. 42p

SZABLOCS I., 1994– Sotls and salinization .In: Pessarakli, M, (Ed), Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York: 3-11.

WALPOLA B.C. ETARUNAKUMARA K.K.I.U. (2010)-Effect of salt stress on decomposition of organic matter and nitrogen mineralization in animal manure amended soils. *Journal of Agricultural Science*, **5:** 9-18.

WANG L., SUN X., LI T.S., ZHANG W. ETZHAI P. (2014) -Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: effects on soil physical and chemical properties and tree growth. *PLoS ONE*, **9** (2): e89185.

WIEBE B.H., EILERS R.G., EILERS W.D. ET BRIERLEY J.A., 2005 -Salinité du sol. Nom de l'indicateur: Risque de salinisation du sol. L'agriculture écologiquement durable au Canada: Série sur les indicateurs agroenvironnementaux. Rapport N° 2. pp : 121 – 12

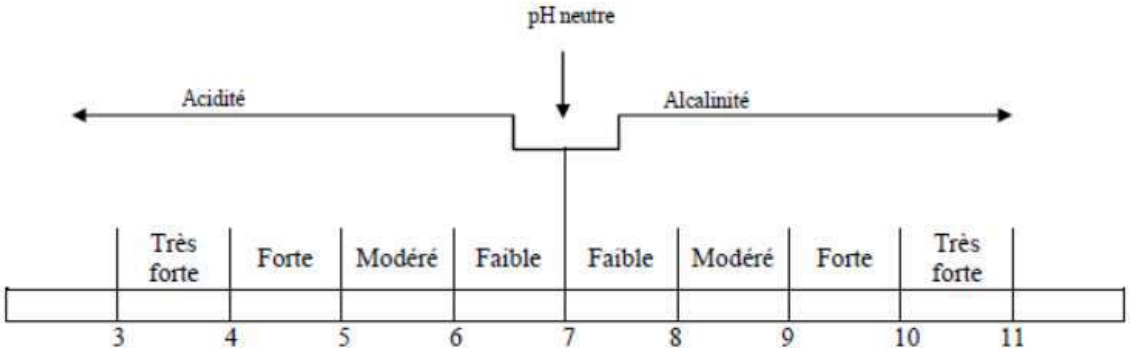
ZHU J.K., 2001 - Plant salt tolerance. Trenda in plant Sci. 6: 66-71

ZID E., GRIGNON C., 1991- Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon LibbeyEurotext, Paris : 91-10

Annexe

Annexe

Annexe 1: Normes d'interprétation du pH-eau du sol MATHIEU et PIELTAIN (2009)



Annexe 2 : Résultats d'analysé de la nappe phréatique dans la palmeraie d'El-Barka

Site	El-Barka 1			El-Barka 2			El-Barka 3		
Paramètre	**Niveau statique (cm)**	**CE ($ds.m^{-1}$)**	**pH**	**Niveau statique (cm)**	**CE ($ds.m^{-1}$)**	**pH**	**Niveau statique (cm)**	**CE ($ds.m^{-1}$)**	**pH**
Moyenne	33,54	25,33	7,72	42,18	20,46	7,6	69	19,02	7,65
Ecart-type	20,46	15 ,51	0,34	13,56	7,73	0,31	21,53	15,56	0,31

Annexe 3:Évaluation de la salinité des eaux de la nappe phréatique (la norme internationale ISO11265:1994 ***in*** SLIMANI et GUENDOUZ, 2015).

CE	Salinité
< 2,5 dS/m	Non salin
2,55 à 5 dS/m	Légèrement salin
5 à 10 dS/m	salin
10 à 20 dS/m	Très salin
>20 dS/m	excessivement

Annexe 4: Échelle de pH des eaux phréatique (GAUCHER ,1968 in SOLTANER ,1992)

6,75 <pHn< 7.25	Neutre
7.25 <pHn< 8.5	Alcalin
>8.5	Très alcalin

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

$CE_{e\ 1:5}$ à 25°C	**Classe de salinité**
$CE_{e\ 1:5} \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CE_{e\ 1:5} \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CE_{e\ 1:5} \leq 2$	Salé
$2 < CE_{e\ 1:5} \leq 4$	Très salé
$CE_{e\ 1:5} < 4$	Extrêmement salé

Annexe 6 : résultats de degré de salinité de sol

Couche	**0-40 (cm)**		**40-80 (cm)**		**80-120 (cm)**	
Paramètre	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart-type**
El-Barka 1	9,89	12,03	3,90	2,66	3,76	2,68
El-Barka 2	2,96	0,69	2,94	0,84	2,55	0,88
El-Barka 3	4,38	3,74	3,82	2,32	3,61	1,84
El-Barka 4	1,50	1,01	1,38	0,97	1,49	1,05
El-Barka 5	2,40	1,30	1,39	1,02	6,91	3,61

Annexe 7 : résultats pH de sol

Couche	**0-40 (cm)**		**40-80 (cm)**		**80-120 (cm)**	
Paramètre	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart-type**
El-Barka 1	7,38	0,22	7,42	0,19	7,47	0,15
El-Barka 2	7,43	0,17	7,47	0,16	7,50	0,16
El-Barka 3	7,54	0,24	7,59	0,29	7,56	0,24
El-Barka 4	7,69	0,19	7,69	0,19	7,69	0,18
El-Barka 5	7,82	0,27	7,76	0,22	7,70	0,20

Annexe 8 : résultats de résidu de sec de sol

Couche	0-40 (cm)		40-80 (cm)		80-120 (cm)	
Paramètre	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart- type**	**Moyenne**	**Ecart-type**
El-Barka 1	7,19	3,68	5,89	2,53	5,39	3,20
El-Barka 2	6,33	3,09	6,25	2,52	5,71	2,03
El-Barka 3	3,76	1,70	3,61	2,98	4,06	1,68
El-Barka 4	2,56	1,02	2,56	1,02	2,77	1,09
El-Barka 5	2,83	0,99	2,67	1,30	3,00	1,04

Annexe 9:Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique des eaux d'irrigation
(DURAND, 1958 in DAOUD et HALITIM, 1994)

Conductivité électrique $dS.m^{-1}$ à 25 °C	Différentes classes d'eaux
$CE < 0,25$	C1 Eaux faiblement salines
$0,25 < CE \leq 0,75$	C2 Salinité moyenne
$0,75 < CE \leq 2,25$	C3 Salinité forte
$2,25 < CE \leq 5$	C4 Très forte salinité
$CE > 5$	C5 Eaux à salinité excessive

Annexe 10 :Classification de durand (1983), de salinité des eaux

- C1 - CE 25° C < 250 micromhos/cm/cm	Eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols, avec peu de chances d'apparition de salinité d.ans le sol. Un léger lessivage est nécessaire, mais il se produit en irrigation normale sauf en sol très peu perméable.
- C2 - CE 25° C comprise entre 250 et 750 mrcromhos/cm/cm	Eaux utilisables avec un léger lessivage. Les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent pousser dans la plupart des cas, sans pratique spéciale de contrôle de la salinité
- C3 - CE 25° C comprise entre 750 et 2 250 micromhos/cm/	Eaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.
- C4 - CE 25° C > 2 250 micromhos/cm/cm	Eaux inutilisables normalement pour l'irrigation Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau d'irrigation sera appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

Annexe11:Classification des eaux phréatique (FLOREA 1961 in OMEIRI 1994)

Résidu sec en g/l	Différents types d'eau de nappe
≤ 0,5	Eau douce
0,5 < R.S ≤ 4,5	Eau très faiblement salée
4,5 < R.S ≤ 10	Eau faiblement salée
10 < R.S ≤ 25	Eau moyennement salée
25 < R.S ≤ 45	Eau fortement salée
45 < R.S ≤ 100	Eau très fortement salée
>100	Eau excessivement salée

Annexe12:Les résultats d'analyses physico-chimique et chimique de fourrage

Forage	El-Barka 1	El-Barka 2	El-Barka 3	El-Barka 4	El-Barka 5
PH	7,25	7,41	7,53	7,62	7,51
CE (ds.m^{-1})	2,78	4,14	3,17	2,31	2,34
R.S g/l	1,73	2 ,7	1 ,98	1 ,46	1,44
Na (meq.l^{-1})	12,18	20,88	15,22	9,35	9,31
Mg(meq.l^{-1})	4,49	9,93	9,84	7,39	6,48
Ca (meq.l^{-1})	10,85	9,98	5,76	6,09	6,04
K (meq.l^{-1})	0,56	1,15	1,05	0,36	0,38
Cl (meq.l^{-1})	12,97	27,7	15,8	9,31	11,97
SO4 (meq.l^{-1})	11,45	12,7	15,88	9,99	11,97
HCO 3(meq.l^{-1})	2,15	2,4	1,3	2,3	2,25
SAR	3,11	4,68	3,85	2,54	2,54

Annexe 13 :Echelle d'interprétation de pH extrait 1/5 (Soilsurvey Staff 1999)

Valeur du pH	Classe
< 4,5	Extrêmement acide
4,5-5,0	Très fortement acide
5,1-5,5	Fortement acide
5,6-6,0	Moyennement acide
6,1-6,5	Légèrement acide
6,6-7,3	Neutre
7,4-7,8	légèrement alcalin
7,9-8,4	Moyennement alcalin
8,5-9,0	Fortement alcalin
>9,0	Très fortement alcalin

Annexe 14 :L'échelle de MO % (Morand, 2001)

MO%	Nom de classe
0.5 à 1 %	Très faible en MO
1 à 2 %	Faible en MO
2 à 3 %	Moyenne (ou modérée) en MO
3 à 5 %	Elevée en MO
> à 5 %	Très élevée en MO

Résumé

La Salinisation est un phénomène majeur qui entrave le développement agricole. Il est donc nécessaire d'étudier ce phénomène et d'essayer de trouver des solutions appropriées. Notre travail est basé sur l'étude de la distribution spatiale de la salinité du sol dans la région des palmiers d'El-Barak in Saleh

Nous avons choisi la méthode d'échantillonnage systématique aléatoire. L'échantillonnage a été réalisé durant la période qui s'étale de fin décembre 2018 au début mars 2019, où nous avons échantillonné dans 60 points avec 3 répétitions dans chaque point. L'étude a été menée à trois profondeurs (0-40 cm, 40-80 cm, 80-120 cm) où nous avons mesurées (CE, pH) sur l'extrait 1/5 et les résidus secs. En parallèle, nous avons étudié la nappe phréatique où nous avons mesuré (CEe, pH et niveau constant).

Les résultats de l'étude ont montré qu'il existe une différence dans le degré de salinité du sol dans les palmeraies d'El- Barka. Il varie de faiblement salin à une salinité élevée, avec la dominance de la classe salée et un pH alcalin en général. Dans les palmeraies El barka la nappe phréatique est près de la surface. Cette situation est aggravée par la salinité extrêmement élevée des eaux phréatique.

La situation des palmeraies de El -Barka nécessite une nouvelle politique d'aménagement pour assurer sa réhabilitée et sa durabilité.

Mots clés : In-Salah, El-Barka, palmeraie, Salinisation, variabilité spatiale, Nappe phréatique

Abstract

Salinization is a major phenomenon that hinders agricultural development. it is therefore ne phenomenon and to try to find appropriate solutions. Our work is based on the study of the spati salinity in the region of El-Barka palms In- Salah we chose the random systematic sampling meth conducted during the period from late December 2018 to early March 2019, where we sample repetitions in each point. The study was conducted at three depths (0-40 cm, 40-80 cm, 80-120 cm (CE, pH) on the 1/5 extract and dry residues. n parallel, we studied the water table where we me constant level). The results of the study showed that there is a difference in the degree of salinity palm groves. it varies from weakly saline to high salinity, with the dominance of the saline class general. in the palm groves el barka the water table is near the surface. This situation is aggrava high salinity of phreatic waters. the situation of el barka palm groves requires a new managemer rehabilitation and sustainability.

Keywords: In-Salah, El-Barka, palm grove, Salinization, Spatial variability, groundwater**.**

ملخص

التملح هو ظاهرة رئيسية تعيق التنمية الزراعية. لذلك من الضروري دراسة هذه الظاهرة ومحاولة إيجاد الحلول المناسبة. يعتمد عملنا على دراسة التوزيع المكاني لملوحة التربة في منطقة نخيل البركة في عين صالح، وقد اخترنا طريقة أخذ العينات المنهجية العشوائية. تم إجراء أخذ العينات خلال الفترة من أواخر ديسمبر 2018 إلى أوائل مارس 2019، حيث أخذنا عينات في 60 نقطة مع 3 التكرار في كل نقطة. أجريت الدراسة على ثلاثة أعماق (0-40 سم، 40-80 سم، 80-120 سم) حيث قمنا بقياس (درجة الملوحة والحموضة) على استخراج 5/1 والمخلفات الجافة. في موازاة ذلك، درسنا منسوب المياه حيث قمنا بقياس (درجة الحموضة والملوحة، ومستوى ثابت). أظهرت نتائج الدراسة وجود اختلاف في درجة ملوحة التربة في بساتين البركة النخيل. وهو يختلف من درجة ملوحة ضعيفة إلى درجة عالية من الملوحة، مع هيمنة الطبقة المالحة ودرجة الحموضة القلوية بشكل عام. في بساتين النخيل البركة يكون منسوب المياه بالقرب من السطح. يتفاقم هذا الوضع بسبب الملوحة العالية للغاية من المياه .يتطلب وضع بساتين البركة النخيل سياسة إدارية جديدة لضمان إعادة تأهيلها واستدامتها.

الكلمات المفتاحية: عين صالح – البركة – البساتين – التملح – التباين المكاني – الطبقة السطحية