

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Gestion des Agro-systèmes

Thème

**Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique sur
la salinité des sols agricoles à In Salah**

Présenté par : HANNI Abdessamad

Président :	Mr. BERKAL ISmaiel	M.C.B. à l'U.K.M-Ouargla
Encadreur :	Mr. DADDI BOUHOUN Mustapha	Professeur à l'U.K.M-Ouargla
Co-encadreur :	Mr. SIBOUKEUR Abdellah	Doctorant à l'U.K.M-Ouargla
Examineur:	Mr.KHAMGANI Abdelmalek	M.A.A à l'U.K.M-Ouargla

Année universitaire 2016/2017

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 tâche et je prie le bon Dieu qu'il me la garde pour
toujours.

A mes frères

A mes sœurs

Et a toute ma famille grande et petite

Et aussi à Monsieur le Wali de In Salah SEDAS Lakhdar

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 chemin de la science.

*Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon promoteur **Mr. DADDI BOUHOUN** 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 KASDI MERBAH de Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.*

*Mes remerciements vont aussi à **Mr. KHAMGANI Abdelmalek**. 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. Egalement, la DSA de In Salah (Mr DEHRI) et ANRH de Adrar (Mr BOUHAFS, Mme SLIMANI).

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.

Abdessamad HANNI

Liste d'abréviation

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Adrar Ouargla

C.E.e1/5 : Conductivité électrique de l'extrait 1/5 des sols

C.E.n : Conductivité électrique des eaux phréatiques

D.H.W : Direction Hydraulique de la Wilaya

FAO : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

O.N.M : Office National de la Météorologie

pHe1/5 : pH de extrait 1/5 des sols

pHn : pH des eaux phréatiques

R.s.n : Résidus secs des eaux de la nappe phréatique

S.E.D.A.T : Sociétés Des Etudes Diverses Et Assistance Technique

IRD : institut de recherche pour le développement.

Liste des tableaux

Tableaux N°	Titre	Page
Tableau .1	Caractéristiques géographiques de la station climatologique d'In Salah	06
Tableau .2	Températures Moyennes Mensuelles.	06
Tableau .3	Evaporations Moyennes Mensuelles	07
Tableau .4	Vitesses Moyennes mensuelles des vents (en m/s).	08
Tableau .5	Durée d'insolation moyenne mensuelle	09
Tableau .6	Humidité relative moyenne (en%).	10
Tableau .7	Précipitations moyennes mensuelles	11
Tableau .8	Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)	21
Tableau .9	Classification de SAR (Sodium absorption ratio)	25
Tableau .10	Classification des sols salins	25

Liste des figures

Figure N°	Titre	Pages
Figure 1	Carte de situation de région d'étude	5
Figure 2	Températures moyennes mensuelles	7
Figure 3	Évaporations moyennes mensuelles	8
Figure 4	Moyenne mensuelle des vitesses du vent (en m/s)	9
Figure 5	Durée mensuelle de l'insolation totale	10
Figure 6	L'humidité relative moyenne da la station d'In Salah	11
Figure 7	Précipitations moyennes mensuelles	12
Figure 8	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station d'In Salah	13
Figure 9	Profil topographique « plateau du Tademaït- FoggaretEzZoua »	14
Figure10	Carte topographique de la dépressionde In Salah	15
Figure 11	Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002.	18
Figure12	Coupe géologique dans la région In ghar – In Salah	19
Figure 13	Dimensions de la maille avec le rayon possible de modification d'un point	32
Figure 14	Points de sondage après délimitation de la palmeraie d'In Salah 2016	33
Figure 15	Différentes types de système agraires dans les palmeraies de In Salah	38
Figure 16	Différentes systèmes d'irrigation dans la palmeraie de In Salah	39
Figure 17	Carte de niveau statique dans les palmeraies d'In Salah	41
Figure 18	Carte de salinité des eaux phréatiques de la palmeraie d'In Salah	43
Figure 19	Carte de variation du résidu sec des eaux phréatique de palmeraie de In Salah	45
Figure 20	carte de variation de la salinité de couche 0 -40cm de sol de palmeraier de In Salah	47
Figure 21	Carte de variation de la salinité de couche 40 -80cm de sol de palmeraier de In Salah	48
Figure 22	Carte de variation de la salinité de couche 80 -120cm de sol de palmeraier de In Salah	49
Figure 23	Les classesdu salinité dans les palmeraies de In Salah	50
Figure 24	Variation du pH _{s1/5} moyen des couches du sol	51

Listedes annexes

Annexe	Titre	Pages
Annexe 01	Classification des eaux phréatique (FLOREA 1961 in OMEIRI 1994)	62
Annexe 02	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique des eaux d'irrigation (DURAND, 1958 in DAOUED et HALITIM, 1994)	62
Annexe 03	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009)	62
Annexe 04	Normes d'interprétation du pH-eau du sol MATHIEU et PIELTAIN (2009)	63
Annexe 05	Classification de durand (1983), de salinité des eaux	63
Annexe 06	Carte géologique d'Algérie	64

Table des matières

Introduction	01
Partie 1 : Synthèses Bibliographiques	
I. Présentation de la région d'étude	04
1-Présentation géographique de la région d'étude	04
2 - Contexte climatologique	05
2. 1. Cadre climatique local	05
2.1.1. Température	06
2.1.2. Evaporation	07
2.1.3. Vent	08
2.1.4. Insolation	09
2.1.5. Humidité	10
2.1.6. Précipitation	11
2.1.7. Synthèse climatique	12
3 - Cadre géomorphologique	13
a)- Le plateau du Tademaït	13
b)-La dépression d'Ain Salah	14
4- La géologie	15
5 – Hydrogéologie	16
5.1. Continental Intercalaire (CI)	16
5.2. Le Complexe Terminal (CT)	17
5.3. Les caractéristiques du continental intercalaire à In Salah	18
5.4. Système aquifère local	18
5.5. Le mode d'exploitation des ressources en eau	19
6. Végétation	20
7. Agriculture	20
8. L'élevage	20
II. Salinité des sols	
1. Répartition des sols salés	21
1.1. Répartition dans le monde	21
1.2. Répartition en Algérie	21
2. Concepts de base	22
2.1. Sols salés	22

2.1.A. Définition	22
2.2.Salinité de sol	22
2.2.A. Définition de salinité	22
2.3.Salinisation des sols	22
2.3.A. Définition	22
3. Origine de la salinisation	23
3.1. Salinisation primaire ou naturelle	23
3.2. La salinisation secondaire	24
4. Les paramètres de caractérisation des sols salés	24
4.1.La conductivité électrique (CE)	24
4.2. pH de la sole	24
4.3. ESP (Le taux de sodium échangeable)	25
4.4. SAR (Sodium absorption ratio)	25
5. Classification des sols salins	25
6. Effet des sels sur le sol	26
6.1. Effet sur les propriétés chimique	26
6.2.Effet sur les propriétés chimique	26
7. Mise en valeur des sols salés	26
III. Nappe phréatique	
1. Définition	27
2. Mode d'alimentation des nappes phréatique	27
3. Méthodes d'études des nappes phréatiques	27
4. Remonte de la nappe phréatique	27
5. Le niveau critique de nappe phréatique	28
6. Caractérisation des eaux phréatiques	28
1. La salinité	28
2. La sodicité	28
3. le faciès chimique	29
Partie 2: Matériel et Méthodes	
1. Matériels d'étude	31
1.1.Choix de la zone d'étude	31
2. Méthode d'étude	31
2.1. La méthodologie	31
2.2. Échantillonnage dans la palmeraie de In Salah	32
2.3. Echantillonnage	33

3. Etude au laboratoire	34
3.1. Méthodes d'analyses au laboratoire	34
1.1.1. Analyses physico-chimiques du sol	34
1. Conductivité électrique	35
2. pH	35
3.1.2. Analyse des eaux phréatique	35
1. Résidu sec ($R.s_n$)	35
2. Conductivité électrique(CEn)	35

Partie 3 : Résultats et discussion

1. Conduite culturale dans la région de In Salah	37
1.1. Ancienne système	37
1.2. Le nouveau système agricole	37
1.3. Système d'irrigation	38
2. Dégradation hydrique des palmeraies de In Salah	40
2.1 Niveau statique de la nappe phréatique	40
2.2 Qualité des eaux phréatique	42
2.2.1 Degré de salinité	42
2.2.2 Résidu Sec	44
3. Dégradation édaphique des palmeraies de In Salah	46
3.1. Salinisation des sols	46
3.1.1. Degré de salinité	46
3.1.2. $pH_{e:1/5}$ de sol	51

Conclusion générale **52**

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La gestion des sols en agriculture est considérée comme l'un des thèmes prioritaires pour assurer la durabilité des modes de production. Cette question concerne non seulement les préoccupations liées à la production et la qualité des produits mais également la protection de l'environnement (DIALLO, *et al* ; 2015).

La salinisation des sols constitue un problème qui menace l'équilibre de l'environnement à différentes échelles, de la cellule végétale jusqu'à l'écosystème (DUTUIT et POURRAT, 1994). Ce phénomène est très répandu dans tous les continents (CHEVERRY et ROBERT, 1998), en particulier dans les zones arides et semi-arides (VILLA-CASTORENA *et al* ; 2003). Ces dernières représentent 40 à 50% de la surface dans le monde (PALTA, 2005). En effet, certaines études estiment que plus de 6,5% des terres, soit 9 millions de Km², sont déjà affectés par la salinité, et que plus de la moitié des terres irriguées est salée (CHEVERRY et BOURRIE, 1998).

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95 % du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations (DAOUD et HALITIM, 1994 ; DJILI *et al* ; 2003 ; SAIDI, 2004 in ZIZA ; 2006). Toutefois, il ne faut pas négliger l'effet de la nappe phréatique sur la salinité du sol, où selon (IPTRID, 2006) les nappes phréatiques des périmètres irrigués sont souvent riches en sels. D'une part, elles recueillent les eaux lessivant les sels et, d'autre part, lors de leur remontée, elles peuvent remobiliser des sels des couches profondes, précipités en surface lors du processus d'évapotranspiration.

Peu de recherches ont été effectuées sur la dégradation hydro-édaphique dans les palmeraies de In Salah, où la nappe phréatique peut influencer d'une manière importante sur les sols des palmeraies. Le but de notre travail est l'étude de l'impact des eaux phréatiques sur le sol à savoir l'état hydro-édaphique des sols des palmeraies de In Salah, en vue de proposer des recommandations d'aménagement qui permettent une bonne conservation et valorisation de l'écosystème.

Notre étude porte sur l'impact de la nappe phréatique sur la salinité des sols agricoles. L'objet de ce travail s'appuie sur l'analyse de paramètres physico-chimiques des sols et des eaux dans la région de In Salah et son effet sur la dégradation des sols agricoles.

Cette étude contenutrois partie :

1. **Synthèse bibliographique** : Elle présente la région d'étude de In Salah, ainsi que des notions de base sur la salinité du sol et sur la nappe phréatique
2. **Matériel et méthodes** : Elle expose les motifs de choix de la région de In Salah et de ses palmeraies ainsi que l'approche méthodologieadoptée.
3. **Résultats et discussion** : Elle dévoile et interprète les résultats sur la dégradation hydro-édaphique aux palmeraiesde In Salah.

PARTIE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1-Présentation géographique de la région d'étude :

La région d'In Salah fait partie, sur le plan administratif de la wilaya de Tamanrasset, elle se trouve à 1070 km au sud du capital d'Alger et à 700 km au nord ouest du chef lieu de la wilaya de Tamanrasset (fig. N°1). Elle s'étend entre les coordonnées géographiques :

- les longitudes entre 2° et 4° 10' à l'Est.
- les latitudes entre 25° 16' et 28°25' au Nord.
- Avec une altitude moyenne de 294 m.

Elle couvre une superficie de 43 938 Km², et compte une population de 32 518 habitants en 2008, et une densité de peuplement de 0.74 habitants/Km².

Elle est limitée :

- Au nord, par le plateau de Tademaït.
- Au sud - Ouest, par le Tanezrouft et la sebkha de Mekerrhane.
- Au sud - Est, par le Tassili.
- A l'ouest, par le Tidikelt occidental.

Elle est séparée par des vastes étendues des différents territoires nationaux importants, elle s'éloigne de la région de Mzab de 700Km, et de la wilaya d'Adrar de 400km, elle constitue une zone de transit entre les grandes zones du Sud algérien :

Nord : El-Goléa.

Sud : Ameguid.

Sud -Est: Tamanrasset.

Nord Ouest : Adrar.

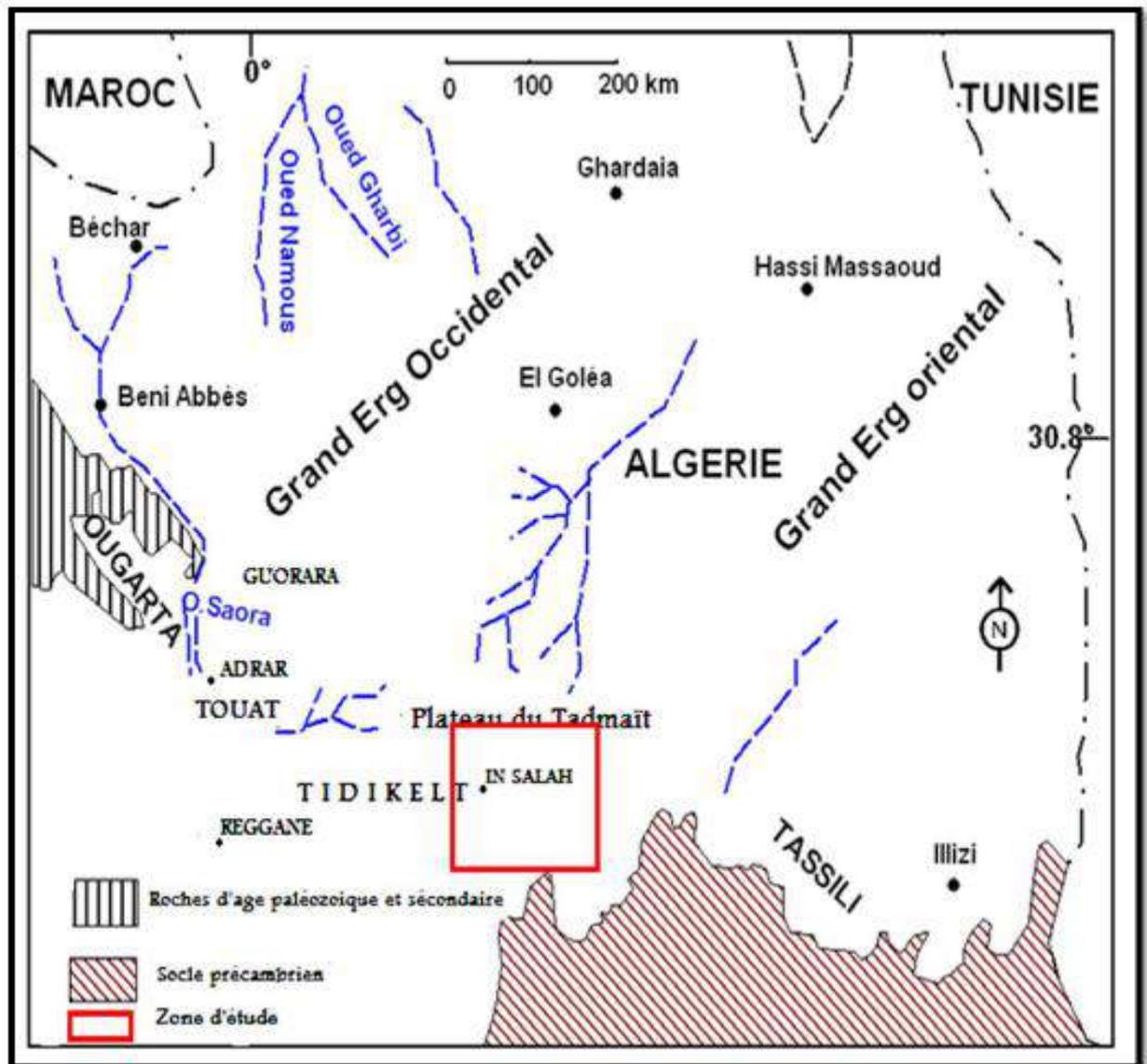


Figure 1 : Carte de situation de région d'étude (EL MAALEM et BEN KERROUM, 2010)

2 - Contexte climatologique :

Le Sahara correspond du point de vue climatologique, 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 climatologique 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 climatologiques la lumière et la température en tant que facteurs énergétiques, les précipitations comme facteurs hydrologiques et les vents en

tant que facteurs mécaniques (RAMADE, 1984). Nous présenterons le climat de la région 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 1.

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques de la station climatologique d'In Salah.

Nom de la station	Altitude(m)	Latitude	Longitude	Période d'observation
In Salah	268	27°15 N	02°31 E	2003-2012

(Source ONM, 2014)

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. La période chaude commence au mois de mai et durant jusqu'au mois de septembre, la température moyenne la plus basse est enregistrée au mois de Janvier avec une valeur de 14.3°C, Alors que la plus élevée est enregistrée au mois de Juillet avec une valeur de 38.4°C

Les valeurs des températures moyennes mensuelles sont reportées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Températures Moyennes Mensuelles.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Température	34.2	28.6	20.6	15.7	14.3	17.3	22.2	26.7	31.7	35.9	38.4	37.5

La courbe représentative des températures moyennes (fig. 2) montre la présence d'un axe de symétrie (mois d'Août), ce qui nous laisse supposer la présence de deux périodes bien distinctes :

Une phase allante du mois de Février à Juin marquée par une nette progression des températures moyennes.

Une seconde période qui débute au mois de Septembre où les températures baissent pour atteindre leur minimum en janvier.

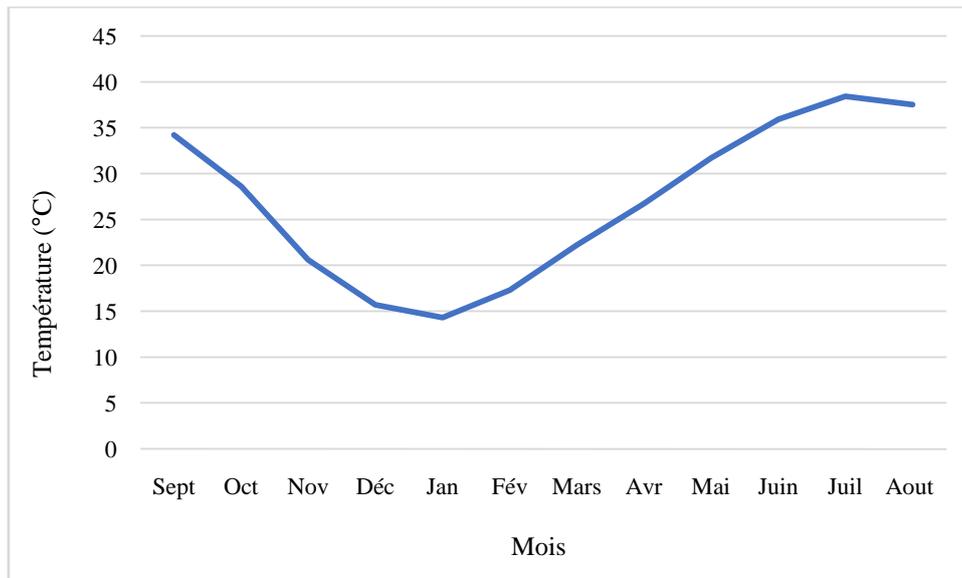


Figure 2. Températures moyennes mensuelles.

2.1.2. Evaporation :

L'évaporation traduit le retour de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur. Elle intéresse aussi bien les surfaces d'eau libre que les quantités d'eau retenues dans les couches aquifères. Les valeurs des évaporations moyennes mensuelles sont reportées dans le tableau I.3.

Tableau 3 : Evaporations Moyennes Mensuelles.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Evaporation (mm)	398	291	244	168	168	184	256	310	427	467	519	461

Le graphe (fig. 3) représente l'évaporation moyenne mensuelle de la période concernée enregistrée dans la région d'In Salah.

Il montre que les fortes valeurs de l'évaporation sont enregistrées pendant la période estivale. Elle atteint son maximum au mois de Juillet 519 mm et les faibles valeurs sont enregistrées pendant la période hivernale où elle atteint son minimum au mois de Décembre et Janvier (168 mm).

Ces valeurs élevées sont reliées à la forte température et aux vents violents.

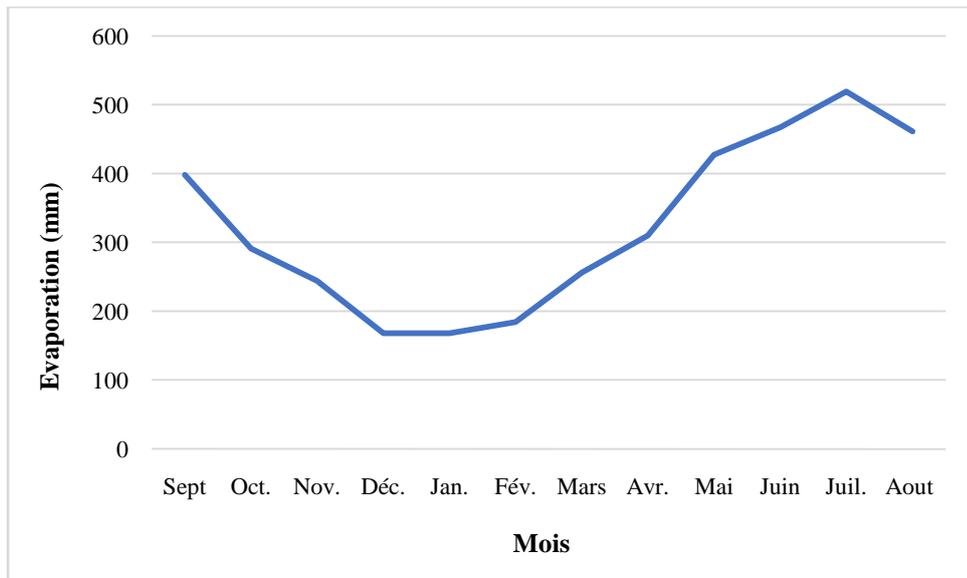


Figure 3.Évaporations moyennes mensuelles.

2.1.3. 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 présentés dans le tableau suivant :

Tableau. 4 : Vitesses Moyennes mensuelles des vents (en m/s).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Vitesse (m/s)	5.2	4.4	4.4	4.4	4.6	5	5.3	5.4	5.9	5.7	6.2	5.9

Ce tableau montre que la force des vents est modérée durant toute l'année, a une amplitude maximale de 6.2 m/s enregistrée au mois de Juillet à la station d'In Salah. La vitesse minimale est enregistrée aux mois d'Octobre, Novembre, Décembre (4.4 m/s). (fig. 4).

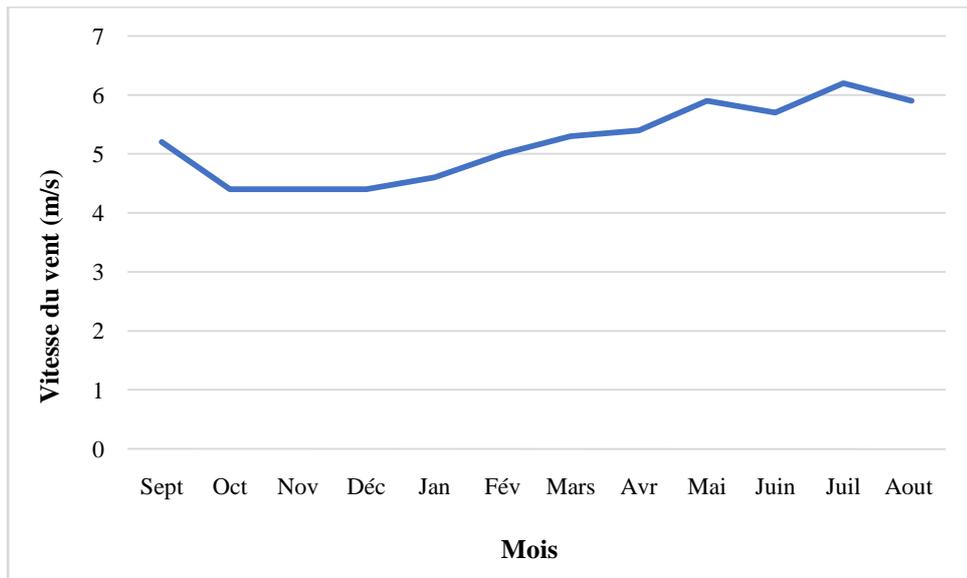


Figure 4. Moyenne mensuelle des vitesses du vent (en m/s).

2.1.4. Insolation :

La région d'étude reçoit une quantité de la lumière solaire relativement très forte. Elle influe sur l'évaporation des plans d'eaux et la transpiration des végétaux donc sur la croissance et le développement des plantes. Les résultats enregistrés au niveau de la station d'In Salah (Tableau 5 et fig. 5) montre que ce facteur atteint son maximum en juillet (351 h/mois) et son minimum en Février (217 h/mois).

Tableau 5 : Durée d'insolation moyenne mensuelle.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Durée d'insolation (h/mois)	284	257	270	261	276	217	276	296	322	338	351	326

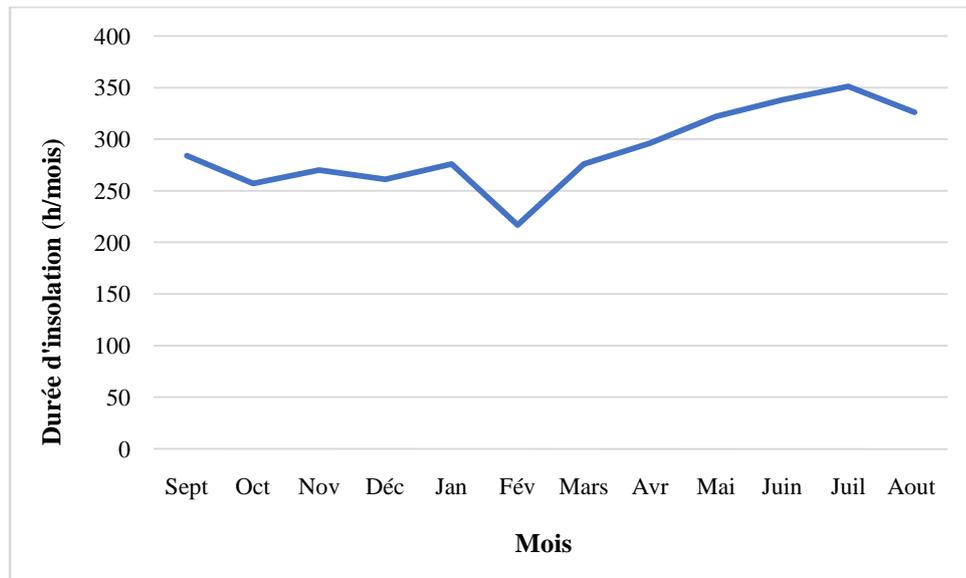


Figure 5. Durée mensuelle de l'insolation totale.

2.1.5. 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 (HANNI, 2014). Les données d'humidité relative moyenne de la station d'In Salah sont notées dans le tableau suivant:

Tableau 6 : Humidité relative moyenne (en%).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
L'humidité (%)	21	29	36	42	42	35	28	22	19	15	15	16

D'après le graphe (fig. 6), on constate que l'humidité relative dans la région d'In Salah est très faible, on note qu'elle est nettement supérieure pour les mois les plus humides soient décembre et janvier (42 %).

L'humidité diminue durant les autres mois de l'année, ce qui indique un signe de sécheresse accentuée, elle oscille entre 15 et 35 %.

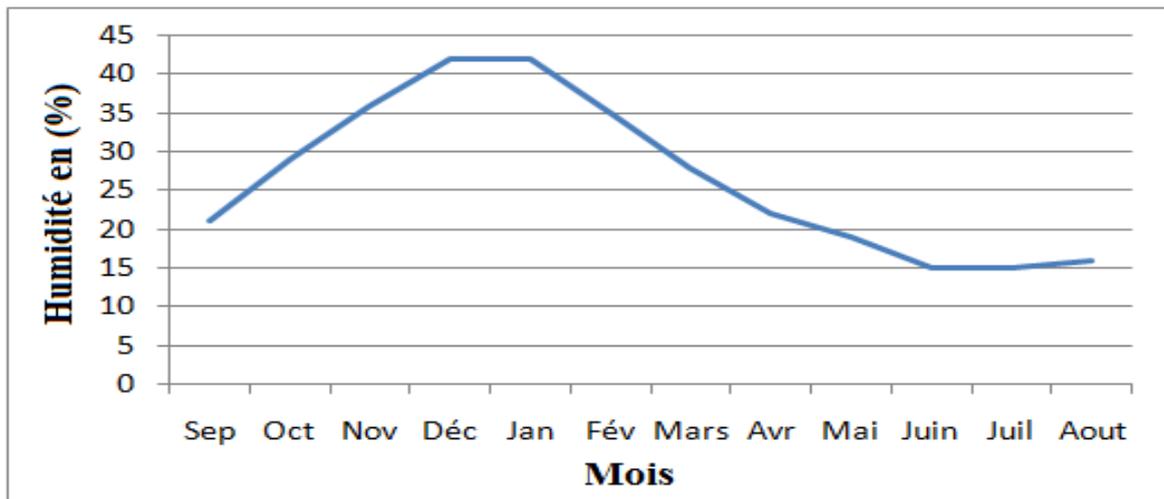


Figure 6. L'humidité relative moyenne de la station d'In Salah.

2.1.6. 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, elles s'évaporent en grande partie au cours de leur chute. 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 les deux stations sont représentées dans le tableau 7.

Le graphe dressé dans la figure 7 montre que la station d'In Salah (1996-2012) présente un minimum égal à 0,15 mm en Juillet et un maximum de 3.15 mm en janvier.

Tableau 7 : Précipitations moyennes mensuelles.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitation (mm)	0.88	2.25	0.85	0.34	3.15	0.70	1.85	1.27	0.46	0.25	0.15	1.14

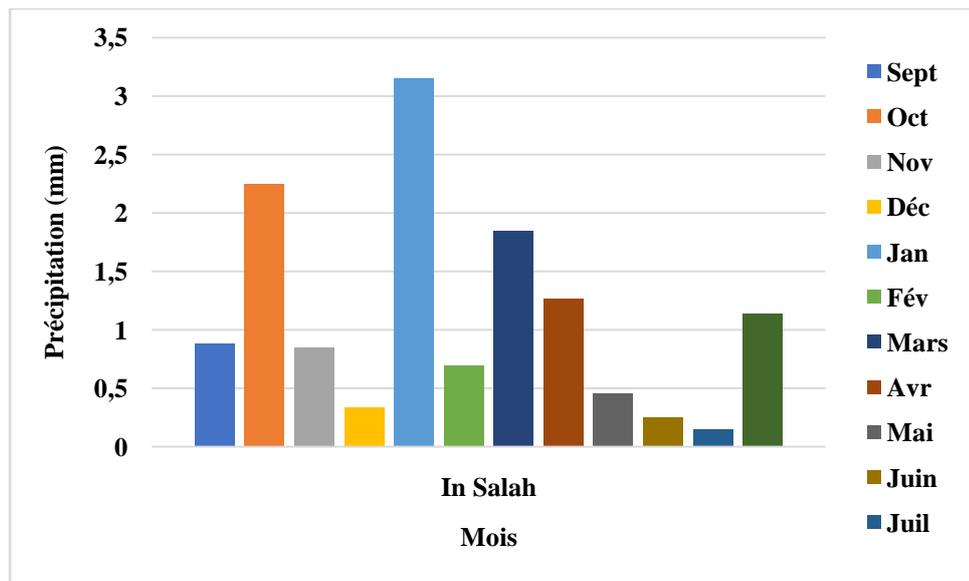


Figure 7. Précipitations moyennes mensuelles.

2.1.7. 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.

➤ Diagramme ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius.

La représentation selon le diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'étude montre que la courbe thermique est entièrement positive par rapport à celle de la courbe ombrique, ce qui montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur tous les mois de l'année.

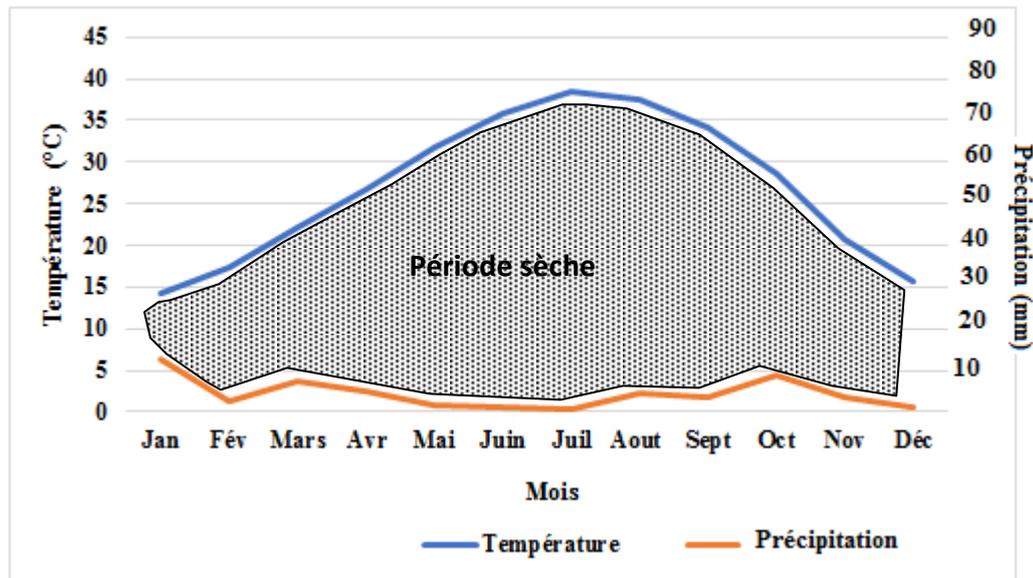


Figure 8. Diagramme pluviométrique de Gaussen de la station d'In Salah.

3 - Cadre géomorphologique :

La région d'In Salah constitue la limite sud du grand plateau de Tidikelt. Elle est caractérisée par deux traits morphologiques :

a)- Le plateau du Tademaït :

Le Tademaït est un plateau calcaire quelque peu dissymétrique qui couvre 220km d'étendue du Nord au Sud et plus de 300 km d'Ouest en Est. Les parties les plus élevées (800m) se localisent aux environs d'Aïn-el-Hadjadj et d'Aïn-Guettara à 50 km au nord d'In Salah (EL MAALEM et BEN KARROUM, 2010).

Le plateau du Tademaït situé au nord de la ville d'In Salah, se présente comme un vaste plan légèrement incliné en direction du sud, où les altitudes avoisinent les 420/450m. Ce plateau ne semble pas former un plan homogène, en effet l'incision de la vallée d'El Djoua au nord d'In Salah le divise en deux éléments dissymétriques (EL MAALEM et BEN KARROUM, 2010) :

- Dans la partie orientale de la vallée d'El Djoua, le plateau est visiblement plus développé qu'à l'ouest. D'orientation générale N-S, le talus qui le limite vers le sud présente trois niveaux étagés (fig.9), ils apparaissent plus distinctement à l'extrémité orientale du plateau. La largeur des paliers varie de 2 à 3 km, avec une dénivelée moyenne de 80m.

• Dans la partie occidentale de la vallée d'El Djoua, le plateau est plus allongé de 10km vers le sud comparé à la partie orientale. Dans cette partie seuls deux niveaux s'individualisent.

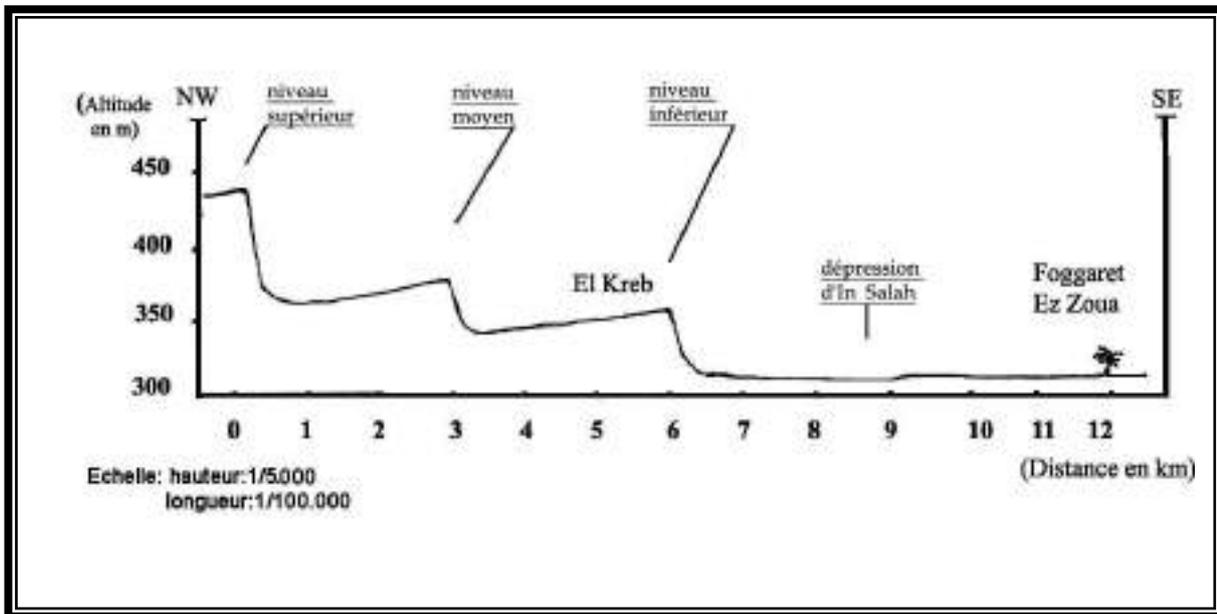


Figure 9 : Profil topographique « plateau du Tademaït- FoggaretEzZoua » (EL MAALEM, BEN KARROUM, 2010).

b)-La dépression d'Ain Salah :

C'est une zone topographique spéciale, entoure le Tademaït depuis le Mouydir jusqu'au Djoua, en passant par les archipels d'oasis : Gourara, Touat et Tidikelt. C'est au sein de cette dernière que se situe la dépression d'In Salah (EL MAALEM et BEN KARROUM, 2010).

La dépression d'In Salah fait partie du Tidikelt oriental, qui se limite à l'est par l'agglomération de FoggaretEzZoua. Elle n'est qu'à 275m d'altitude, elle revêt l'aspect d'une surface faiblement ondulée, inclinée dans son ensemble de l'ENE à l'WSW, selon une pente moyenne de 2 à 2,5%, les altitudes décroissent sensiblement à partir de FoggaretEzZoua qui se trouve à 313m d'altitude, passant par Foggaret El Arab à 297m, Igostene à 273m, In Salah 270m, et enfin 250m aux alentours de Fersig Moulay Tayeb. La ville d'In Salah est installée au centre de cette vaste dépression, au sud de la vallée d'El Djoua, à sa proximité se trouve l'erg Sidi Moussa, important édifice éolien (fig. 10).

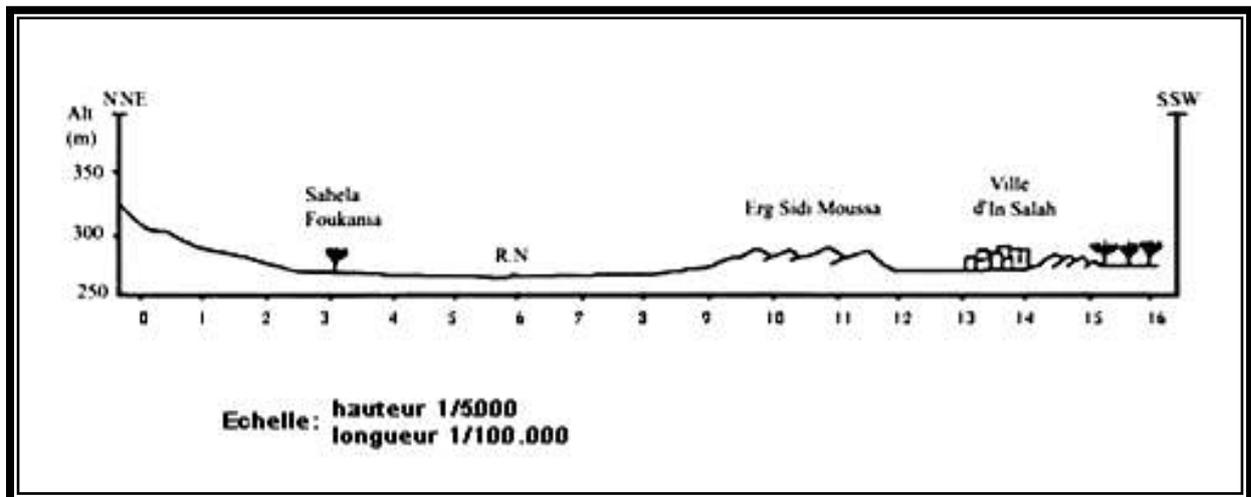


Figure10 : Carter topographique de la dépression de In Salah (EL MAALEM et BEN KARROUM, 2010).

4- La géologie:

La région In Salah se situe dans la limite sud est d'un grand bassin sédimentaire d'âge mésozoïque, ces formations reposent tant en discordance cartographique et tant en accordance sur un substratum d'âge primaire et qui apparaît à l'Est et au Sud à la faveur de la disparition des recouvrements par l'action de l'érosion (NASRI et MERZOUGUI, 2004).

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.

Cs1 : Sénonien inférieur : Argile à gypse, calcaire à silex rubané et grés.

Ct : Turonien : Dolomie et craie dolomitique bariolée.

Cm : Cénomaniens : 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 à ciment de calcaire à la base.

ds : Dévonien supérieur : Argile litée, noire, pyriteuse et des grés (série khrenig) (NASRI, MERZOUGUI, 2004). (voir carte géologique annexe. 06).

5 - Hydrogéologie

Selon KHADRAOUI et TALEB, 2005 Les ressources en eau souterraines au Sahara sont essentiellement constituées par, deux grands systèmes aquifères ; la nappe du Continental Intercalaire qui est un grand réservoir d'eau fossile qui s'étend sur tout la Sahara septentrional et la nappe du Complexe Terminal qui est un aquifère peu profond. Il couvre une superficie de plus de 1 million de Km².

5.1. 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 (figure II.6) (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 de 26% et les transmissivités varient de 26 à 30.10⁻³ m²/s, respectivement au centre, à Oued Rhir et 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 grande 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 baisse, jusqu'à 100 m localement à Touggourt) (DHW, 2010).

La minéralisation de l'aquifère du Continental Intercalaire est très variable. Elle augmente 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 1 g/l et elle augmente vers le sud où 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 où elle atteint 1,5 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).

5.2. Le 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 augmente vers le Sud (400 m) et le Nord où elle peut atteindre 2000 m.

2. L'épaisseur moyenne du réservoir carbonaté est de 100 à 200 m, augmentant de la Nord où elle atteint 500 m sous le chott Djérid et 600 m dans la fosse atlasique ;

La nappe est en charge du Nord et libre dans le Sud. La porosité de la lithologie. Elle 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-à-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 celle du continentale intercalaire. La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo gréseux et sablo argileux du Crétacé Inférieur (SEDAT ; 2011).

5.3. Les caractéristiques de continentale 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 »)(BEN HAMZH et MERZOUGUI, 2007).

Le réservoir utile correspond aux formations détritiques du crétacé inférieur.

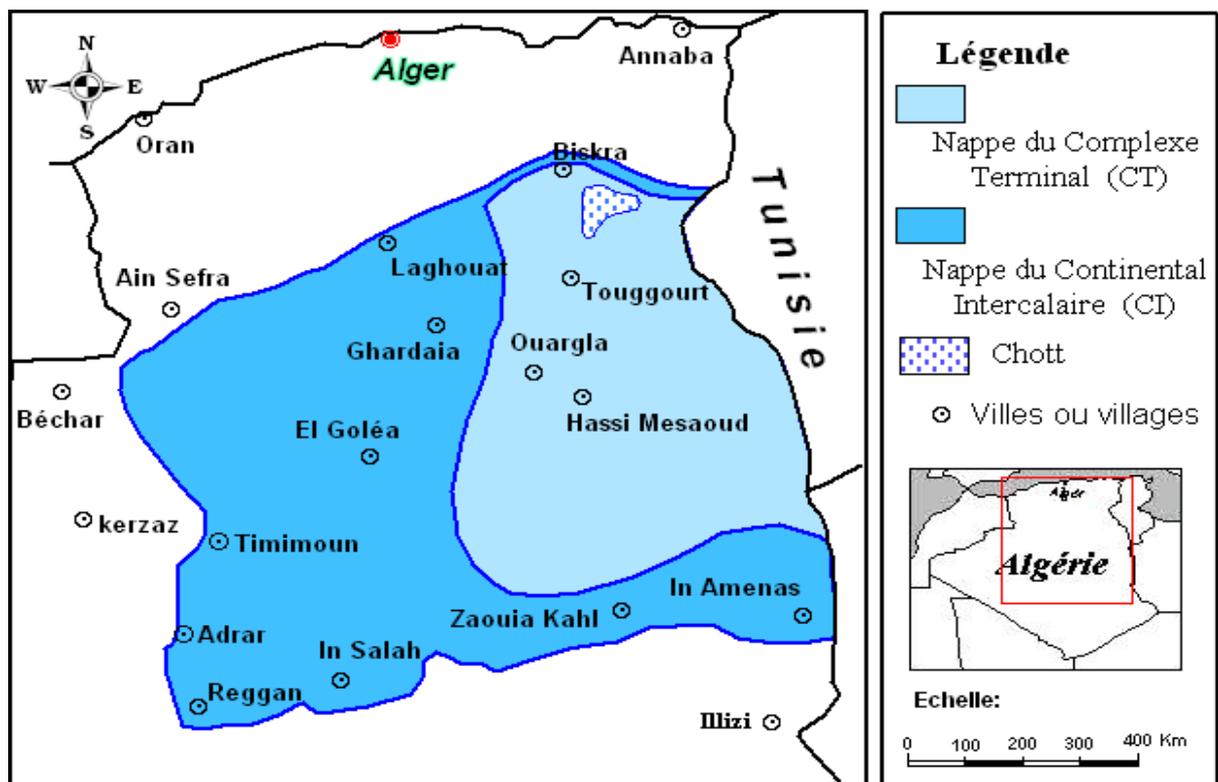


Figure 11 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), (EL MAALEM et BEN KERROUM, 2010)

5.4. 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).

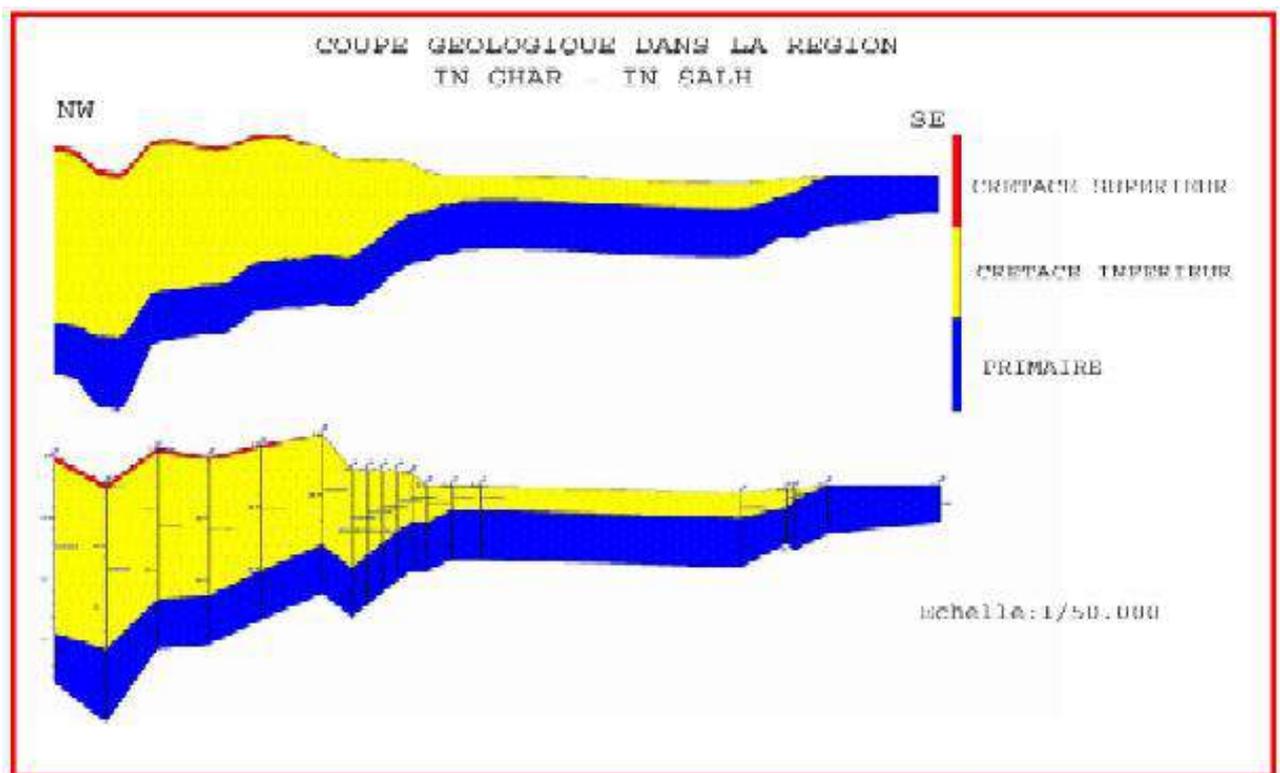


Figure 12: Coupe géologique dans la région In ghar – In Salah (NASRI et MERZOUGUI, 2004)

5.5. Le mode d'exploitation des ressources en eau

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

- forages profonds réalisés par le service d'hydraulique d'In Salah
- Forages Illicites réalisés arbitrairement
- foggara

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

7. Agriculture : l'activité agricole dans la région est basée sur :

- la production des dattiers.
- culture des céréales et les cultures diverses dont le rendement est médiocre et se fait généralement sous palmier dans des parcelles (NASRI, MERZOUGUI, 2004).

8. L'élevage : la rareté des pâturages gêne le développement de l'élevage dans la région (NASRI, MERZOUGUI, 2004). Mais il se trouve un élevage camelin, caprin, ovin comme élevage familial.

SALINITE DES SOLS

1. Répartition des sols salés

1.1. Répartition dans le monde

Les sols salés couvrent environ un milliard d'hectares dans le monde, ils sont situés principalement dans les régions arides et semi-arides (HAMDY, 1995 in IDDER 2006). LA FAO (2005) estime que 7% des terres agricoles dans le monde (920 millions d'hectares) sont affectés par les sels solubles. Par ailleurs, 25% environ des terres irriguées sont confrontés au problème de la salinité (KEREN, 2000 in NEDJMI, 2013). Chaque année, dix millions d'hectares des terres cultivées sont abandonnés en raison de leur salinisation par irrigation avec des eaux minéralisées (SZABOLCS, 1994). Le tableau suivant présente la superficie affectée par la salinité dans le monde:

Tableau 08: Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

1.2. Répartition en Algérie

les zones semi-arides et arides couvrent près de 95% du territoire (BENKHELIF et al, 1999 in BABA_SIDI_KASSI, 2010).

Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface (HALITIM., 1988). Soit 3,2 millions d'hectares (HAMDY, 1999 in BABA_SIDI_KASSI, 2010).

2. Concepts de base

2.1. Les sols salés

2.1.A. Définition

Les sols salés appelés aussi sols halomorphes caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles, plus solubles que le gypse dans l'ensemble ou dans une partie du profil, ou par la dégradation de la structure de l'un de leur horizons ou de tous les horizons sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels en particulier le sodium (AUBERT, 1983; BAIZE, 2000).

2.2. Salinité de sol

La salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales qui limitent la production végétale dans les régions arides, elle est souvent associée à la sécheresse et elle entraîne une réduction des surfaces cultivables (MARCUM, 2006 in NEDJMI, 2013).

2.2.A. Définition de la salinité

La salinité des sols est définie selon plusieurs auteurs comme étant la présence d'accumulation des sels dans le sol. Quand la quantité de sels dans la solution du sol est élevée (BARBOUCHI *et al* 2013), ou la concentration excessive de sels solubles dans le sol, qui limiteraient le développement des plantes (BAIZE, 2000), La salinité constitue l'un des facteurs abiotiques le plus répandu au niveau de la planète et limite fortement les rendements agricoles (KHALES et BAAZIZ, 2006).

2.3. Salinisation des sols

2.3.A. Définition

La salinisation des sols est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire, qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol; il s'ensuit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol (MERMOUD, 2006). Les saisons chaudes et sèches favorisent l'ascension capillaire des sels à la surface des sols où ils concentrent sous l'effet de l'évaporation et s'y expriment en efflorescences, poudres ocre ou

brunes ou crouté du salant blanc (GRUNBERGER et *al* ; 2008 ; DEVISME ; 2009 in YUCEF ; 2010).

3. Origine de la salinisation

L'origine des sels solubles dans les sols est très variée. L'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, qui donnent des sels souvent solubles. En régions arides ceux-ci se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage (GAUCHER in AUBERT, 1976).

On distingue d'une part la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, ces sols naturellement salins sont fréquents dans les zones arides, parce que l'évaporation potentielle du sol dépasse largement la quantité d'eau qui arrive au sol. Ce ci permet aux sels de s'accumuler près de la surface.

La salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités Anthropiques.

Cette salinité concerne des surfaces plus réduites que la salinité primaire mais à des conséquences économiques plus importantes car elle peut dégrader gravement la fertilité du sol (ANTIPOLIS., 2003).

3.1.Salinisation primaire ou naturelle

Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit **le matériau géologique**, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes).
- Soit **par l'eau de mer** est, bien entendu, une source principale de sel en milieu côtier. La salinisation peut alors être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou encore due à la présence de lentilles d'eau sur salées lorsque les zones basses sont isolées de la mer par un colmatage alluvial (salinisation lagunaire) ;
- Soit **une nappe phréatique**, d'origine continentale et salée par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire (IRD ; 2008).

3.2. Salinisation secondaire

Le processus de la salinisation secondaire peut être plus rapide par rapport aux phénomènes naturels :

- Le défrichement des forêts entraîne une augmentation de l'évaporation par conséquent une ascension capillaire importante.
- De même l'emploi des engrais d'une manière excessive et sans lessivage peut aggraver le problème de salinité. Exemple : emploi du KCL sur un sol à salure chlorurée (BAKHTI., 2005).

La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (IPTRID, 2006).

Dans les régions arides, caractérisé par un déficit hydrique, La salinisation est conditionnée par les eaux d'irrigation ayant une qualité chimique médiocre qui diffère d'un pays à un autre.

Ils se concentrent sur place au niveau des bassins endoréiques, des dépressions et des zones basses du paysage (REGUIG et LARROUSSI., 2007). Ces sels seront accumulés et remontés au cours de période sèche.

4. Les paramètres de caractérisation des sols salés :

Le paramètre actuellement utilisé pour la définition de la salinité et de la sodicité est la conductivité électrique (CE), le pH, le pourcentage de sodium échangeable (ESP) et le taux d'adsorption de sodium (SAR) (RICHARDES ; 1954, MATHIEU et al ; 2003) :

4.1. La 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. Elle est exprimée en déci siemens par mètre (dS/m) ou en millisimens par centimètre (mS/cm) (RICHARDES ; 1954).

4.2. pH du sol :

Le pH du sol représente le degré d'acidité d'un sol. Le pH est la mesure du nombre d'ions d'hydrogène (H⁺) présents dans le sol.

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(Annexe 04)(MATHIEU et al ; 2003).

4.3. 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).

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

4.4. SAR (Sodium absorption ratio):

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol (RICHARDES ; 1954). Le SAR est déterminé par la relation suivante (Durand, 1958, in BOUTLLI, 2012).

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

Tableau 9 : Classification de SAR (Sodium absorption ratio)

SAR	Degré alcalinisation
≤ 4	Basse alcalinisation
$4 < \text{SAR} \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < \text{SAR} \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < \text{SAR} \leq 18$	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

(SERVANT et al. 1966 in BENZAHY 1994)

5. Classification des sols salins :

Les sols sont classés en fonction de leur degré de salinité, en prenant compte de leur sodicité (KOTURBY. AMACHER et al. (1997) in BADACHE A, 2005) :

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) :

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

Tableau 10 : Classification des sols salins

6. Effet des sels sur le sol

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

6.1. Effet sur les propriétés physiques:

La stabilité structurale d'un sol diminue dès que le taux de sodium échangeable atteint 12 à 15% (KELLY, 1948, DUTHIL, 1973 in BADACHE, 2005). En effet, RHOADES ET AL ; (1992) indiquent que l'accumulation du sodium provoque le gonflement des terres, ce qui aboutit à la séparation des particules d'argiles et de matière organique (le complexe argilo-humique), ce qui provoque une diminution de la perméabilité (BADACHE, 2005).

6.2. Effet sur les propriétés chimiques :

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

7. Mise en valeur des sols salés :

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 perméable et 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 (GIRARD et al, 2005 in BABA_SIDI_KASSI, 2010).

NAPPE PHREATIQUE

1. Définition

C'est la première nappe rencontrée dans le sol au cours des forages. C'est la nappe des puits, d'où son nom (DURAND, 1983). Et d'après GAUCHER et al. (1974) in BENMOUAF FEKI D ; 2011), les nappes phréatiques sont des accumulations d'eau généralement superficielles possédant des réserves suffisantes pour se maintenir pendant la saison sèche, au cours des années dont la pluviométrie est moyenne.

2. Mode d'alimentation des nappes phréatique :

Selon BOUTLLI, 2012 les nappes phréatiques sont alimentées par:

- ✓ Les eaux d'irrigation provenant du pompage des forages captant les nappes profondes ;
- ✓ Les rejets des eaux usées dans les drains et les fossés d'aisances sans oublier les eaux d'assainissement agricole ;
- ✓ Les forages dont le tubage et la cimentation sont détériorés ;
- ✓ Les pluies torrentielles ;
- ✓ dans des cas exceptionnel la nappe phréatique est alimentée par les eaux de mer (cas des Pays-bas).

3. Méthodes d'études des nappes phréatiques :

En vu de l'étude des relations entre nappe phréatique et salinité du sol quatre sortes de renseignement sont utiles (BOUTLLI, 2012) :

1. La profondeur de l'eau phréatique par rapport à la surface du sol ;
2. Le taux d'évaporation (climat) ;
3. La conductivité hydraulique du sol (type du sol) ;
4. La salure de l'eau phréatique (salinité).

4. Remonte de la nappe phréatique

La remontée des eaux salées par ascension capillaire dépend de la texture des sols.

Pour avoir une ascension nulle à la surface du sol, en cas de nappe excessivement chargée en sels, il faut maintenir le plan d'eau à environ 1,3 m en terrains sableux, éventuellement à 1,5m quand les terres sont limoneuses (DUBOST, 1991 in DADDI BOUHOUN, 2010).

5. Niveau critique de nappe phréatique :

D'après PEARSON *et al* 1957, la profondeur critique de la nappe pour laquelle l'accumulation de sel est maximum.

- Si la nappe phréatique est à une profondeur inférieure, les sels retournent à la nappe entraînés dans l'écoulement d'eau par gravité et augmentent la teneur en sel des parties superficielles de cette nappe.
- Au dessus de la profondeur critique, les sels précipitent à la surface du sol, tandis qu'à de plus grandes profondeurs, la partie reprise par l'ascension capillaire diminue.

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.

6. Caractérisation des eaux phréatiques

Les principaux paramètres qui caractérisent les eaux phréatiques sont la salinité, la sodicité et le faciès chimique.

1- Salinité

La salinité est considérée comme le paramètre principal qui caractérise la qualité de l'eau de la nappe (BENALAYA *et al*, 2009). Elle est ordinairement exprimée par la conductivité électrique en dS/m à 25°C (BOUTLLI, 2012).

2- Sodacité :

La sodicité d'une eau traduit la propriété qu'à cette eau d'augmenter la proportion de sodium échangeable. Quand elle est mise en contact prolongé avec le sol. Le paramètre le plus utilisé pour déterminer la sodicité est le SAR.

- 3- **Faciès chimique** : le faciès chimique représente l'anion(s) et cation(s) prédominant dans l'eau ou dans la solution du sol. Les principales méthodes pour déterminer le faciès sont :
- a) Le diagramme : ($Mg^{2+} / Na^+ : SO_4^{2-} / Cl^-$), nous donne une vue d'ensemble sur la répartition spatiale des faciès géochimiques au niveau d'une nappe phréatique.
 - b) Diagramme de PIPER : Le diagramme de Piper est une composante graphique qui permet de visualiser, quantitativement et qualitativement, la composition chimique des eaux. Le procédé consiste à porter les concentrations sur deux triangles équilatéraux (triangle des anions et triangle des cations) puis à projeter les points représentatifs des échantillons dans un diagramme sous forme de losange qui donne les compositions totales en éléments majeurs et les faciès chimique des eaux (KAID RASSOU, 2009).

PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODES

1. Matériels d'étude :

1.1. Choix de la zone d'étude

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié l'impact de la nappe phréatique sur la salinité du sol de la palmeraie d'In Salah.

1.2. Choix des secteurs d'étude

Pour atteindre les objectifs de ce travail, nous avons choisi les six secteurs qui composent la palmeraie d'In Salah :

- **Palmeraie de In Salah** : fait partie de la commune de In Salah, située à 2 km l'Ouest de centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 12' 01''$ Nord et $2^{\circ} 27'36''$ Est.
- **Elbarka** : Elbarka fait partie de la commune de In Salah, située à 5 km l'Ouest de centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 10'57''$ Nord et $2^{\circ} 26'25''$ Est.
- **Sahla Ouest** : Sahla Ouest fait partie de la commune d'In Salah. Située à 10 km au Nord Est du centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 17' 2''$ Nord et $2^{\circ} 29'5''$ Est.
- **Sahla Est** : Sahla Est fait partie de la commune d'In Salah. Située à 10 km au Nord Est du centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 15' 57''$ Nord et $2^{\circ} 31'50''$ Est.
- **HassiLhdjar** : HassiLhdjer fait partie de la commune d'In Salah. Située à 17 km au Nord Est du centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 16' 48''$ Nord et $2^{\circ} 35'22''$ Est.
- **Igousten** : IGousten fait partie de la commune d'In Salah. Située à 17 km au Nord Est du centre commune, elle est situé pour une latitude et longitude respectivement $27^{\circ} 16' 48''$ Nord et $2^{\circ} 35'22''$ Est.

2. Méthode d'étude :

2.1. Méthodologie :

L'approche méthodologique que nous avons adoptée consiste à étudier l'impact des eaux phréatique sur les palmeraies de In Salah par une approche spatiale et analytique des paramètres hydro-édaphique dans cette dernière. Cette démarche de recherche a été effectuée dans l'ordre suivant :

Partie 2 : Matériels et méthodes

- 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 palmeraies 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 six palmeraies de In Salah.

2.2. Échantillonnage dans la palmeraie de In Salah

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'oeuvre, matériel...etc.). Nous avons opté pour une dimension de maille de 2000 m × 2000 m (fig.13).

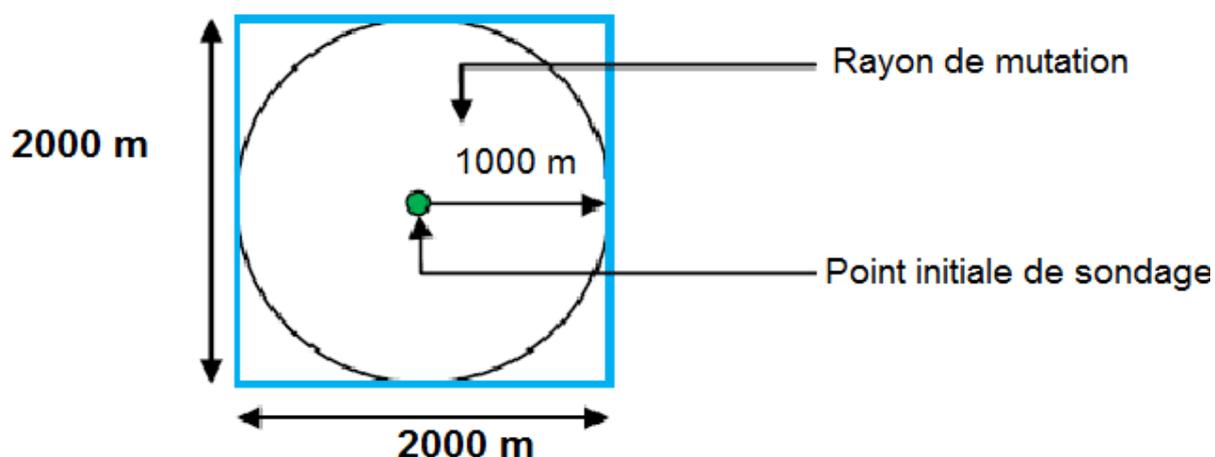
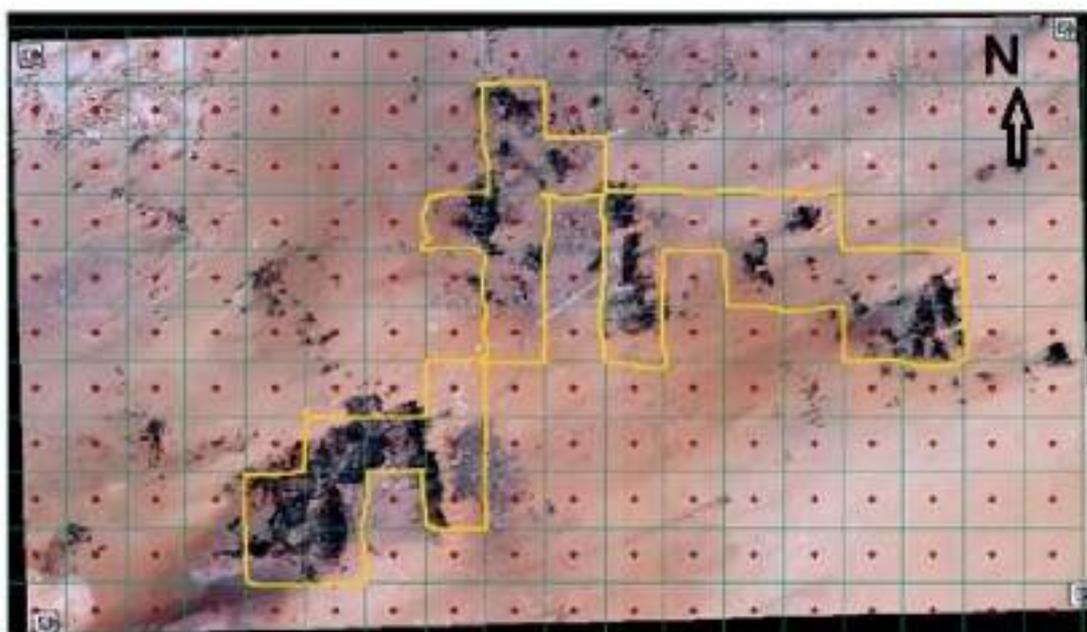


Figure 13 :Dimensions de la maille avec le rayon possible de modification d'un point

Partie 2 : Matériels et méthodes

Le maillage est pratiqué par logiciel ArcGIS version 10.2.2 sur l'image satellitaire (Google earth, 2017) de la palmeraie d'In Salah, où au centre de chaque maille il y a un point de sondage. On procède à l'élimination des points qui sont en dehors de la palmeraie d'In Salah (Fig.14). Les coordonnées des points (système de coordonnées WGS 1984, UTM zone 31N) 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 de la palmeraie d'In Salah. Nous avons aussi modifié la position de certains points de sondage en fonction des contraintes rencontrées sur terrain, notamment la difficulté d'accès aux jardins, l'envahissement des roseaux et l'inaccessibilité de certains endroits. Ces modifications ne doivent pas dépasser les 1000 m.



Echelle : 1/200,000

Figure 14 : Points de sondage après délimitation de la palmeraie d'In Salah 2016

2.3. Echantillonnage

L'étude de l'impact de la dégradation hydro-édaphique sur des sols agricoles des palmeraies d'In Salah a été effectuée au cours de la période allant, de fin décembre 2016 à 28 février 2017, en deux étapes:

1 - L'étude de la dégradation édaphique du sol a été réalisée dans 28 stations, avec trois répétitions dans chaque station. L'échantillonnage de chaque répétition a été effectué en

Partie 2 : Matériels et méthodes

03 profondeurs (0–40, 40–80, 80–120), les prélèvements des échantillons sont effectués avec une tarière de 120 cm après l'irrigation.

Les échantillons ont été ramenés dans des sachets. Avant d'entamer l'analyse, les échantillons ont été préparés comme suit :

- Séchage à l'air libre;
- Fragmentation des agrégats à l'aide d'un mortier;
- Tamisage à 2 mm;
- Mise dans des sachets numérotés et portés au laboratoire pour les analyses.

Les paramètres analytiques déterminés sont la conductivité électrique et le pH sur un extrait sol /eau (1/5).

2 - l'étude de la dégradation hydrique des palmeraies de In Salah

On a déterminé :

- Les paramètres physico-chimiques des eaux phréatique (CE_n , Rs) ;
- La mesure de la profondeur des eaux phréatique (niveau statique (P.n)) 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. Ces deux parties d'étude ont été effectués en parallèle.

3. Etude au laboratoire

3.1. Méthodes d'analyses au laboratoire :

Les échantillons du sol ont été portés au laboratoire pour la mesure de leur conductivité électrique ($CE_{e1/5}$) et ($pHe_{1/5}$) réalisée sur un extrait aqueux 1/5.

3.1.1. Analyses physico-chimiques du sol

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.

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.

3.1.2. Analyse des eaux phréatiques

1. **Résidu sec ($R.s_n$)** : Elle consiste à mettre 50 ml d'eau dans un bécher taré, pendant 24 heures à 105°, la différence de poids constitue le résidu sec.

2. **Conductivité électrique (CEn)**, on a utilisé le conductimètre.

PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

1. CONDUITE CULTURALE DANS LA REGION DE IN SALAH

Après les enquêtes auprès des agriculteurs et de la collection des données à partir des différentes directions et associations qui intéressent par l'agriculture (Direction de service agricole à In Salah, Direction de hydraulique de wilaya à In Salah, ANRH Adrar et Ouargla, SEDAT Ouargla,) sur notre région d'étude. Dans l'oasis d'In Salah, l'agriculture est distinguée par deux systèmes agricoles :

1.1. Ancien système :

Il représente 58% des palmeraies enquêtées (fig.15). L'ancien système oasien de In Salah pratique comme culture principale le palmier avec une grande diversité des cultivars (Aggaz, Ahartan, Takarboucht, Tinasser, Tigaza, El-Ghranaetc) et une distance plus réduite entre les pieds de palmier. On a signalé aussi la présence de l'arboriculture fruitière plantée entre ligne avec le palmier dattier (figue, grenadier, vigne, olivier...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 :

Les nouveaux systèmes agraires sont créés dans le cadre de mise en valeur des terres agricoles et des différents programmes de développement. Ce système représente 42% des palmeraies enquêtées (fig.15). 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. La plupart de ces mises en valeur ont été créées à partir de 1980 dans le cadre APFA. Ce système a plusieurs points communs avec l'ancien système comme la phoeniciculture, et aussi la culture maraichère et fourragère.

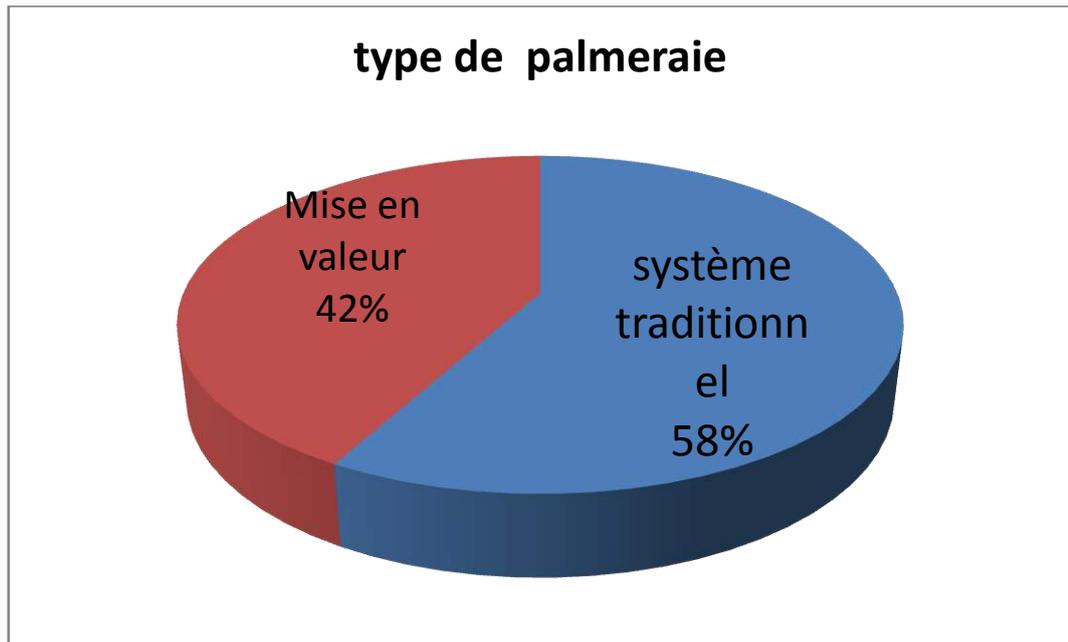


Figure 15 :Différentes types de système agraires dans les palmeraies de In Salah

1.3. Système d'irrigation :

Après la collection et l'analyse des données (DHW), la nappe exploitée par le domaine agricole et l'eau potable dans la région d'étude c'est la nappe continentale intercalaire.

La distribution des eaux d'irrigation dans les palmeraies se fait par des :

- forages profonds créés par l'état ;
- puits illicites créés par des manières aléatoires ;
- foggara
- puits artésienne.

On a distingué deux systèmes d'irrigation dans les palmeraies de In Salah. L'irrigation par submersion représente 84% des palmeraies visitées et seulement 16% utilise la submersion avec la goutte à goutte dans le nouveau système (fig, 16).

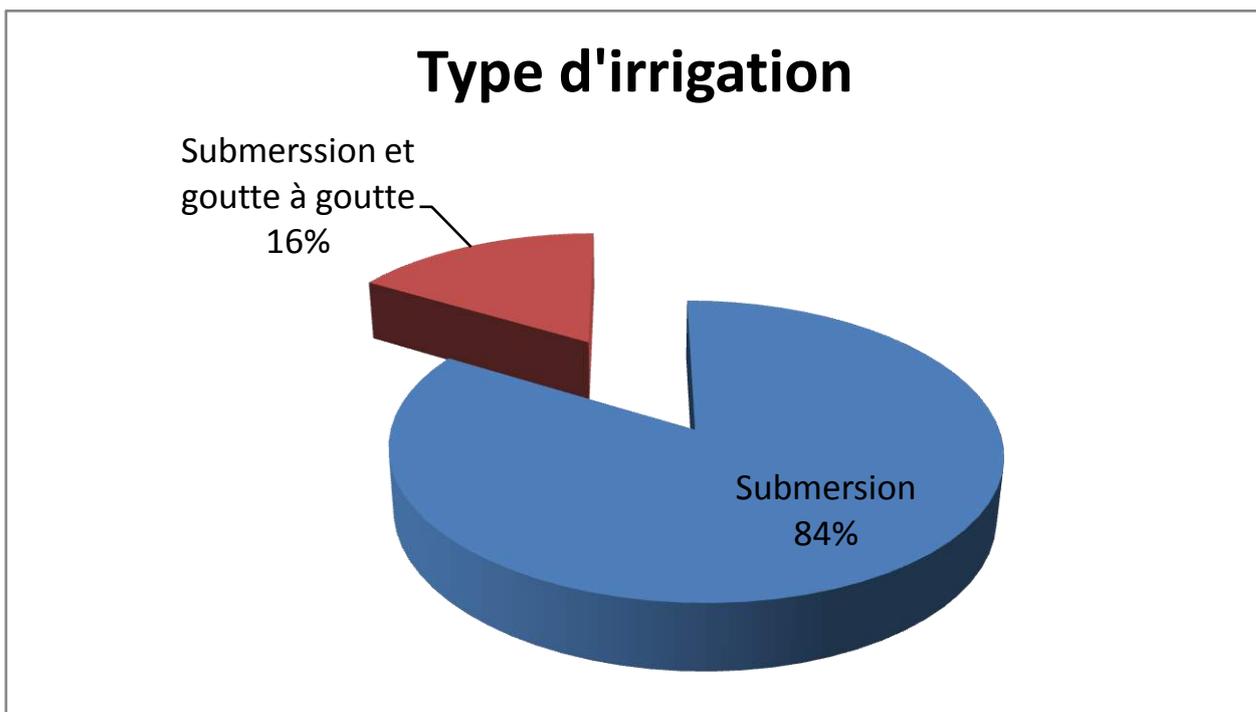


Figure 16 : Différentes systèmes d'irrigation dans la palmeraie de In Salah

2. DEGRADATION HYDRIQUE DES PALMERIES D'IN SALAH

1- Niveau de la nappe phréatique

1.1.Niveau statique

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 : 0-45,7 cm, 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.

Le niveau statique de la nappe phréatique compris entre 20 et 120 cm avec une moyenne est de $52,63 \pm 25,18$ cm (Fig, 17), donc elle a un effet sévère sur le palmier dattier et un effet sévère à modéré sur le développement d'une racine des arbres et des arbustes.

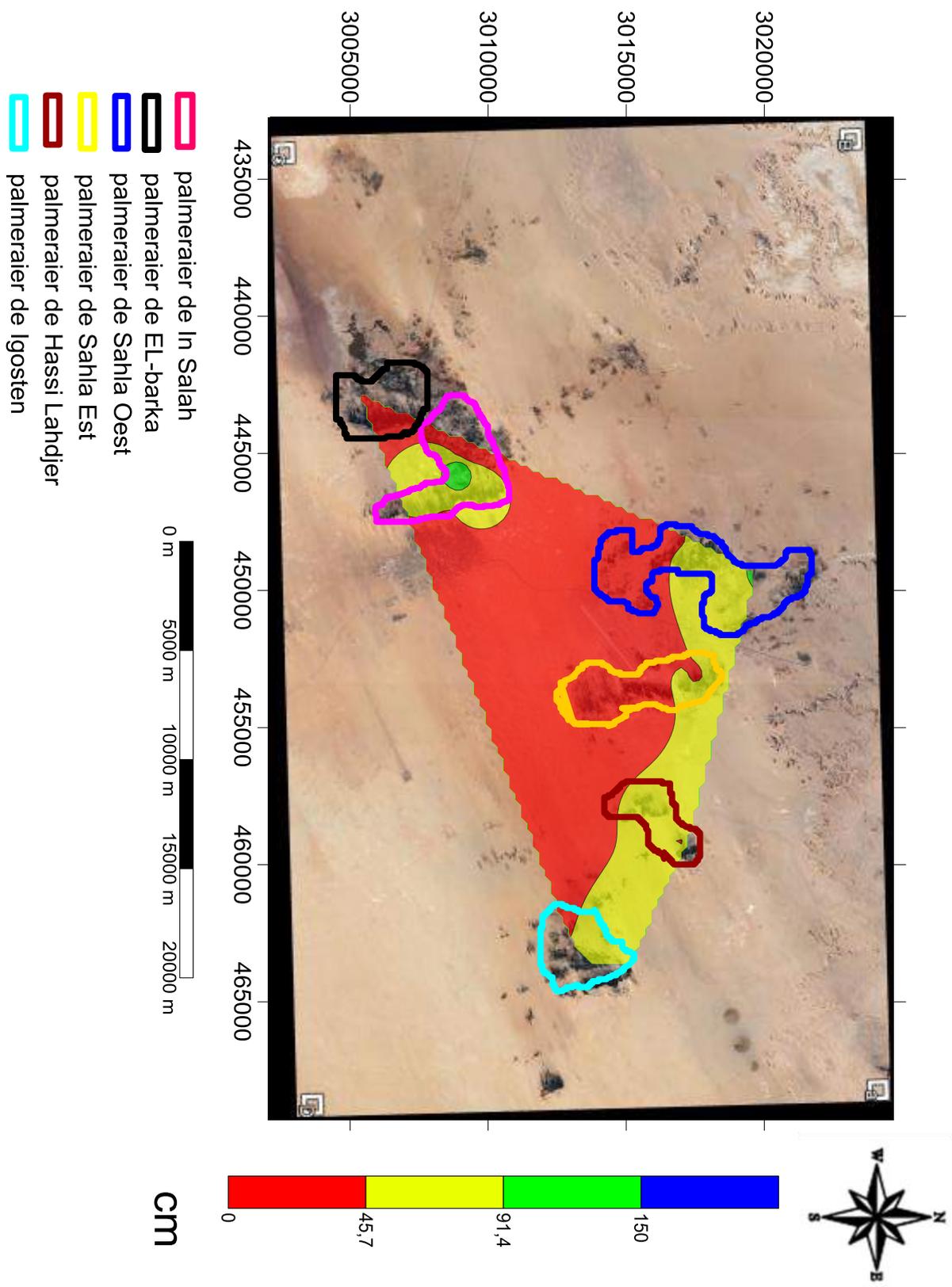


Figure 17: carte de niveau statique dans les palmeraies d’In Salah

Partie 3 : Résultats et discussion

Selon (Weeks, 1957; Furr, 1975 in DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2004) l'irrigation avec des eaux salées peuvent provoquer une baisse de rendement chez le palmier dattier, ce phénomène est aggravé par et la présence des eaux phréatiques salées. La remontée de la nappe phréatique aggrave encore plus la situation, car la zone racinaire s'appauvrit en oxygène, ce qui produit l'asphyxie et la pourriture racinaire (CALLOT et *al.*, 1982 ; DADDI BOUHOUN, 2010).

2. Qualité des eaux phréatiques

2.1. Degré de salinité

La carte de salinité des eaux phréatiques établie à partir des résultats relatifs à la conductivité électrique, indique que la salinité dans les palmeraies de In Salah varie de 1,20 dS.m⁻¹ à 48,84 dS.m⁻¹, correspondant au niveau « salinité forte » à « salinité excessive ». Donc selon la classification de (DURAND in DAOUD et HALITIM, 1994) (Annex, 02), les eaux phréatiques des palmeraies d'In Salah appartient aux classes C3, C4 soit 22,72% et C5 sont 54,54% respectivement et au-delà de cette dernière (Fig, 18).

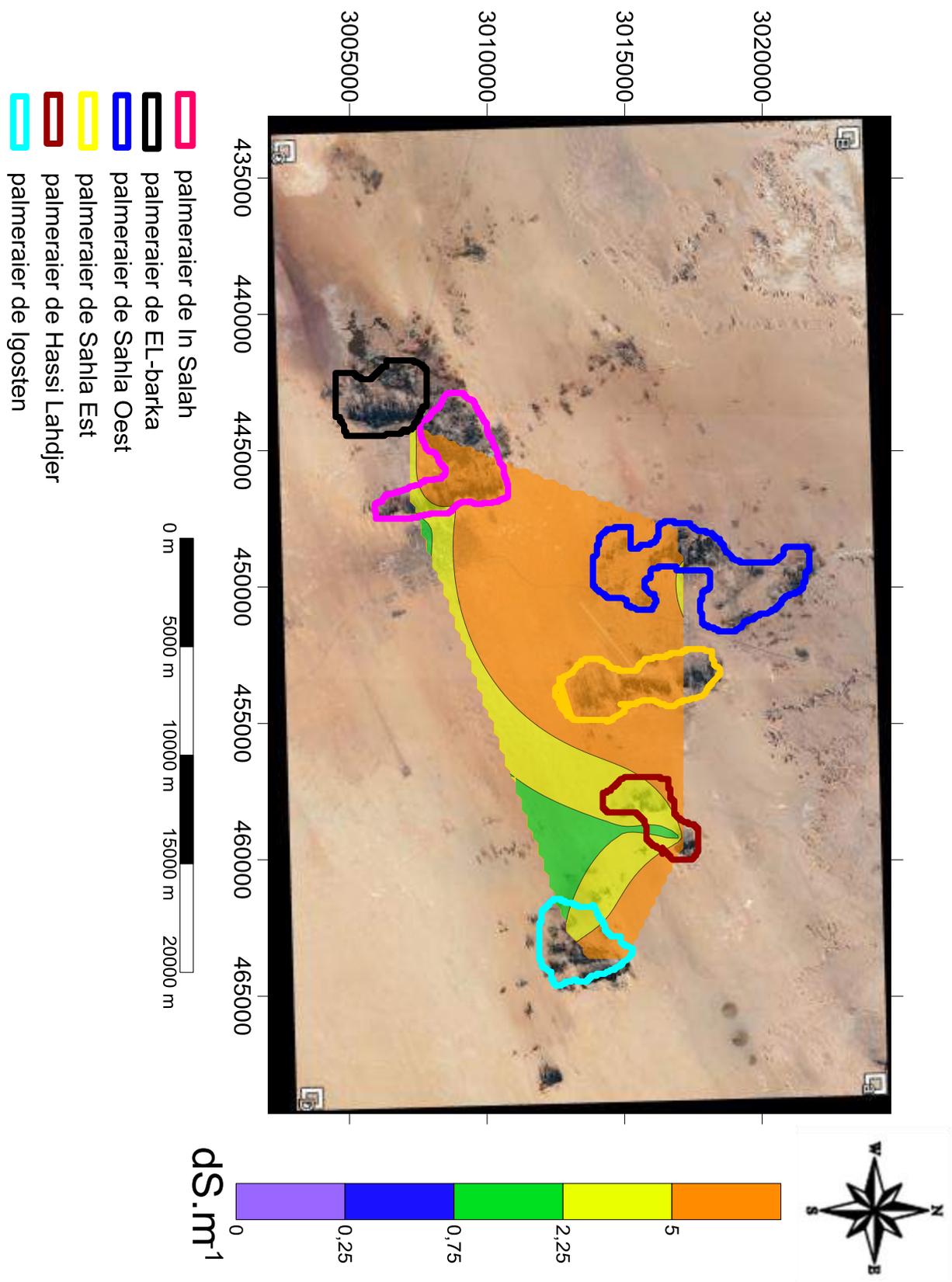


Figure 18 : Carte de salinité des eaux phréatiques de la palmeraie de In Salah

Partie 3 : Résultats et discussion

Ces sels sont probablement d'origine d'irrigation où selon l'étude de Mahdi, 2006 sur la qualité des eaux d'irrigation à In Salah ont révélé que cette dernière est normalement non recommandée à l'irrigation sauf. Donc par conséquent la qualité des eaux d'irrigations peut influe sur l'augmentation de degré de la salinité des eaux phréatiques. Et selon la classification DURAND, 1983(Annexe, 05) concerne les eaux de In Salah, la salinité d'une eau à CE à 25°C est varie en classe C3 ceseaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, C4 s'exprime des eaux inutilisables normalement pour l'irrigation exceptionnellement et conseil dans le casdes 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.

2.2. Résidu Sec

A partie de l'analyse des données et la carte (fig, 19) on constat que le résidu sec compris entre 0,2 g/l et 187 g/l avec moyenne $15,92 \pm 38,93$ dans les eaux phréatique des palmeraies d'In Salah. Selon la classification (FLOREA 1961 in OMEIRI 1994) (Annexe, 01) on peut classée les eaux phréatique des palmeraies d'In Salah comme des « eaux douce » à « eaux excessivement salée ».

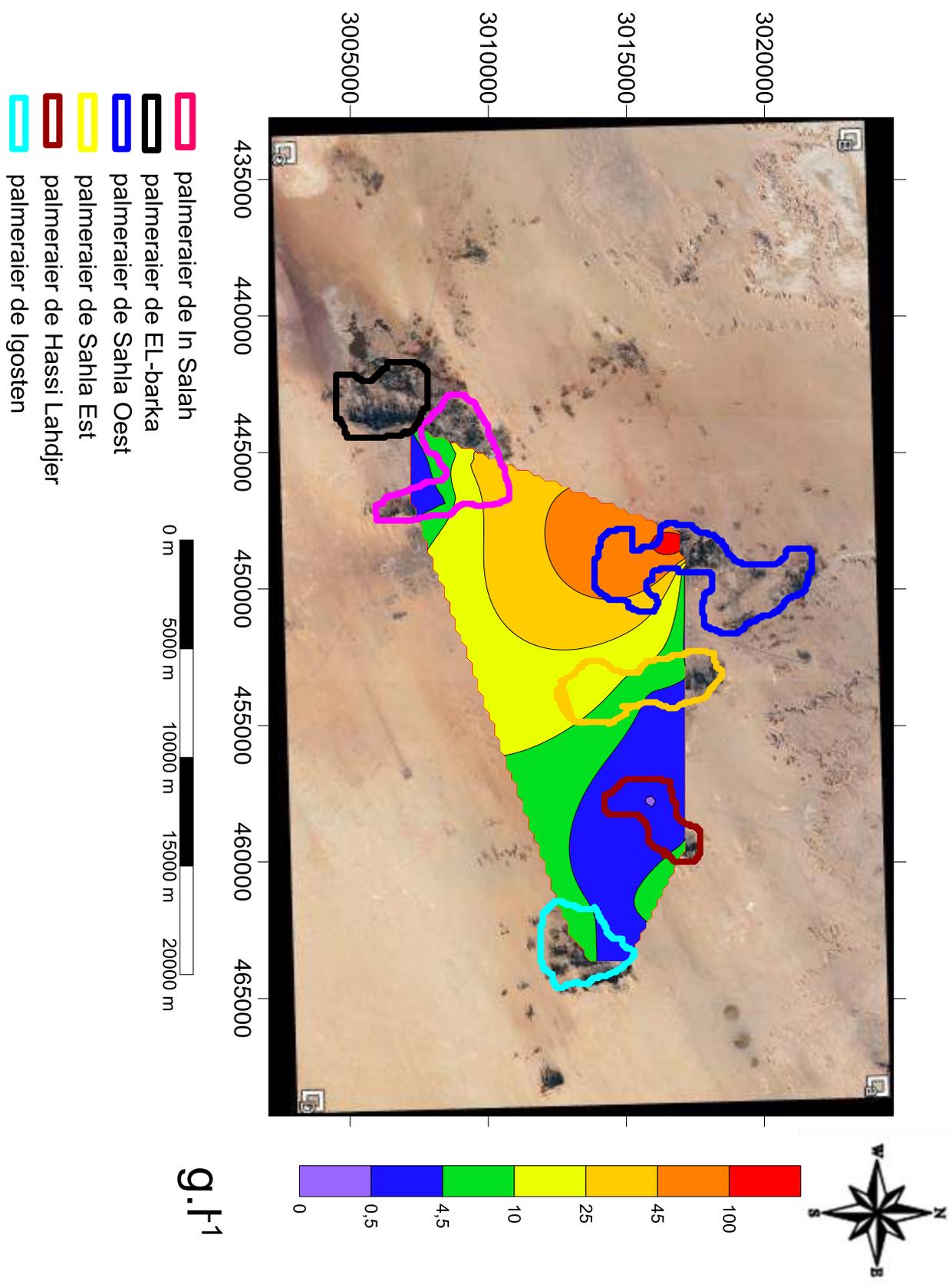


Figure 19 : Carte de variation du résidu sec des eaux phréatique de palmeraie de In Salah

3. DEGRADATION EDAPHIQUE DES PALMERAIES DE IN SALAH

1. Salinisation des sols

Les résultats relatifs à la conductivité électrique des sols montrent une variation du degré de salinité dans les trois couches du sol des palmeraies de In Salah.

1.1. Degré de salinité

L'analyse des résultats et par les cartes (fig, 20, 21, 22) de salinité de différent couche de la salinité montre que une variation de salinité de couches a l'autre, si en couche 0 -40cm la degré de salinité variée entre $0,33 \text{ dS.m}^{-1}$ et $7,09 \text{ dS.m}^{-1}$ dans tous les palmeraies de In Salah et selon la classification de salinité de MATHIEU et PIELTAIN (2009) (Annexe, 03), on peut classée dans « non salé » à « extrêmement salé ». En deuxième couche 40 -80 cm la variation de la salinité compris entre $0,33 \text{ dS.m}^{-1}$ à $6,39 \text{ dS.m}^{-1}$ donc les résultats obtenus sont prés semblable avec le première coucher donc la classe de ce couche variée entre « non salé » à « extrêmement salé ». Et la troisième couche les résultats sont entre $0,32 \text{ dS.m}^{-1}$ et $4,47 \text{ dS.m}^{-1}$. Et nous avons classe cette couche dans « non salé » à « extrêmement salé ».

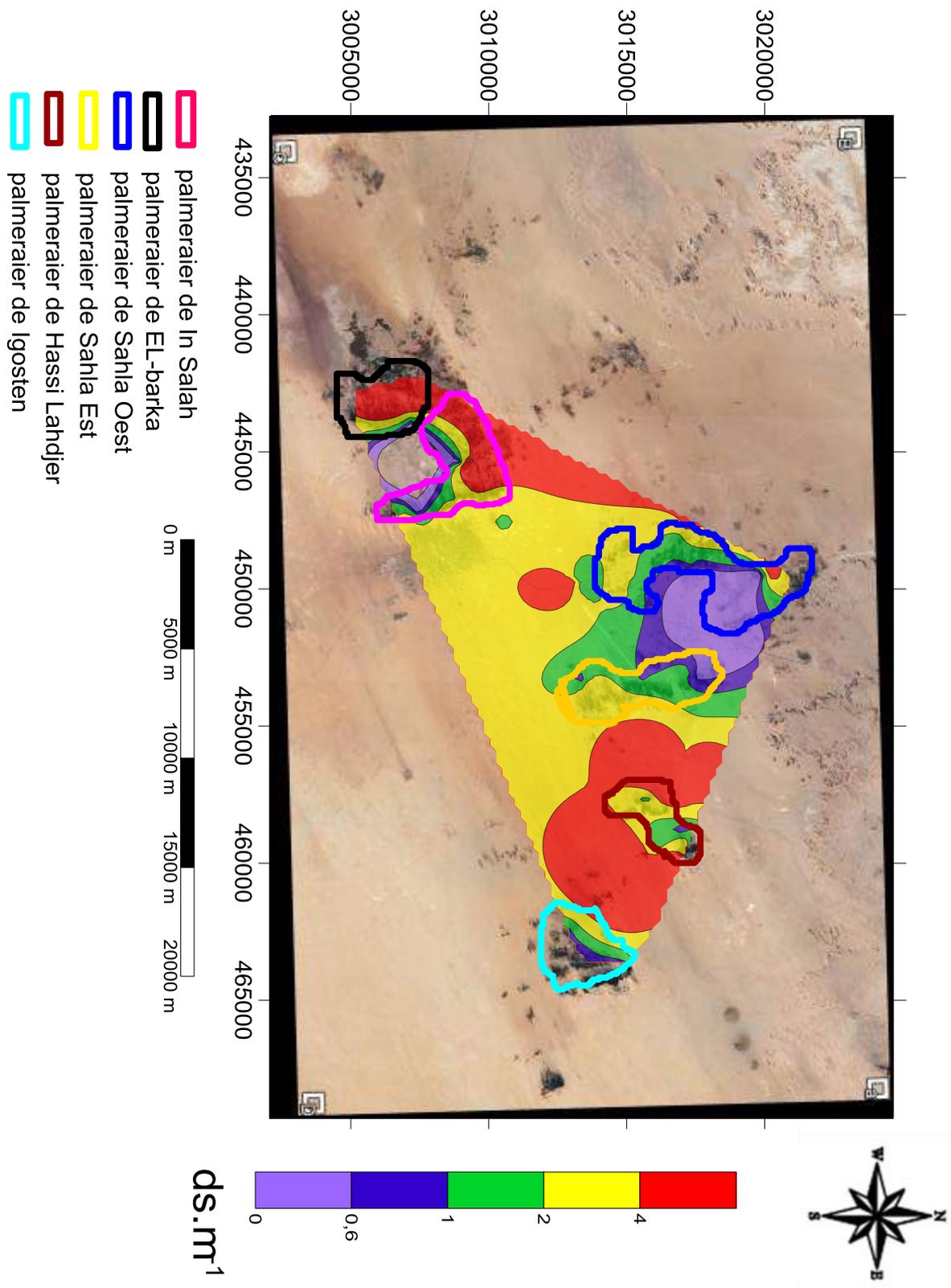


Figure 20 : Carte de variation de la salinité de couche 0 -40cm de sol de palmeraier de In Salah

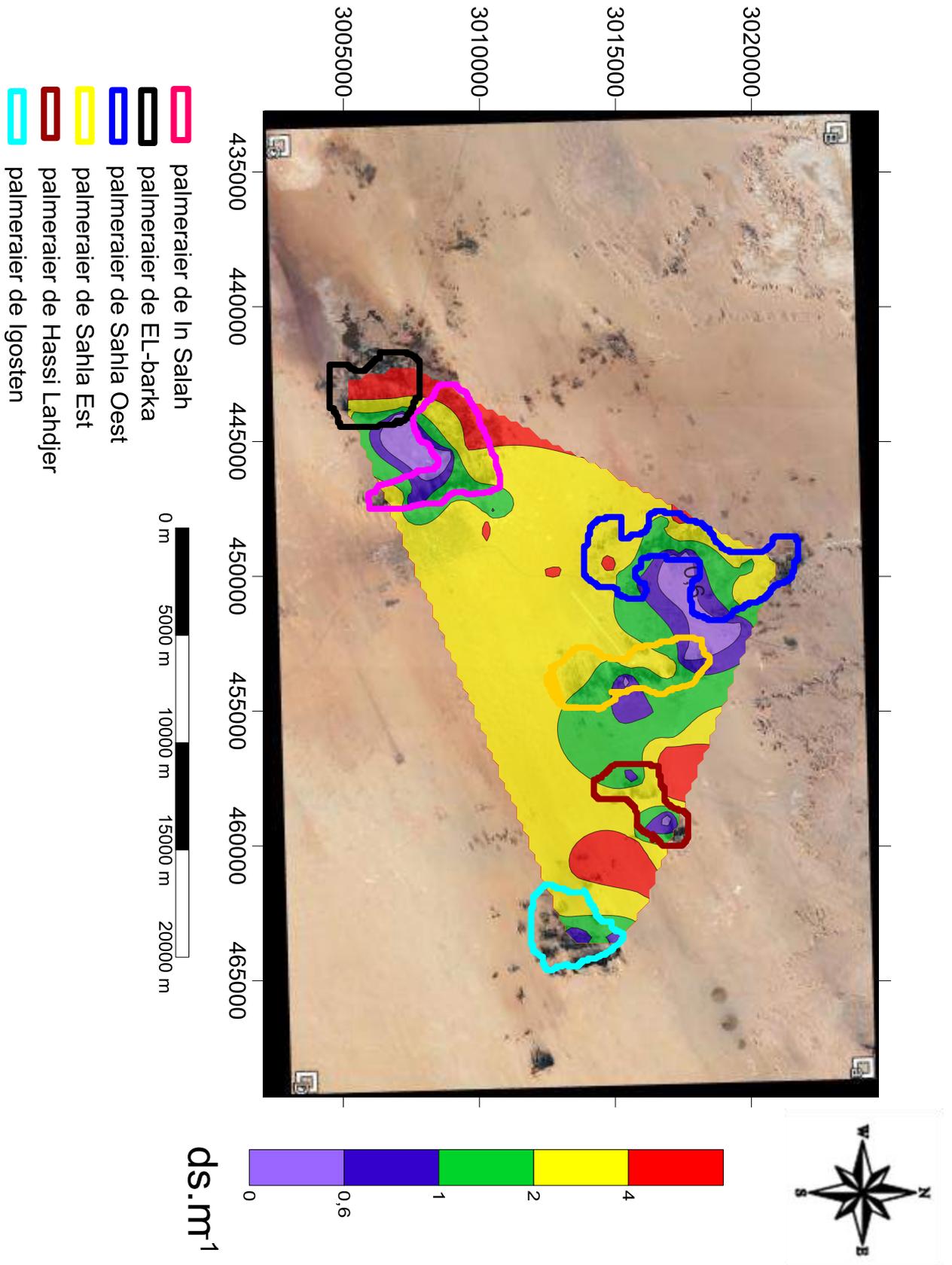


Figure 21 : Carte de variation de la salinité de couche 40 -80cm de sol de palmeraier de In Salah

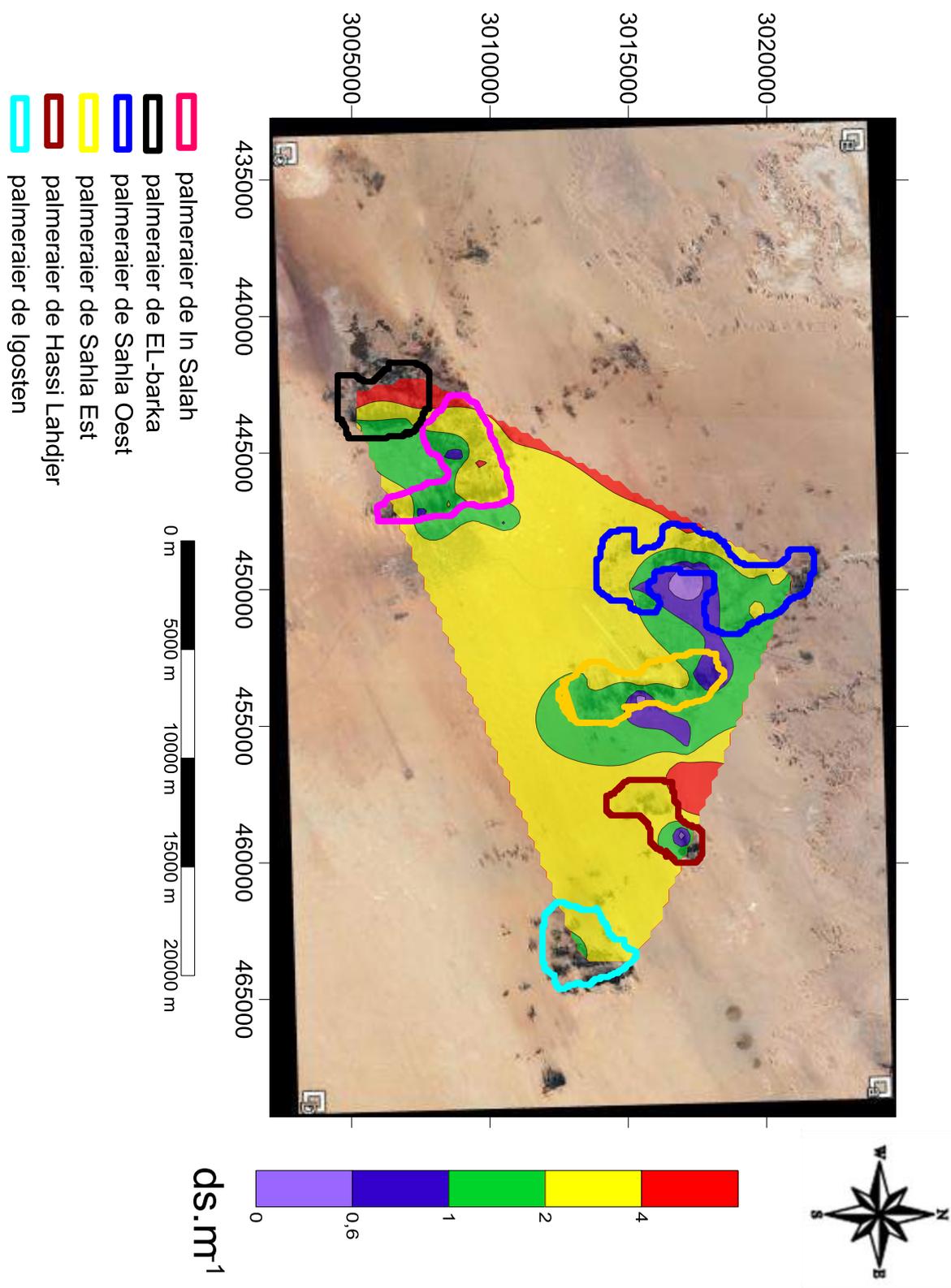


Figure 22 : Carte de variation de la salinité de couche 80 -120cm de sol de palmeraier de In Salah

Partie 3 : Résultats et discussion

La salinisation 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 végétal ou des terres non cultivées. 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.

D'après l'analyse de l'histogramme, nous distinguons que la classe « très salé » est la classe la plus dominante avec un taux qui varie de 33 % à 58 %, sauf dans la palmeraie de Elbarka dans laquelle on observe que la classe « extrêmement salé » est la classe la plus dominante (fig.23), Cette dernière se situe dans une zone de dépression (sabkha).

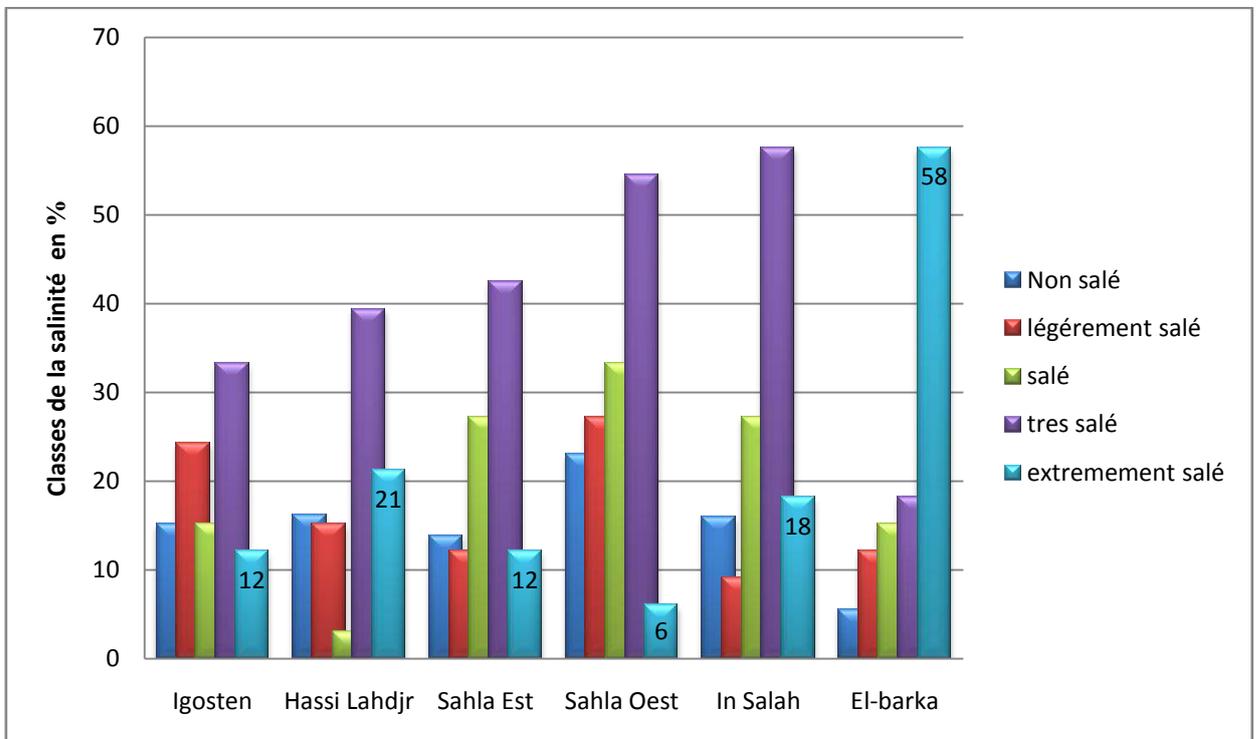


Figure 23 : Les classes de salinité dans les palmeraies de In Salah

2. pH_{e:1/5} du sol :

Selon la classification de MATHIEU et PIELTAIN (2003) le pH du sol des couches étudiées dans les palmeraies de In Salah varie de 6,4 à 8,67 avec une moyenne $7,88 \pm 0,41$ donc c'est sols ont un pH variant d'une acidité faible à une alcalinité modéré (fig,24).

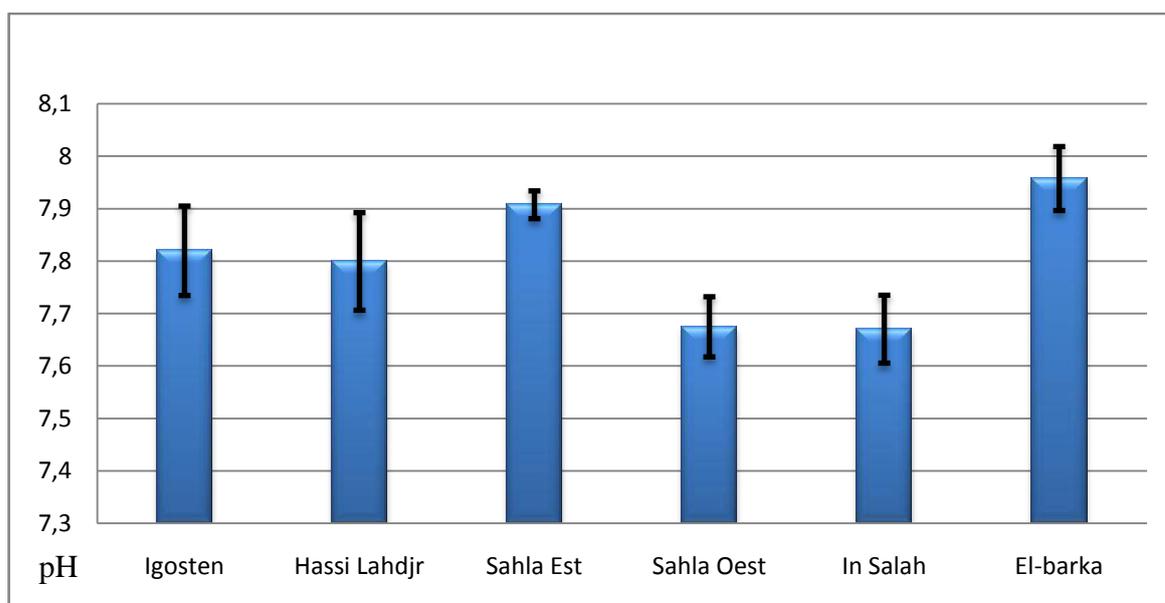


Figure 24 : Variation du pH_{s1/5} moyen des couches du sol

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que les palmeraies de In Salah souffrent de plusieurs problèmes qui ont conduit à des situations de dégradation variable de ses jardins menant à des pertes énormes en terres phœnicicoles.

L'étude édaphique des palmeraies de In Salah montre que la classe la plus dominante dans les palmeraies sont la classe salé, très salé et extrêmement salé dans les trois couches étudiés avec un pH légèrement alcaline.

L'analyse des données relative à la qualité physico-chimique des eaux phréatique nous a permis de constater que les eaux phréatiques sont généralement des charges salées variées entre moins salé à excessivement salé. L'effet de la nappe est accentué par son faible niveau statique surtout dans les palmeraies (l'ancien palmeraie de Elbrka, In Salah, Sahla Ouest et Est, Hassi Lahdjer et IGousten), où le niveau statique faible et la salinité des eaux phréatique provoque un stress hydrique et un stress salin chez les plante. La remontée de la nappe phréatique devient une contrainte qui favorise la migration des agricultures vers la création des nouveaux périmètres et l'abondance d'ancien système.

A partir des résultats obtenue nous constatons que les palmeraies de In Salah sont en voie 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 remontée des eaux phréatique spécialement dans les anciens palmeraies de Elbrka, In Salah, Sahla Ouest et Est, Hassi Lahdjer et IGousten. La mauvaise gestion de drainage et la morphologie généralement plane des terres favorise la remontée des eaux phréatique.

Les problèmes de dégradation du système agricole à In Salah nous a conduit à proposer certaines recommandations d'aménagement :

- Création des drains dans les zones infecté par la remontée de la nappe phréatique ;
- Réhabilitation des drains ;
- Application des lois qui règle l'utilisation des eaux souterraine et l'obstruction des forages illicites ;
- Création des zones de rejet des eaux de drainage des palmeraies

Dans futur travail, il faut étudier l'évolution de la dégradation des sols et étudier les autres paramètres physico-chimique et biologique et morphologique pour connaître les exigences

Conclusion générale

des sols agricoles (aménagement organo-minérale, le drainage), les factures qui peuvent influencer sur l'augmentation de salinité des sols dans la région et l'extension vers d'autres régions qui ont les mêmes contraintes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

ANTIPOLIS., (2003) ; *Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens.* PNEU, N°2. P 44-45. 80p. ISBN : 2-912081-13-0.

AUBERT, G. 1983: *Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques.* Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1, pp73-78.

AUBERT., 1976 ; Annales de l'institut agronomique el harache. Vol VI n°01. 297p.

BABA SIDI-KACI S, (2010) ; *Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique,* Magister, Agronomie Saharienne, gestion des agro-systèmes sahariens, Université – Ouargla.

BADACHE A, 2005, *Etude expérimentale de l'influence des sels solubles sur le compétemment d'atriplexhalimus l ;* Magister en sciences Agronomiques, option Pédosphère, INA El Harrach – Alger.

BAKHTI., (2005) ; *Contribution à l'étude des interrelations sol- végétation dans une zone humide (Chott El-Honda-W. de M' Sila).* Mémoire d'ingénieur. Dép. Agro. Univ. Batna. p 94.

BARBOUCHI .M, 2013, *CARACTÉRISATION DELA SALINITÉ DES SOLS À L'AIDE DE L'IMAGERIE RADAR SATELLITAIRE : CAS DE LA TUNISIE ET DU MAROC.* (INRS-ETE) 490, rue de la Couronne Québec, ISBN : 978-2-89146-803-9.

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

BENMOUAFFEKI D ; 2011 ;Etude de la variabilité spatio-temporelle de la salinité en milieux sableux. Cas de la palmeraie de l'Université de Ouargla,Diplôme D'ingénieur d'Etat, agronomie saharienne, Départ des Sciences Agronomiques, Univ Ouargla.

BOUALLA N, BENZIANE A, et DERRICH Z, 2012, *Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran),* Journal of Applied Biosciences 53: 3787 – 3796/ISSN 1997–5902

BOUCHIKH.Y, (2008) ; Recherche de marqueurs physiologique, biochimique et les composantes du rendement chez le haricot sous stress salin, Magister, spécialité Biologie Végétale, Université Oran Es senia, Oran.

BOUTLLI, 2012. Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkhha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Magister en hydraulique .Option : Aménagement hydraulique dans les milieux arides. Université, Ouargla.

CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982, Les interactions sol racine : incidence sur la nutrition minérale. I.N.R.A., Paris, 325 p.

CHEVERRY, C et BOURRIE, G. (1998). *La salinisation des sols in Sol : Interface fragile.* Stengel, P ; Gelin, S, Coord. INRA. Paris. 213 p.

CHEVERRY, C et ROBERT, M. (1998). La dégradation des sols irrigués et la ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée. *Etude et Gestion des sol.*, 5,4 : 217-225.

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 de Ouargla (Sud Est algérien).Thèse de Doctorat. Université BADJI Mokhtar, Annaba. 365 p.

DAOUD, Y et HALITIM, A. (1998). Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse.* 5, 3 : 150-160.

DHW in Salah, Décembre 2010. Etude de la station de déminéralisation de FoggaratEzzoua(lot N°2). Phase I-A-Collecte des données de base.

DIALLO .M.D, NDIAYE .O, MAHAMAT SALEH .M,TINE .A, DIOP.A et GUISSÉ .A ; (2015),*ETUDE COMPARATIVE DE LA SALINITE DE L'EAU ET DES SOLS DANS LA ZONE NORD DES NIAYES (SENEGAL),*AfricanCrop Science Journal, Vol. 23, No. 2, pp. 101 – 111.

DJAMAI R., (1993) ; contribution à l'étude de la salinité des sols et des eaux du la Felzara (Annaba). Thèse Magister, I.N.A., Alger, 78p.

DJILI, K., DAOUD, Y., GAOUAR, A et BELDJOUDI, Z. (2003). La salinisation secondaire des sols au sahara. Conséquence sur la durabilité de l'agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. *Sécheresse.* 4, 14 : 241-246.

- DURAND J.H., 1983.** Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr. Boudin, Paris, 339 p.
- DUTHIL J., 1973.** Elément d'écologie et d'agronomie. Tome 2. Ed. Bailliére. 392p.
- DUTUIT, R., POURRAT, Y et DUTUIT, J.M, (1994).** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sécheresse 1, 5 : 23-31.
- 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.
- EL MAALEM A et BEN KERROUM A., (2010) ;** *Hydrogéologie de la nappe du Continental Intercalaire de la région d'In Salah*, mémo Inge hydrogéologie, Université Oran, Algérie
- EL OUMLOUKI et al. (2014),** *Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc*, J. Mater. Environ. Sci. 5 (S2) (2014) 2365-2374
- FAO, 2005.** *Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils.* Rome, Italy: FAO Land and plant nutrition management service. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>
- FURR, J.R., 1975.** Water and salinity problems of Abadan Island date gardens. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 52: 14-17.
- HALITIM, A. (1988),** *Sols des régions arides d'Algérie*, OPU, Alger, 384 p.
- <http://www.mpl.IRD2008.fr/suds-enligne/sols/fragile/dégradation1>
- <http://www.mpl.IRD2008.fr/suds-enligne/sols/fragile/salinisation1>.
- 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.
- IPTRID., 2006** - Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage). Hébergée par:

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). Modérée par: Le projet CISEAU (Centre d'Information Sur l'Eau Agricole et ses Usages).

IRD 2008.*Les dossiers thématiques de l'Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles : 1er partie Salinisation et sodisation des sols. 2ème partie La dégradation des sols par salinisation ou alcalisation.*

KAID RASSOU K, 2009., *ETUDE DES INTERACTIONS ENTRE LES EAUX SOUTERRAINES ET LES EAUX DE SURFACE DANS LE BASSIN CÔTIER D'OUALIDIA*, thèse de doctorant. Environnement. Maroc.

KHADRAOUI, TALAB., 2005. Qualité des eaux dans le sud algérien, 169p.

KHALES, A. & BAAZIZ,M., 2006. Etude des peroxydases d'écotypes d'*opuntia ficus indica*L. en relation avec le développement dans des conditions de stress salin, *Equipe de Biochimie et Biotechnologie des Plantes, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, B.P2390, Marrakech, Maroc.*

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. Koumba, Alger 1-44p .

MASSOUMI, A. M. (1986) ; *CARACTÉRISATION ET AMÉLIORATION DES SOLS SALES ET A ALCALIS*, O.R.S.T.O.M., Paris. Pp : 3

MERMOUD, A. 2006. *Cours physique du sol. Maitrise de la salinité des sols*, pp1-14

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

NEDJIMI B., (2002); *Relation sol-végétation en milieu steppique. Etude expérimentale de la tolérance d'Atriplexhalimusvar. schweinfurthii au chlorure de sodium.* Thèse Magister, I.N.A., Alger, 105p.

NEDJIMIB. (2013); *Étude de la résistance d'Atriplexhalimussubsp. schweinfurthii aux sels solubles*, Acta BotanicaGallica, 157:4, 787-791, DOI:10.1080/12538078.2010.10516247.

OMEIRI N., 1994, Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette de Ouargla. Mémoire d'ingénieur INFSAS. Ouargla. 72 p.

PALTA, J.A. 2005 ; Adaptation of plants to water limited mediterranean environment. Australian. Journal of agricultural, 56.

PEARSON L. C., BRAY J. R. ET LAWRENCE D. B, 1957; *Primary Production in Some Minnesota terrestrial Communities for 1957*. Oikos. Vol. 10, Fasc. 1 (1959), pp. 38-49

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

REGUIG ET HADJ LARROUSSI., (2007) ; *Contribution à l'étude de la relation sol-végétation dans la région sud de la zone humide de Chott El Hodna*. Mém. d'Ing. En Biologie Msila.

RHOADES J. D ., KANDIAH A. AND MASHALI A.M., (1992), *the use of saline water for crop production . Irrigation and drainage paper*, F.A.O. N° 48. Rome 140p.

S.E.D.A.T, 2011. (Société 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.

SAIDI D., 2004. Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux. Argileux du Bas-Chéiff. Thèse de doctorat d'Etat, INA El-Harrach, 181 p.

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

Site Web : <http://www.dgroups.org/groups/fao/salinization-conf/>

SLAMA., (2004) ; *La salinité et la production végétale*. Centre de publication universitaire, Tunis, pp 5-149.

SZABOLCS I., 1994. Soils and Salinization. *In: Plant and crop stress*. M. Pessarak (ed.), New York-Basel-HongKong, 3-11.

U.S.D.L., 1954, *Diagnostic and improvement of saline and alkaline soils*. **U.S.D.A., Hand book N° 60, 160p.**

WEEKS, L.O., 1957. Agricultural drainage in Coachella Valley. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 34 p.

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 - 126.

YOUCEF A ; 2010, *cartographie de la salinité des sols par induction électromagnétique, cas de la zone est du périmètre irrigué de la Mina*, Magister, sciences agronomiques, option : Pédosphère, ENSA d'Iharrach – ALGER.

ZIZA F.Z, 2006, *Evolution de la salinité des sols irrigués dans une région saharienne*, Magister en Science Agronomique, option science du sol, INA Alger.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 01: Classification des eaux phréatique (FLOREA 1961 in OMEIRI 1994)

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

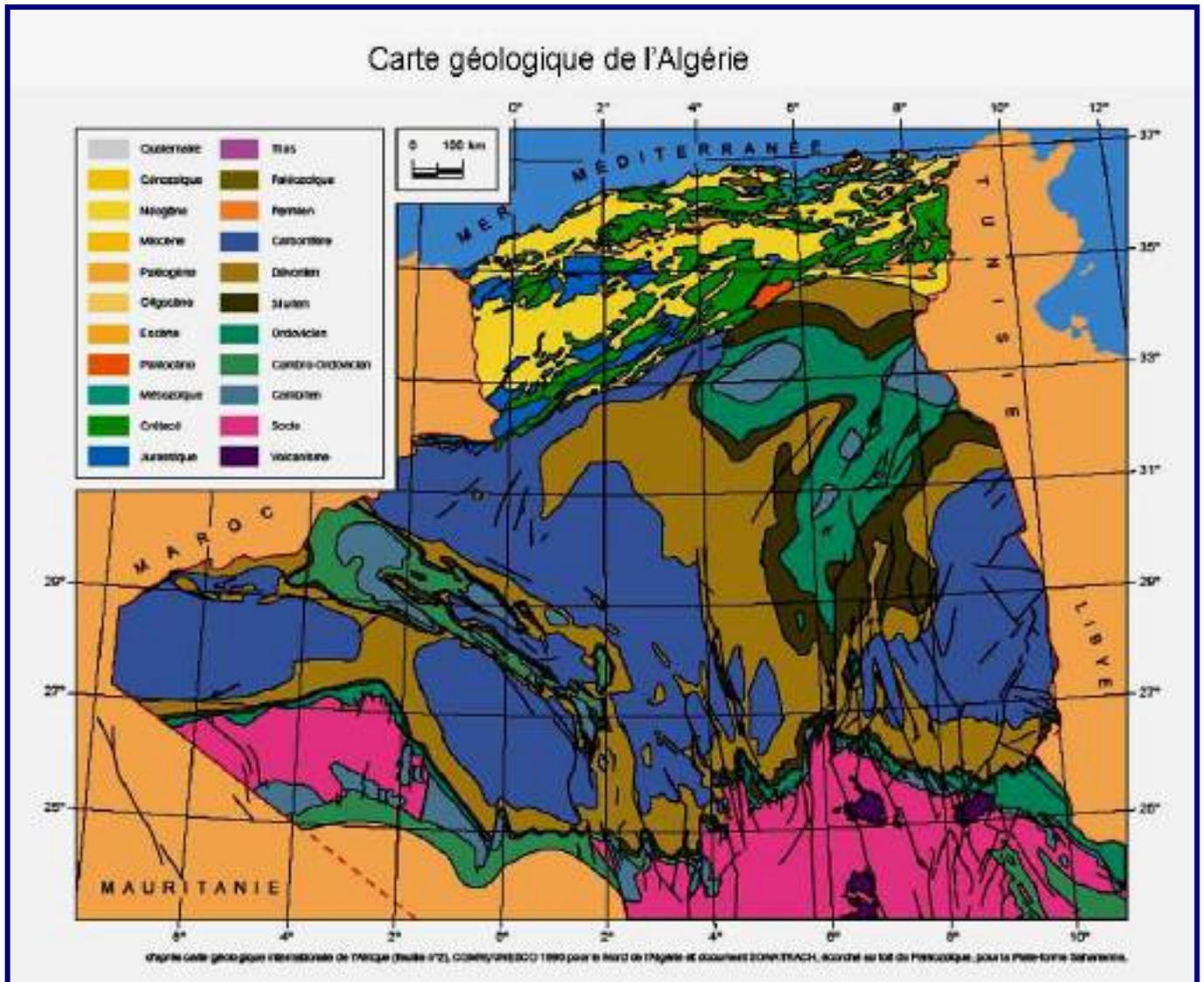
Annexe 02: Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique des eaux d'irrigation (DURAND, 1958 in DAOUD et HALITIM, 1994)

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

$CE_{e1:5}$ à 25 °C	Classe de salinité
$CE_{e1:5} \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CE_{e1:5} \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CE_{e1:5} \leq 2$	Salé
$2 < CE_{e1:5} \leq 4$	Très salé
$CE_{e1:5} > 4$	Extrêmement salé

Annexe.06 : Carte géologique de l'Algérie



ملخص:

ملوحة التربة هي من المعوقات التي تؤثر على ديمومة النخيل القديم عملنا تهتم بدراسة تأثير الطبقة السطحية على ملوحة التربة الفلاحية لبساتين عين صالح (البركة الساهلة الشرقية والغربية حاسي لحجار، اقسطن). باعتمادنا لمنهجية عينة النظام العشوائي خلال الفترة التي امتدت من نهاية ديسمبر 2016 الى 28 فبراير 2017. أخذنا 28 عينة في كل 3 تكرارات، الدراسة بالنسبة للتربة كانت على 3 أعماق (0-40سم، 40-80سم، 80-120سم) أين يمكننا قياس (درجة الملوحة، درجة الحموضة)، على المستخلص (1/5 (تربة/ماء)، موازاتنا نعمل الدراسة للطبقة السطحية أين نقيس (درجة الملوحة، درجة الحموضة، الراسب الجاف، مستو المياه) نتحقق من وجود تغير مكاني لمستوى الطبقة السطحية وملوحة التربة، نتائج تصنيف التحليل التي تبين ملوحة التربة في البساتين تتغير من عدم وجود الملوحة إلى ملوحة مرتفعة ومع ديمومة هذا القسم الأخير، ودرجة الحموضة مبدئيا قاعدية ومستوى المياه السطحية قريبة من السطح خاصة في البساتين القديمة وتكون محملة جدا بالملح ودرجة حموضة مبدئيا قلوية.

الكلمات المفتاحية: الطبقة السطحية، ملوحة، تدهور، ديمومة، بستان، عين صالح.

Résumé :

La salinité du sol est l'une des contraintes qui influe sur la durabilité des anciennes palmeraies. Notre approche méthodologique s'intéresse à l'étude de l'impact de la nappe phréatique sur la salinité des sols agricole des palmeraies de In Salah (Elbarka; Sahla-Ouest; Sahla-Est; hassi-Lahjar; Ighostem.). Nous avons opté pour une méthode d'échantillonnage systématique aléatoire durant la période qui s'étale de fin décembre 2016 à février 2017, où Nous avons fixé 28 points d'échantillonnages dans chaque point on a 3 répétitions. L'étude édaphique a été faite sur trois profondeurs (0-40cm, 40-80cm, 80-120cm) où on a mesuré (CEs, pHs) sur un extrait 1/5. En parallèle on a fait l'étude de la nappe phréatique où on a mesuré (CEe, pH, Résidus sec et niveau statique). Nous avons constaté l'existence d'une variation spatiale du niveau de la nappe phréatique et de la salinité des sols. Les résultats de la caractérisation analytique ont montré que la salinité du sol dans les palmeraies varie de non salé à extrêmement salé avec une dominance de la dernière classe et pH légèrement alcalin. Les eaux phréatiques généralement sont très chargées en sels avec pH légèrement alcaline et un faible niveau statique surtout dans les anciennes palmeraies.

Mots clés : nappe phréatique, salinité, dégradation, durabilité, palmeraie, In Salah.

Abstract:

The salinity of the ground is one of the constraints which influences the durability of the former (old) palm groves. Our methodological approach is interested in the study of the impact of the groundwater on the agricultural salinity of the grounds of the palm groves of In Salah (Elbarka; Sahla-Ouest; Sahla-Est; hassi-Lahjar; Ighostem.). We opted for a method of random (unpredictable) systematic sampling during the period which spreads out of the end of December, 2016 in 28 February, 2017, when We fixed 28 points of samplings in every point we have 3 repetitions. The édaphique study was made on three depths (0-40cm, 40-80cm, 80-120cm) where we measured (CE, pHs) on an extract 1/5. In parallel we made the study of the groundwater where we measured (CEe, pH, Residues dry and static level). We noticed the existence of a spatial variation of the level of the groundwater and the salinity of grounds. The results of the analytical characterization showed that the salinity of the ground in palm groves varies of not salted in extremely salted with a dominance of the last class and the slightly alkaline pH. Phreatic waters generally are very loaded in salts with slightly alkaline pH and a static low level especially in the former (old) palm groves.

Keywords: groundwater, salinity, degradation, durability, palm grove, In Salah.