

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université Ghardaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : DJEKAOUA Samiha

TELIB Afaf

Thème

Impact de l'intensification agricole sur la sodisation du sol dans les palmeraies de Ghardaïa (cas de oued Sebseb)

Devant le jury :

M. KHAL EF Khoudir	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M^{me}. MEBAREK OUDINA Asmahane	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M^{me}. GUESSOUME Hadjer	Doctorant	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M. BEN BRAHIM Fouzi	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M. KRAIMAT Mohamed	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2016/2017

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

Au cœur de tendresse mamère

A l'esprit espérance mon père : Abdelkadre

A fleur de chrysanthème me sœur Nadjwe

*A cédratier ores mes frères : Mohamad lamine, Moedemerade
, Atyoube*

A l'odeur du rose de damas me gronde mère : Salage Mastura

A émeraude d'époque me gronde père : MCRBFL Omar

A Mes oncles et mes tantes surtout Omar , Masouda, Mohamade,

*A Toutes les familles : DJFKACVA , MCRBFL
, SAFLA.*

*A toute ma grande famille qui m'a permis de vivre dans un
environnement serein et paisible.*

A mes proches amies Afaf , Halla, Fatima.

*A toutes mes amies en qui j'ai toujours trouvé le soutien et le
réconfort, surtout Safia, Anfale.*

A toute la 2^{ème} promotion Master Ecologie, 2017

*Et enfin Je dédie ce modeste travail de recherche à tous mes amis
de notre promotion, tous ceux qui me connaissent à SFBFB*

D. SAMIHA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

A ma mère avec toute mon affection.

A mon père avec toute ma reconnaissance.

A mes frères et mes soeurs.

A mes tantes et mes oncles .

A toute ma famille.

A tous mes amis chacun à son nom.

Afastelib



Remerciements

*Tout d'abord, merci à Dieu qui nous a permis de terminer ce travail et
de nous donner la santé et le mieux-être.*

*Je remercie notre encadreur Mme. MEBAREK OUDINAA et
notre Co-encadreur GUESSOUM H pour l'encadrement de ce
sujet, et les orientations quant à la réalisation de cette étude.*

Je remercie tous les membres de jury de notre soutenance :

*Nous tenons à remercier également pour l'honneur qu'il me fait
en acceptant pour avoir accepté de présider le jury Mr
KHALLAF K.*

Nos remerciements vont aussi aux examinateurs

Mr. BENBRAHIM F. et Mr KARIMAT M.

Pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos vifs remerciements vont aussi à :

Mr. BEN SAMAOUN Y. Mr. AGOUN M S. Mr. KEMASSI A.

*aux enseignants à l'université de Ghardaïa, pour leurs aides
durant la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici*

l'expression de nos reconnaissances et gratitude.

A tous les Enseignants de tout notre apprentissage de carrière.

Impact de l'intensification agricole sur sodisation du sol dans les palmeraies de Ghardaïa(cas d'oued Sebseb)

Résumé :

L'évaluation de l'impact des systèmes de production agricole dans le milieu aride passe par l'étude quantitative de l'évolution spatio-temporelle des composantes de ce milieu. Notre travail réalisé dans la région de Sebseb (Ghardaïa) porte sur l'étude de l'impact de l'intensification agricole (*phoeniculture*) sur l'évolution du sol sodique, en amont, centre et l'aval des palmeraies d'oued Sebseb.

Les résultats obtenus ont révélé que le sol analysé est non sodique dans les sols des trois palmeraies (Jedide ,Cheaab largoub et Cheaab Nacer), l'étude des profils du sodium adsorption ration ; du témoin, avant et après irrigation et entre les deux saisons estivale et hivernale, montre l'impact de l'intensification agricole sur l'évolution du profil S.A.R. En effet, dans les deux saisons ,à tous les horizons étudiés.

Les résultats d'analyse ont montré que les eaux d'irrigation appliquée sont variées à (C3-S1) et (C5-S4).Ces eaux sont caractérisées par un facies sulfatée-magnésique pour la palmeraie de Jedide et sulfatée sodique pour les deux autres palmeraies (Cheaab largoub, Cheaab Nacer).

L'étude de l'évolution de la sodicité dans la parcelle cultivée des trois palmeraies (Jedide, Cheaab largoub et Cheaab Nacer) a montré qu'il y a une diminution de la valeur de S.A.R après irrigation et une augmentation de ces paramètres avant irrigation, ce qui est due à deux phénomènes : Une lixiviation après les irrigations et une remontée capillaire avant les irrigations.

L'analyse de sodium adsorption ration de la solution de sol dans la parcelle non cultivée a montré qu'il y a une faible valeur, due au phénomène de la lixiviation des sels par les eaux de pluies.

Mots clés : intensification agricole, irrigation ,Sodicitéde sol, Sebseb, S.A.R, Palmeraies.

Impact of the agricultural intensification on the sodisation in the region of Ghardaïa(case of Sebseb)

Summary:

The assessment of the impact of agricultural production systems in the arid environment requires a quantitative study of the spatial and temporal evolution of the components of this environment. Our work in the Sebseb region (Ghardaïa) focuses on studying the impact of agricultural intensification (phylic farming) on the evolution of sodium soil, upstream, center and downstream of Oued Sebseb.

The results obtained revealed that the soil analyzed was non-sodium in the soils of the three palm groves (Jedide, Cheaab and CheaabNacer), the study of the profiles of sodium adsorption ration; Of the control before and after irrigation and between the two summer and winter seasons shows the impact of agricultural intensification on the evolution of the S.A.R profile in both seasons in all the studied horizons.

The results of the analysis showed that the applied irrigation water was varied at (C3-S1) and (C5-S4). These waters are characterized by a sulphate-magnesium facies for the palm grove of Jedid and sulphated soda for the other two palm groves (CheaabDaboub, CheaabNacer).

The study of the evolution of sodicity in the cultivated plot of the three palm groves (Jedide, Cheaab and CheaabNacer) showed that there is a decrease in the SAR value after irrigation and an increase of these parameters before irrigation , Which is due to two phenomena: Leaching after irrigation and a capillary rise before irrigation.

Analysis of sodium adsorption ration of soil solution in the uncultivated field showed that there was a decrease in this value, due to the phenomenon of leaching of salts by rainwater.

Key words: agricultural intensification, irrigation, soil sodicity, Sebseb, S.A.R, Palmeraies.

ملخص

اثر التكتيف الزراعي (زراعة النخيل) على نسبة صودية التربة في نخيل غرداية (واد سبب)

إن تقييم تأثير نظام الإنتاج الزراعي في المناطق الجافة يتطلب دراسة كمية للتطور المكاني و الزماني لمكونات هذا الوسط. لقد قمنا بإنجاز هذا العمل حول تربة منطقة سبب (ولاية غرداية) و تتركز دراستنا على مدى تأثير زراعة النخيل على تطور صودية التربة لواحاحات النخيل لمنبع و وسط ونهاية (المصب) واد سبب.

أظهرت نتائج التحليل أن مياه الري المطبقة تباينت بين (C3-S1) و (S4-C5) وتتميز هذه المياه بطبيعة كيميائية سلفاتيه مغنيسيومية بالنسبة لغابة الجديد وطبيعة كيميائية سلفاتية صودية بالنسبة للغابتين (اشعاب العرقوب و اشعاب الناصر).

كما أظهرت نتائج التحليل التي قمنا بها ان التربة المدروسة هي عبارة عن تربة غير صودية على مستوى جميع الطبقات وهذا قبل وبعد السقي و الحقل الغير مزروع وعلى مستوى الفصلين الصيفي والشتوي .

دراسة تغيرات الصوديوم في ثلاث حقول مزروعة (الجديد و اشعاب العرقوب و اشعاب الناصر) أظهرت تنازل في قيمة S.A.R وهذا بعد السقي كما تصاعدت هذه القيمة قبل السقي ويعود هذا لظاهرتين :

غسل التربة بعد السقي وصعود أملاح عن طريق الخاصية الشعرية قبل السقي.

أما بالنسبة لتحليل الصوديوم في الحقل الغير مزروع فنلاحظ تنازل هذه القيمة من خلال ظاهرة غسيل التربة من الاملاح من طرف مياه الامطار.

الكلمات الدالة:النخيل سبب ،التربة الصودية، التكتيف الزراعي ،نسبة الصوديوم المدمص، مياه الري.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Données climatiques de la station de Ghardaïa, période (2007 - 2016)	07
02	Résultats d'analyse de l'eau d'irrigation des trois palmeraies.	30
03	Evolution de S.A.R.dans le profil témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison estivale).	35
04	Evolution de S.A.R. témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub (saison estivale).	36
05	Evolution de SAR avant et après irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (saison estivale).	37
06	Evolution de S.A.R. dans le profil témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison hivernale).	38
07	Evolution de S.A.R. témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub (saison hivernale).	39
08	Evolution de S.A.R témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (saison hivernale).	40

Liste des figures

N°	Titre	page
01	<i>Limites administratives de la région d'étude (D.P.A.T., 2005).</i>	05
02	Carte géographique de l'oasis de Sebseb (I.N.C, 2010).	06
03	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2007 - 2016).	09
04	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2007 -2016)	10
05	Carte du milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (ATLAS, 2004)	13
06	Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H, 2007).	15
07	Répartition spatiale des points de prélèvement de sol au niveau de la région de Sebseb (Google Earth, 2016).	20
08	Schéma récapitulatif du plan d'échantillonnage.	23
09	Faciès chimiques des eaux analysées des trois palmeraies d'après le Diagramme de PIPER.	33
10	Classification des eaux d'irrigation dans le site d'étude (Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND).	34
11	Evolution du profil S.A.R. témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison estivale).	35
12	Evolution du profil S.A.R. témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub(saison estivale).	37
13	Evolution du profil sodicité S.A.R. témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de CheaabNacer(saison estivale).	38
14	Evolution du SAR dans le profil témoin avant et après l'irrigation dans la palmeraie de Jedide (hivernale).	39
15	Evolution du profil S.A.R. de témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub (saison hivernale)	40
16	Evolution du S.A.R. dans le profil avant et après l'irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (hivernale).	41
17	Boîte à moustaches de la variation du SAR de la solution de sol dans les profils témoin, avant et après irrigation (saison estivale).	42
18	Boîte à moustaches de la variation du SAR de la solution de sol dans les profils témoin, avant et après irrigation (saison hivernale).	42

Liste des photos

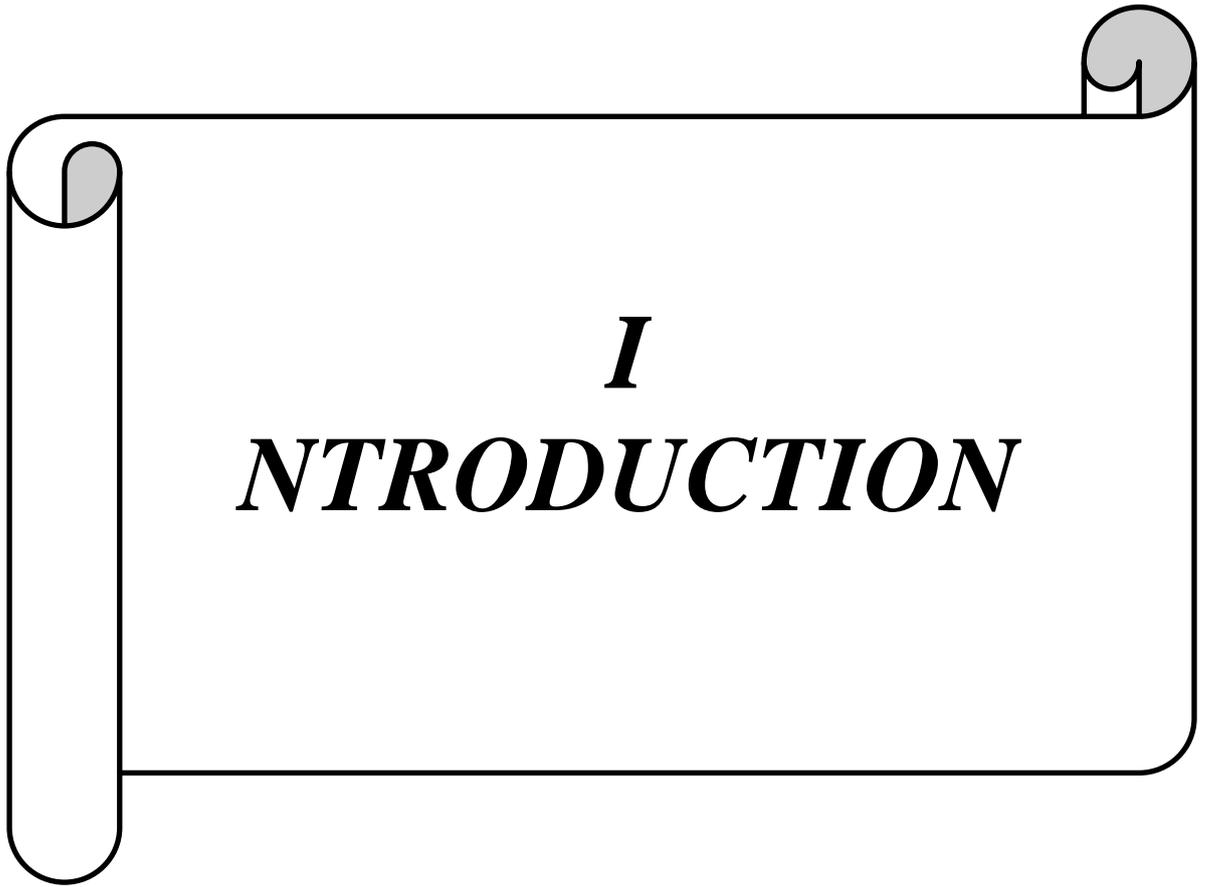
N	Titre	Page
01	Palmeraie de Jedide (l'amont d'oued Sebseb	20
02	Palmeraie de Cheablargoub (centre de l'oued Sebseb)	21
03	Palmeraie de ChaabNacer (l'aval de l'oued Sebseb)	21

Tableau de matières

Titre	page
Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I : Présentation de la région d'étude	03
1. Localisation géographique	03
2. Situation géographique et administrative de la région de Sebseb	04
3. Etude climatique	06
3.1. Température	06
3.2. Précipitation	07
3.3. Humidité relative	07
3.4. Vent	08
4. Synthèse climatique	08
4.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	08
4.2. Climagramme d'EMBERGER	09
5. Géomorphologie	10
5.1. La plaine de l'Ouest	10
5.2 chebka	11
5.3. hamada	11
6. Géologie	11
7. Pédologie	11
8. L'eau	12
8.1. Hydrographie	13
8.2. Hydrogéologie	14
8.2.1. Nappe phréatique	15
8.2.2. Nappe du continental intercalaire	16
9. Agricultures	16

9.1. La phoeniciculture	16
9.2. L'arboriculture fruitière	17
9.3. La culture des arachides	17
10. Potentialités industrielles	17
11. Artisanat traditionnel	17
12. Tourisme et investissement	17
Chapitre II : Méthodologie de travaille	19
I. Approche méthodologique	19
1. Choix de région d'étude	19
II. Echantillonnage	19
1. Zone d'échantillonnage	19
2. Présentation des zones d'échantillonnage	19
III. Méthode d'échantillonnage	22
1. Méthode d'échantillonnage du sol	22
2. Méthode représentativité des échantillons d'eau	22
2.1. Stockage des échantillons	23
VI. Méthodes d'analyse	24
1. Méthodes d'analyse d'eau d'irrigation	24
1.1. Mesure du pH	24
1.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS	24
1.3. Turbidité	24
1.4. Dosages des cations	25
1.4.1. Dureté totale (titre hydrométrie)	25
1.4.2. Calcium	25
1.4.3. Magnésium	26
1.4.4. Sodium et potassium	26
1.4.5. Ammonium	26
1.4.6. Fer	27
1.5. Dosages des anions	27
1.5.1. Nitrates	27
1.5.2. Nitrites	27
1.5.3. Orthophosphates	27
1.5.4. TAC (Titre Alcalimétrique Complet)	28

1.5.5. Chlorures	28
1.5.6. Sulfates	28
2. Méthodes d'analyse du sol	28
2.1. Extraction d'une solution de sol 1/5 pour détermination le S.A.R.	28
2.2. Dosage de Calcium, Magnésium et Sodium de l'extrait de sol	29
V. Analyses statistiques	29
1. Analyse de la variance à un facteur	29
Chapitre III Qualité des eaux d'irrigation	30
1. Risque de salinisation	31
1.1. Pour la palmeraie de Jedide (l'amont)	31
1.2. Pour la palmeraie de Cheaablargoub (centre)	31
1.3. Pour la palmeraie de CheabNacer (l'aval)	31
2. Risque d'alcalinisation du sol	31
3. Faciès chimique	32
4. Détermination des classes d'irrigation	32
Chapitre IV : Etude Evolution de la sodicite (S.A.R.) de la solution des sols	35
1. Résultats analytique de S.A.R. dans la saison estivale	35
1.1. Palmeraie de Jedide	35
1.2. Palmeraie de Cheaablargoub	36
1.3. Palmeraie de ChaabNacer	37
2. Résultats analytique de S.A.R. dans la saison hivernale	38
2.1. Palmeraie de Jedide	38
2.2. Palmeraie de Cheaablargoub	39
2.3. Palmeraie de ChaabNacer	40
3. Evolution du S.A.R. dans la solution de sol	41
3.1. Saison estivale	41
3.2 Saison hivernale	41
4. Discussion générale	42
Conclusion	46
Références bibliographiques	48
Annexes	52



I
INTRODUCTION

Introduction

Les sols sont des réacteurs biologiques qui assurent de nombreuses fonctions environnementales ainsi qu'ils maintiennent le développement des êtres vivants (NOOMENE, 2011).

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde (CHERBUY, 1991 in MADANI, 2008).

Les sols des régions arides, à climat toujours peu pluvieux, sec et très irrégulier, présentent un certain nombre des caractères presque constants : évolution lente, structure faiblement définie avec, souvent, présence de croûtes calcaires, gypseuses ou salines (AUBERT, 1960).

Les sols sodiques en Afrique du Nord proviennent de l'apport d'eaux salées aux nappes phréatiques, où à la surface des sols (AUBERT, 1975).

Les sols sont constitués par deux unités très différentes, les salisols, dans lesquels les sels de sodium, de calcium ou de magnésium sont sous la forme soluble de sels simples ou complexes. Les sodisols à complexe sodique dans lesquels les cations, essentiellement le sodium sont sous la forme échangeable, les sels solubles étant très peu abondants (BOUTEYRE et LOYER, 1992).

La salinisation et la sodisation des sols constituent des phénomènes importants dans les zones sèches. Elles provoquent une dégradation des propriétés biologiques, chimiques et physiques des sols (SAIDI et *al*, 2004).

La qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région de Ghardaïa dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette eau.

Dans les régions sahariennes, l'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation. Cependant cette technique qui modifie considérablement les propriétés du sol, peut être dangereuse car les eaux d'irrigation qui sont très chargées de sels peuvent aggraver le problème de salinité (BEN BRAHIM, 2001).

En Algérie, de l'est à l'ouest, et de la côte au Sahara, les sols agricoles sont dans leur forte majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1973). Dans les régions sahariennes, l'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation. Cependant cette technique qui modifie considérablement les propriétés du sol, peut être dangereuse car les eaux d'irrigation qui sont très chargées de sels peuvent aggraver le problème de salinité (BEN BRAHIM, 2001).

Le patrimoine phoenicicole de l'Algérie est estimé à plus de 12 millions de palmier dattiers (ALLAM, 2007 in DAREM, 2013). Cependant, les statistiques et la position de la phoeniciculture ne révèlent pas la situation réelle de ce secteur dans la mesure où cette phoeniciculture, depuis l'indépendance, se trouve dans un stade de dégradation continue à tous les niveaux où à la surface des sols (AUBERT, 1975). Dans l'oasis de Sebseb, le palmier dattier est une culture principale. Sa présence dans l'exploitation est considérée comme indispensable, quel que soit le mode de mise en valeur.

L'objectif principal de cette étude est de mettre la lumière sur l'impact de l'intensification agricole sur la variation de la sodicité du sol dans les palmeraies de la région d'oued Sebseb (Ghardaïa).

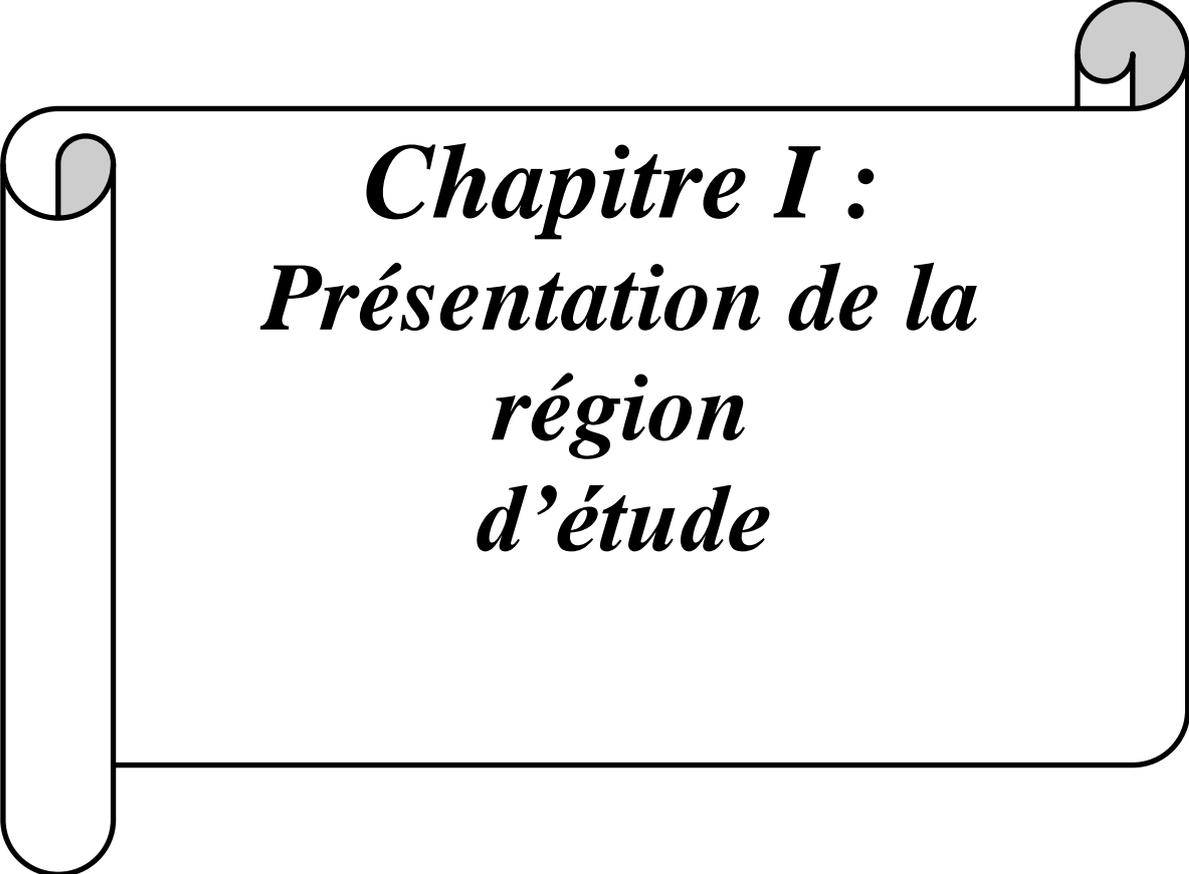
Cette étude comporte deux parties :

❖ La première partie le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail illustre la présentation de la région d'étude, les méthodes d'analyse effectuées et les matériels utilisés.

❖ *La deuxième* partie traitera les résultats et qui seront suivis d'une discussion et enfin une conclusion générale.



*Première partie :
Matériels et méthodes*



Chapitre I :
Présentation de la
région
d'étude

Chapitre I:Présentation de la région d'étude

1. Localisation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrionale. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat. Elle est composée des anciennes dairates de Ghardaïa, Metlili et El- Meniaa (D.P.A.T., 2010).

La wilaya s'étend sur une superficie de 84.660,12 km², répartie sur 13 communes regroupant une population de 405015 habitants majoritairement jeune (D.P.A.T, 2010).

La Wilaya se situe à environ 600 Km de la capitale Alger. Ses coordonnées géographiques sont :

- Altitude 480 m.
- Latitude 32° 30' Nord.
- Longitude 3° 45'Est.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée administrativement (D.P.A.T., 2010):

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).

2. Situation géographique et administrative de la région de Sebseb

La commune de Sebseb (wilaya de Ghardaïa) est issue du découpage administratif du 1984, elle a bénéficié d'un chef-lieu communal, rattachée à la daïra de Metlili.

La commune d'une superficie de 5640 km² (6.55% de superficie totale wilaya), s'étend du Nord au Sud sur 15 à 30 km et de l'Est à l'Ouest sur environ 200 km.

Le chef-lieu communal, se situe sur la parallèle 32 08' de l'altitude Nord et 3 36' de longitude Est, cette localité, se trouve à l'Ouest de la route national N°01, à 20 km au Sud du chef-lieu de la daïra, sur la dorsal du M'ZAB. Elle est distante de 60 km de Ghardaïa et de 660 km d'Alger (D.F.W.G., 2014).

La commune de Sebseb est limitée (Fig.01) :

- Au Nord par la commune de Metlili (wilaya de Ghardaïa) ;
- Au Sud par la commune Mansourah (wilaya de Ghardaïa) ;
- Au l'Est par la commune Rouissat (wilaya d'Ouargla) ;
- Au l'Ouest par la commune de Brisina (wilaya de El Baydh) (D.F.W.G., 2014).

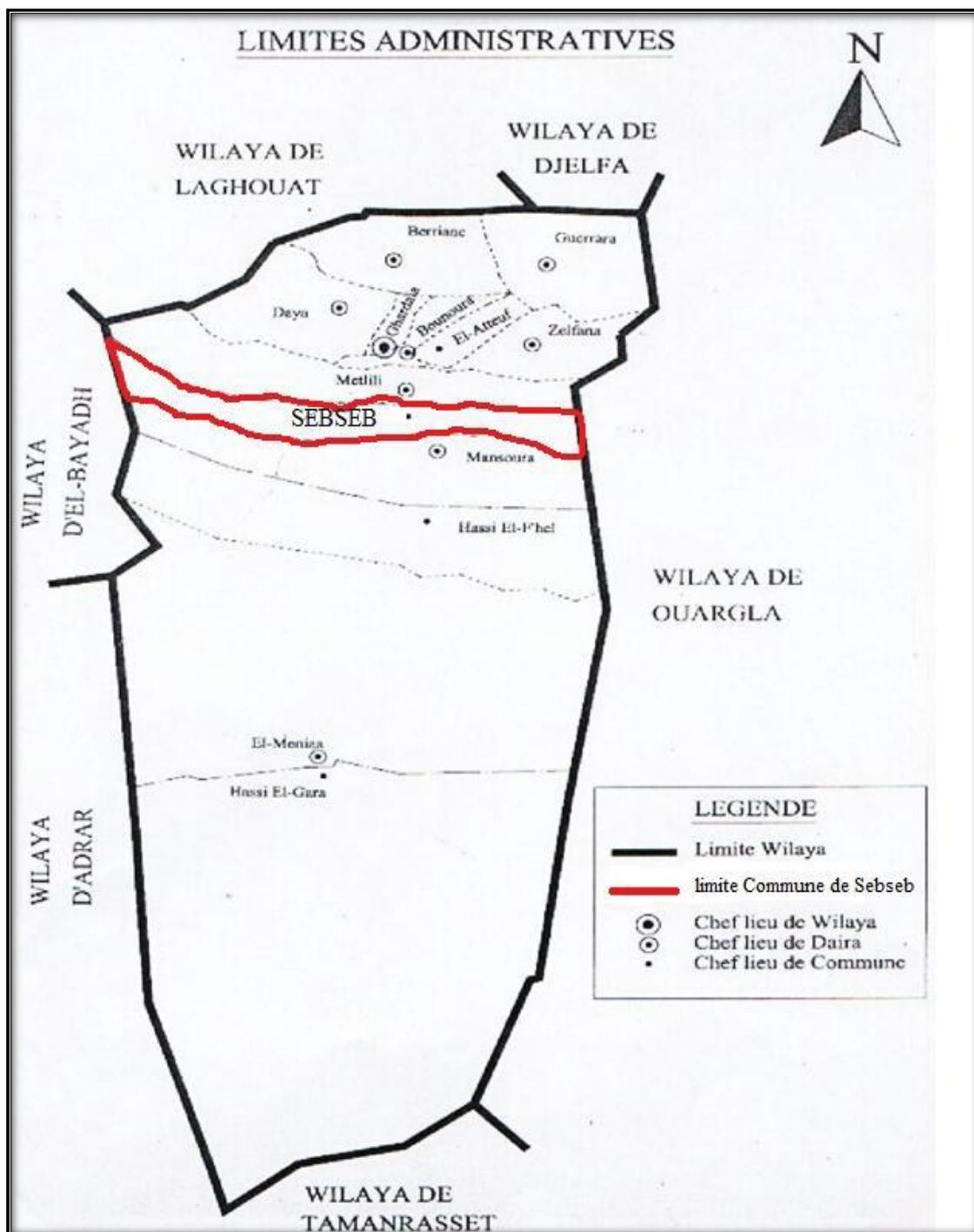


Figure n°01 : Limites administratives de la wilaya de GHARDAIA (Atlas, 2004).

Sebseb est l'une des treize (13) oasis qu'englobe le M'Zab, elle fait partie du territoire des Chaâmbas. Sa situation géographique indique qu'elle est sous l'influence du climat saharien, aride et chaud. La contrainte de déficit climatique en eau se répercute sur la vie à l'oasis, mais aussi sur les conditions historiques d'établissement de ces écoumènes (DUBOST, 2002).

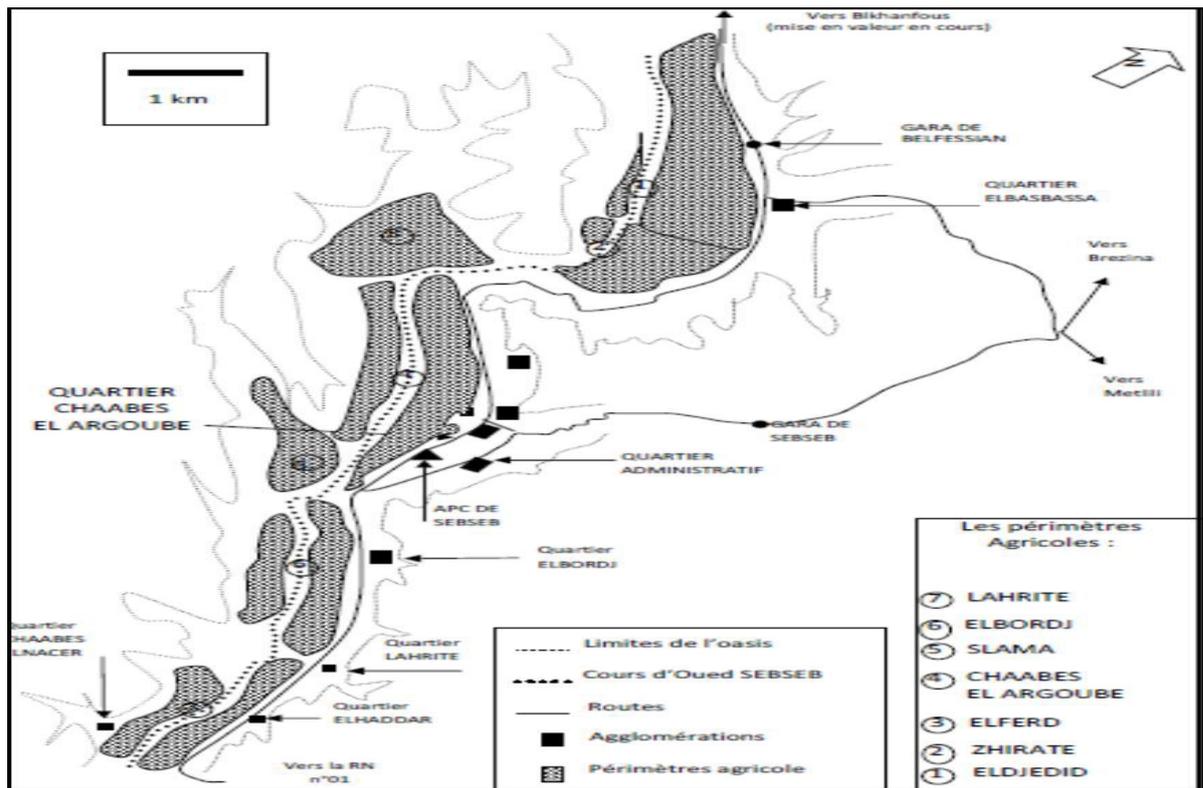


Figure n° 02: Carte de localisation du l'oasis de Sebseb (I.N.C.E.T., 2010).

2. Etude climatique

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) avec une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (A.N.R.H., 2011).

Étant donné que Sebseb se situe dans le sud algérien à 663km du littoral et du fait que son altitude s'élève à 429m au-dessus du niveau de la mer la région se caractérise par un climat saharien sec, chaud et sec en été et froid en hiver.

Vu le manque de données climatologique sur la région de Sebseb, nous avons travaillé sur les données de la station météorologique de Ghardaïa, considéré comme

la plus proche de la région d'étude. La présente caractérisation climatique est faite à partir d'une synthèse climatique de 10 ans entre 2007 et 2016.

3.1. Température

D'après le tableau (01), la température moyenne annuelle de la région de Ghardaïa est de 22,69°C, avec 35,22°C en Juillet pour le mois le plus chaud, et 11,96°C en Janvier pour le mois le plus froid.

3.2. Précipitation

Les précipitations sont très rares et irrégulières à travers les saisons et les années. Le mois le plus pluvieux est celui de Septembre avec une pluviométrie moyenne mensuel de l'ordre de 11.33 mm, et un cumulé annuel de de 69.49 mm.

Tableau n°01: Données climatiques de la station de Ghardaïa, période (2007 - 2016)

(O.N.M., 2017).

Paramètre Mois	T			P (mm)	V.V (m/s)	H (%)
	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)			
JANVIER	11,96	17,73	6,8	9,042	11,23	48,62
FEVRIER	13,2	18,85	7,83	2,82	14,5333	40,48
MARS	16,83	22,75	10,84	8,611	15,7444	35,18
AVRIL	21,77	25,02	15,05	5,511	16	31,09
MAI	26,3	32,6	19,36	2,921	15,5333	26
JUIN	31,38	37,83	24,21	3,126	15,2444	23,52
JUILLET	35,22	41,49	28,26	1,421	12,0667	20,35
AOUT	34,17	40,34	27,67	2,845	11,4444	23,52
SEPTEMBRE	29,49	35,68	23,47	11,329	11,1	34,02
OCTOBRE	23,55	29,41	17,94	10,996	10,74	40,59
NOVEMBRE	16,38	22,07	11,18	6,147	10,89	46,66
DECEMBRE	12,11	17,57	7,3	4,723	10,97	53,22
MOYENNE	22,6967	28,445	16,6592	69,492*	12,9581	35,2708

\mathcal{T} : *Température*

\mathcal{P} : *Pluviométrie*

$\mathcal{V.V}$: *Vitesse de vent*

\mathcal{H} : *Humidité relative*

* : *Cumul annuelle*

3.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de 35.27%. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année.

En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 20.35% au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 53.22% au mois de Décembre.

3.4. Vent

Dans la région de Ghardaïa, les vents sont fréquents durant toute l'année. La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 12.96m/s, avec un maximum de 16 m/s au mois d'Avril.

Les vents d'hiver soufflent du Nord-Ouest et sont froids et relativement humides, les vents d'été soufflent du Nord-Est et sont fort et chauds, Les vents de sable soufflent du Sud-Est, environ 20 jours par an surtout en Mars, Avril et Mai.

4. 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 deBagnoulset Gausсен alors que l'étage bioclimatique est déterminé par le climagramme pluviométrique d'Emberger.

4.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon le tableau au-dessus (tableau 1) qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté (Fig.03);

- les mois de l'année sont représentés sur l'axe des abscisses.
- L'axe ordonné pour les précipitations en mm et les températures moyennes en °C.
- Une échelle de $P=2T$.
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ghardaïa nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

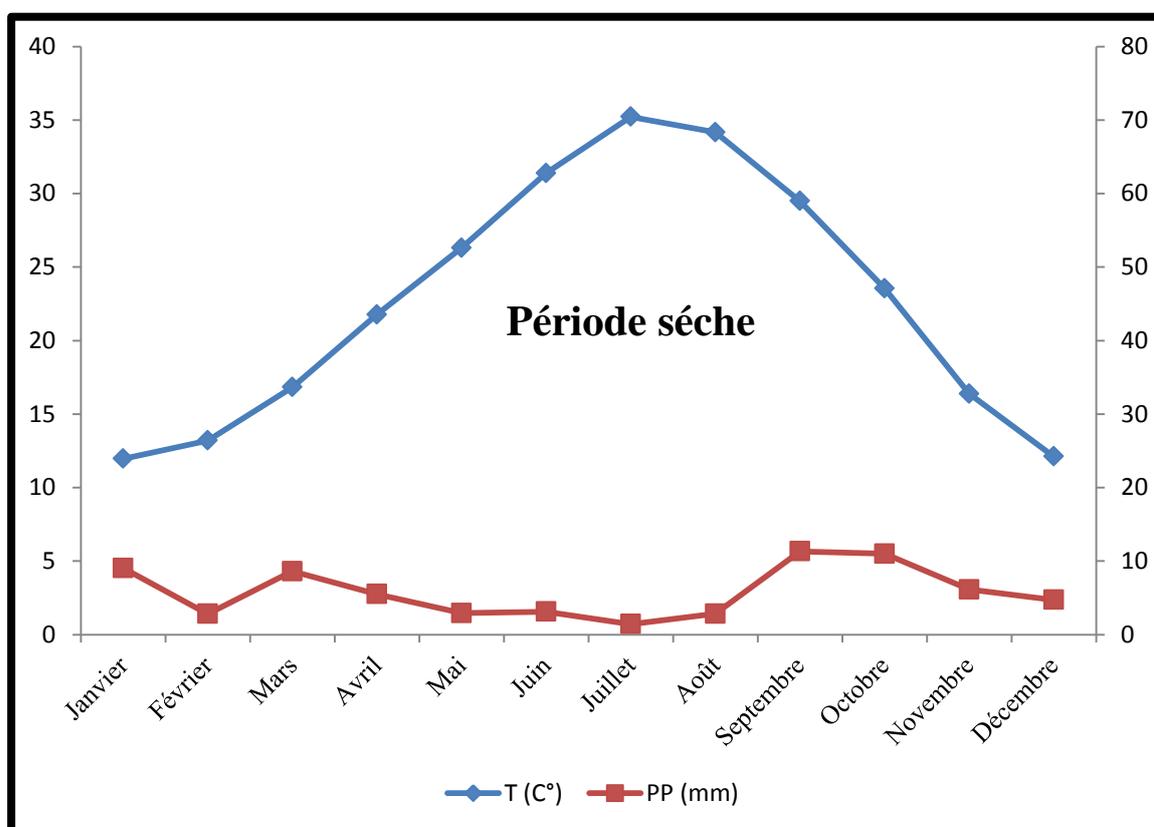


Figure n°03 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2007 - 2016).

4.2. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types des climats méditerranéens, est permet de savoir à quel étage bioclimatique se situe notre région. Il est représenté par :

- En abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid ;
- En ordonnées par le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER.

On a utilisé la formule de STEWART adapté pour l'Algérie, qui se calcule comme suit :

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

- Q2 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER ;
- P : Précipitations moyennes annuelles en mm (69.49mm);
- M : La température maximale du mois le plus chaud en °C (41.49°C., Juillet);
- m : La température minimale du mois le plus froid en °C (6.8°C., Janvier).

D'après la formule, Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient pluviométrique (Q2) est de 6.87(Fig.04).

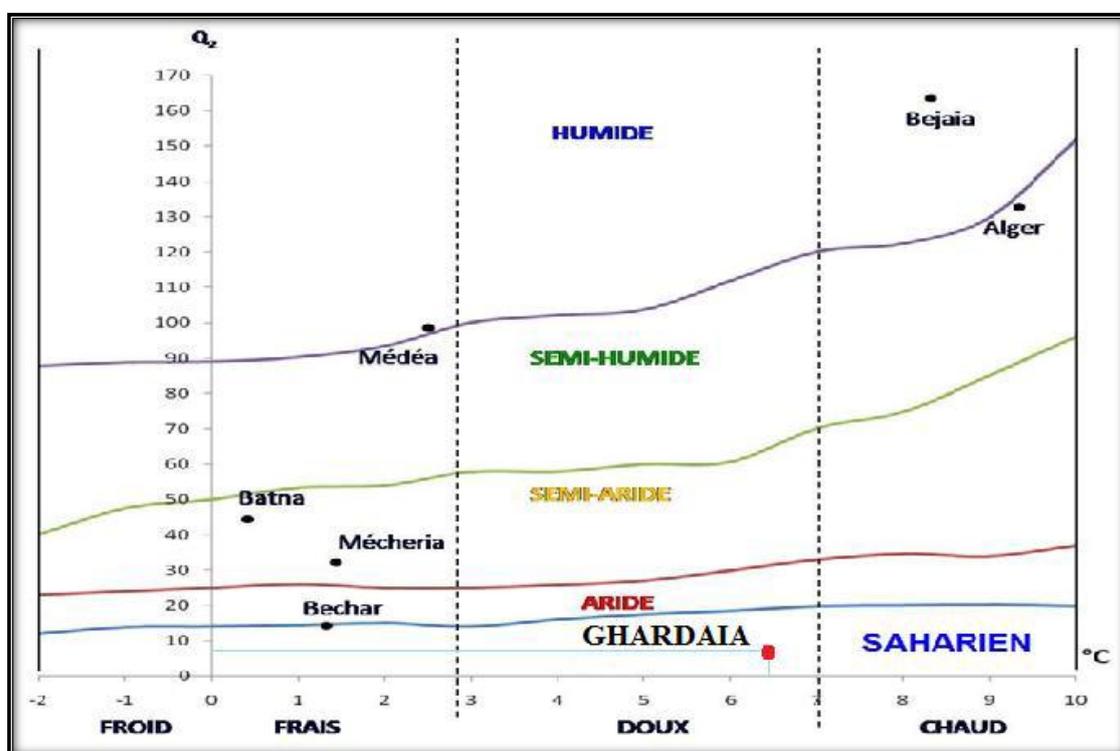


Figure n°04 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2007 -2016).

5. Géomorphologie

Le territoire de Sebseb comprend trois parties géomorphologiquement différentes. Elles se disposent en bandes adjacentes de l'Ouest à l'Est. La chebka occupe la partie centrale du territoire, sa marge est une Hamada, tandis qu'à l'Ouest on trouve une haute plaine (C.C.F.A, 1960).

5.1. La plaine de l'Ouest

Un prolongement de la région septentrionale dite "zone des Dayas", zone steppique où le climat est intermédiaire entre celui du Sahara et celui du versant méridional de l'atlas (PASSAGER, 1959). Cette partie qui couvre environ 2.400 km² (43 % de la circonscription) est parcourue par les vallées de deux oueds descendant du piémont de l'atlas saharien : Zergoune et Mehaiguen qui arrivent ici à leur extrémité.

Cette région est une sorte de cuvette, réceptacle de toutes les eaux descendantes des monts des Ksours et du Djebel Amour (Aflou et Laghouat) (CAUNNEILLE, 1968).

5.2. La chebka

Couvre environ 1.440 km² soit 1/4 de la surface communale. Elle est limitée à l'Ouest par la grande falaise du plateau d'Oum El Hassiane et se termine à l'Est, suivant un méridien qui peut être matérialisé par la route nationale. Cette partie est rocailleuse et présente un relief très déchiqueté par les ramifications abruptes des oueds (PASSAGER, 1958).

Selon HOUICHITI (2009) Le plateau rocheux qui surplombe ces vallées est dit *Gaâda*. Les autres entités morphologiques rencontrées sont les massifs :

- La *Gara*, est une butte isolée, peu élevée à sommet plat, composée de roches et de marnes.
- Le *Djebel*, formation rocheuse de hauteur et de volume plus importants.
- Le *Mahssar* est un groupement de djebels.

5.3. La hamada

Couvre la partie Est du territoire, le terrain est vaste à ondulations douces et amples et présente une légère pente vers l'Est, direction vers laquelle tendent toutes les vallées collectrices de la chebka, ici sans ramifications. La hamada s'étend sur environ 1.800 km², soit 32 % de l'espace géographique de Sebseb (HOUICHITI, 2009).

6. Géologie

Dans le cadre géologique, la vallée de Sebseb est une formation qui appartient au Quaternaire continental. Cette structure se présente sous forme de lits d'oueds, de dépressions et de dunes. Le plateau rocheux de la chabka. (URBATIA, 1996).

La plus ancienne formation géologique, et celle du plateau constitué de roches appartenant au secondaire. Dont sa représentation est le Crétacé moyen ou bien « le TURONIEN ». Cette dernière forme géologique est le Crétacé supérieur ou dit marin le Sénonien (BRULE, 2004).

A l'Est et à l'Ouest de la Hamada on rencontre les poudingues de constituant calcaires lacustres situés dans l'être du Pliogène continental (BRULE, 2004).

7. Pédologie

Au niveau de la chebka, on ne trouve que des roches calcaires ou dolomitiques, dont le sous-sol est riche en marnes. Les hamadas ne sont que de vastes étendues pierreuses. On ne rencontre du sol qu'au niveau des bas-fonds, daya ou lit d'oued suffisamment large, comme celui de Sebseb (HOUICHITI, 2009).

Dans cette vallée on retrouve 3 types d'horizons superficiels : sur l'axe de l'oued, la texture du sol se compose de sable grossier, les éléments fins sont périodiquement lessivés par le ruissellement des crues. Le côté Sud est couvert d'une nappe de sable éolien, l'arène présente une profondeur qui varie de 10 cm à 1 m. C'est un sable plus ou moins vif selon son état d'humidité, sa couleur jaunâtre indique la dominance d'un faciès gypseux. Dans la rive Nord, on rencontre un mélange compact de terre fine et de cailloux (reg) (HOUICHITI, 2009).

Selon HOUICHITI, (2009) ;Le terrain présente une surface globalement plane, sauf dans les zones de ruissellement et auprès des obstacles et lieux favorables à l'accumulation du sable, comme les clôtures, les touffes de végétation spontanée, les pistes et les constructions.

8. L'eau

Le climat et la géologie sont des facteurs déterminants pour les ressources hydriques, sur leur importance, leurs formes et leur mobilisation, ceci est valable à Sebseb et dans le M'Zab d'une manière générale.

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir (A.N.R.H., 2011).

Ainsi, pour ce territoire, les principales sources d'eau sont les nappes souterraines, mais les eaux superficielles sous forme de crues exceptionnelles prennent leur importance du fait qu'elles soient la forme transitoire, indispensable au renouvellement des eaux phréatiques (DUBIEF, 1953).

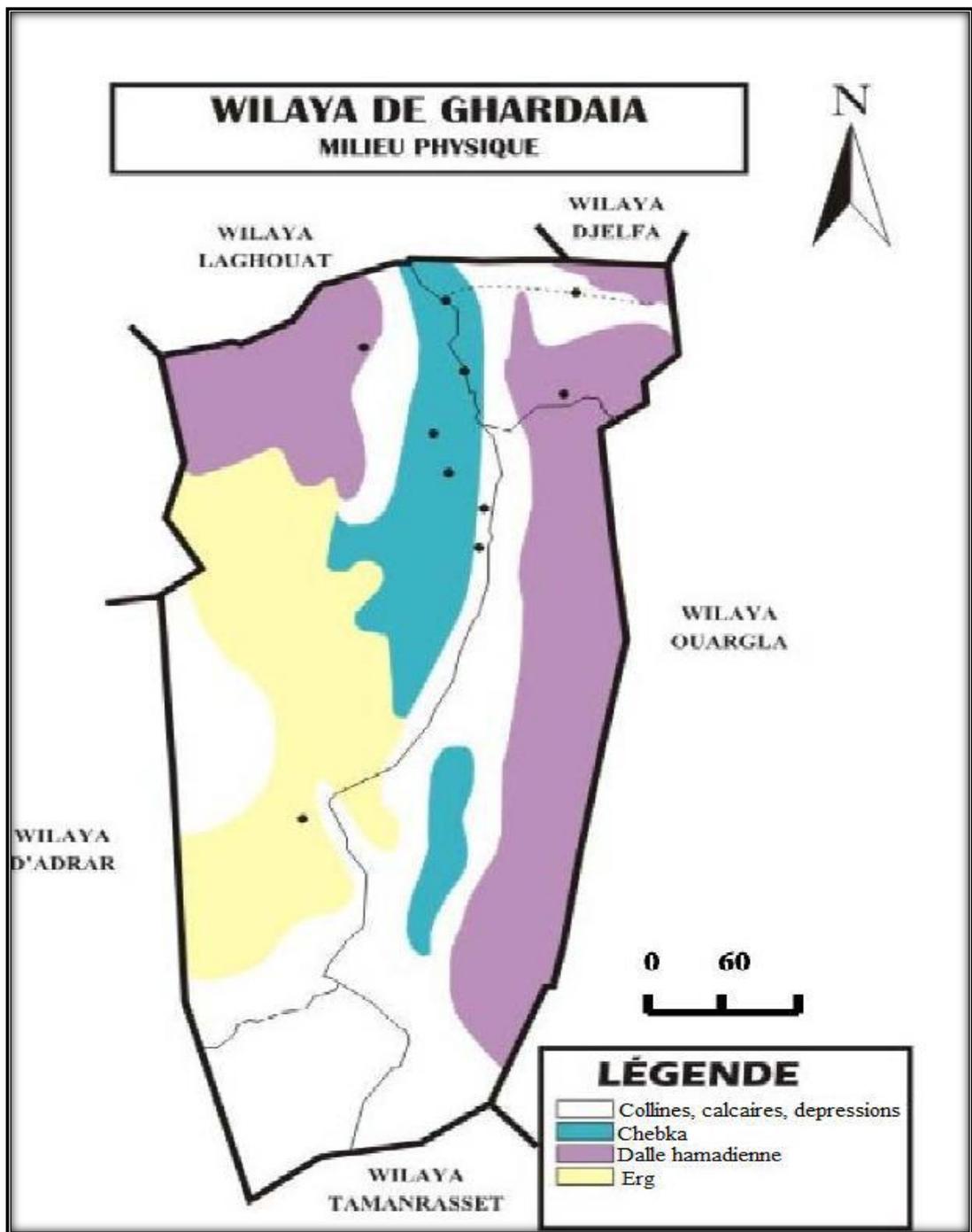


Figure n° 05:Carte du milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (ATLAS, 2004).

8.1 Hydrographie

Les oueds sahariens sont des réseaux qui sillonnent avec une netteté remarquable le Sahara algérien. Ils datent de la période Quaternaire, époque d'humidité relative, où le Sahara était parcouru par de grandes rivières, dont l'érosion a marqué d'une forte empreinte le modelé du sol (CAPOT REY, 1953).

Les oueds parcourant le territoire de la commune de Sebseb sont de deux types :

➤ **Les vallées de la partie occidentale**

- ❖ Oued Zergoune : prend son origine dans les djebels Amours de l'Atlas saharien et s'étend sur une vallée relativement étroite, pour déboucher sur le grand Erg occidental à 250 km de son origine ;
- ❖ Oued Mehaiguen: environ 160 km de longueur, sa vallée est relativement large et ensablée. Après une bifurcation vers l'Est, d'une dizaine de kilomètres, il conflue dans l'oued Louha. Ce dernier marque la limite Ouest de la chebka (DUBIEF, 1953).

➤ **Les oueds de la chebka**

D'après CAPOTREY, (1953); Ils sont démesurément larges et très ramifiés en unemultitude de petits oueds, nés de la jonction de plusieurs petits ravineaux (Chaâbes). Dans la circonscription de Sebseb, on trouve :

- ❖ Oueds Goullaben, Hachana et Gouffafa au Nord – Ouest ;
- ❖ Oued Mask, descend de Metlili, il est en amont d'oued Sebseb ;
- ❖ Oued Sebseb est le plus grand, il abrite l'oasis et serpente vers l'Est sur environ 100 km jusqu'à la daya Boukhellala au Sud de Zelfana, où il rejoint son parallèle oued Metlili. Un ancien itinéraire les conduit ensemble jusqu'à la sebkha de Safioune.

Le régime d'écoulement de ces oueds est irrégulier. Ils peuvent couler plusieurs fois par an ou rester à sec des années entières. Dans ce sens, on signale que les déluges même localisés, sont rares, mais les faibles valeurs de pluies sont compensées par une vitesse de chute, en général suffisante pour donner lieu à un ruissellement important (DUBIEF, 1953).

8.2. Hydrogéologie

Deux nappes différentes sont exploitées par la population de Sebseb, l'une depuis des siècles, la nappe phréatique, l'autre depuis des années, la nappe du continental intercalaire, le grand réservoir du Sahara.

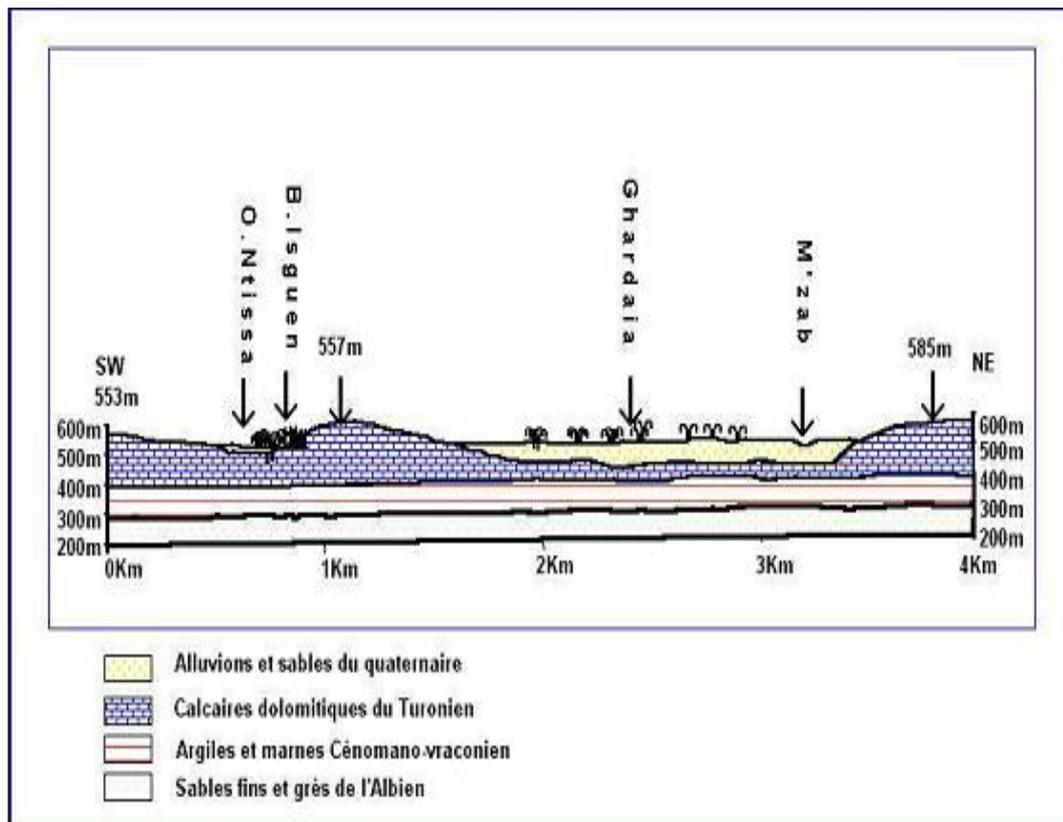


Figure n° 06: Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H, 2007).

8.2.1. Nappe phréatique

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie. La qualité chimique des eaux est comme suit :

- ❖ A l'amont, elle est bonne à la consommation.
- ❖ A l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H., 2011, et *al*, in LAOUR, 2016).

La nappe phréatique est la principale source pour l'irrigation. La profondeur de pompage des eaux augmente chaque fois que l'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Les puits de la nappe phréatique se trouvent également à l'extérieur de l'oasis. Ils sont nécessaires pour les nomades, et constituent des sources d'eau et des repères pour les terrains et les parcours (HOUICHITI, 2009).

8.2.2. Nappe du continental intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grès-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique (A.N.R.H., 2011).

La nappe du Continental Intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, elle est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara etcertaines régions d'El Menia) ;
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m(Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (A.N.R.H., 2011).

9. Agricultures

Ville de Sebseb se distingue par une richesse halieutique considérable qui donne lieu à une activité agricole aussi intense que diversifiée. la superficie cultivable est estimée à plus de cinq mille (5000)ha, qui fournissent de grandes quantités de produits agricoles tels que les dattes de différentes variétés sachant que le nombre de palmiers s'élève à 35000 unités, en plus d'autres fruits et légumes saisonniers.

Par ailleurs, Sebseb est connue pour être une région d'élevage à grande échelle, en particulier le chameau et le mouton, en raison de l'existence de grands pâturages naturels. Cette situation privilégiée augure d'un avenir prometteur pour l'investissement agricole.

9.1. La phoeniculture

Dans l'oasis de Sebseb, le palmier dattier est une culture principale. Sa présence dans l'exploitation est considérée comme indispensable, quel que soit le mode de mise en valeur. Cependant, l'importance numérique du dattier, dans une exploitation donnée dépend généralement du système de production adopté.

À Sebseb, la phoeniciculture comprend plusieurs cultivars. Nous avons dénombré une vingtaine de cultivars intéressants. Chaque agriculteur possède entre 5 et 10 cultivars, choisis selon ses préférences. Néanmoins, la majorité des dattes n'a pas de débouché commercial, elles sont multipliées dans un objectif d'autoconsommation. Les variétés qui possèdent une certaine importance commerciale sont : Deglet Nour, Ghars et Azerza (HOUICHITI, 2009).

9.2. L'arboriculture fruitière

On compte environ 46.000 arbres fruitiers productifs et 30.000 jeunes plants. Ces arbres se trouvent généralement sous le palmier dattier. On trouve principalement les agrumes, le pommier et la vigne, mais aussi et avec un effectif moins important le poirier, le néflier, le pêcher et l'olivier. L'ancienne arboriculture est représentée par le figuier, le grenadier et l'abricotier. La production annuelle de fruits est globalement estimée à 12.250 quintaux par an.

9.3. La culture des arachides

La culture des arachides est une pratique très ancienne. Elle occupe une surface qui varie d'une année à l'autre, de 200 à 500 ha. La production globale peut atteindre 8.000 quintaux/an de qualité reconnue au niveau national (arachide de Sebseb).

10.Potentialités industrielles

La commune de Sebseb renferme d'importantes richesses minières tels que le pétrole et le gaz ,en particulier le champ pétrolier de Sidi Mezghiche dont le produit est transfère par pompage vers le champ de Noumour ,dans la commune de Zelfana ,considéré comme étant le plus grand champ de la région ,ceci en plus du verre et du fer qu'on retrouve en grand quantité .ces atout caractéristiques offrent de réelles oport unités d'investissement industriel que facilite la disponibilité des matières premières.

11. Artisanat traditionnel

Sebseb est renommée pour la qualité de ses tissages tels que les tapis, leburnous, la tente ainsi que tous les produits de tapisserie domestique.

Elle est également connue pour sa production en outils d'irrigation traditionnelle, ustensiles traditionnels à base de terre et de bois ainsi que d'autres produits de l'artisanat fabriqués à l'aide des dérivés du palmier.

12. Tourisme et investissement

La ville de Sebseb se caractérise par ses paysages naturels fascinants les dunes de sable doré forment avec les palmiers, un tableau d'une extrême beauté.

C'est l'endroit idéal pour la détente et la contemplation qui ne manqueront pas de laisser chez le visiteur des souvenirs inoubliables. Sebseb constitue une destination de choix pour le tourisme, de fait qu'elle offre à ses visiteurs des paysages naturels vierges d'une grande beauté, au sien desquels on apprécie la vie dans toutes ses dimensions.

Les plus importants sites touristiques de Sebseb sont les sources d'eau naturelles dans la région de TLILET, KOUFAFA, BENNAKHIL, HASSI EL MALEH, BELKHANFOUS et la zone des hauteurs de REKBA. Sebseb permet également de s'adonner au tourisme thérapeutique à travers l'exploitation des dunes de sable pour soigner les maladies articulaires, les rhumatismes ainsi que d'autres pathologies.

Chapitre II : Méthodologie du travail

I. Approche méthodologique

La qualité du sol est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole intensive. Un aménagement du sol ne peut être durable que

s'il maintient ou améliore les qualités des sols (LARSON et PIERCE, 1992 *in* DAREM, 2013).

L'approche méthodologique choisie dans notre travail permet d'étude l'impact du l'intensification agricole sur la sodicité (S.A.R.) du sol dans la région de Sebseb. Pour déduire l'effet saisonnier de l'irrigation sur ces propriétés du sol.

1. Choix de région d'étude

Le choix de la région d'étude est basé sur les critères essentiellement d'ordre scientifique et économique, les plus importants sont les suivants :

- La qualité de l'eau fortement saline et sodique utilisée dans la région (LAOUAR,2013), ce qui peut provoquer l'augmentation des sels dans le sol.
- L'existence des exploitations agricoles ; ce qui permet une bonne comparaison.
- L'absence d'étude pédologique dans cette région, ni sur le plan caractérisation, ni sur le plan évolution des paramètres.

II. Echantillonnage

1. Zone d'échantillonnage

Nous avons sélectionné trois (3) palmeraies pour la réalisation de ce travail. Ils sont répartis uniformément à travers le lit d'oued Sebseb, de l'amont de la région de Jedide, au centre de l'oued et à l'aval de la région de Chaab Nacer (Fig.07).

2. Présentation des zones d'échantillonnage

2.1. Palmeraie de Jedide

Cette palmeraie de BEN YEMNA SLIMAN, est située à l'amont de l'oued Sebseb, qui a été créé en 1987 ;avec une superficie de quatre (4) hectare. La palmeraie renferme 100 pieds de palmier dattier avec une production de 30quintaux/an (Photo 01).



Figure n° 07:Répartition spatiale des stations d'étude de la région de Sebseb (Google Earth, 2016).



Photo n°01 : palmeraie de Jedide (l'amont d'oued Sebseb) (GUESSOUM, 2016).

2.2. Palmeraie de Cheaab largoub

Cette palmeraie de GUESSOM ABD ALLAH, est située au centre de l'oued Sebseb. Elle a été créée en 1980, avec une superficie de deux (2) hectares. Le nombre de palmiers est de 100 avec une production de 40 quintaux/an (Photo 02).



Photo n° 02: palmeraie de Cheaab largoub (centre de l'oued Sebseb)(GUESSOUM, 2016).

2.3. Palmeraie de Chaab Nacer

Cette palmeraie de BEN ABD ELRAHMANNE BACHIR, est située à l'aval de l'oued Sebseb. Elle a été créée en 1990, avec une superficie de quatre (4) hectares renfermant 104 pieds de palmier dattier avec une production de 60 quintaux/an (Photo 03).



Photo n° 03 : palmeraie de Chaab Nacer(l'aval de l'oued Sebseb)(GUESSOUM, 2016).

III. Méthode d'échantillonnage

1. Méthode d'échantillonnage du sol

Nous avons prélevé des échantillons du sol dans les 3 palmeraies en hiver (mois de Janvier) et en été (mois de Juillet), pour caractériser morphologiquement le sol des régions étudiées.

Des prélèvements du sol ont été réalisés à l'aide d'une tarière sur (3) horizons H1 de 0 à 30 centimètres de profondeur, H2 de 30 à 60 centimètres de profondeur et H3 de 60 à 90 centimètres pour chaque palmeraie.

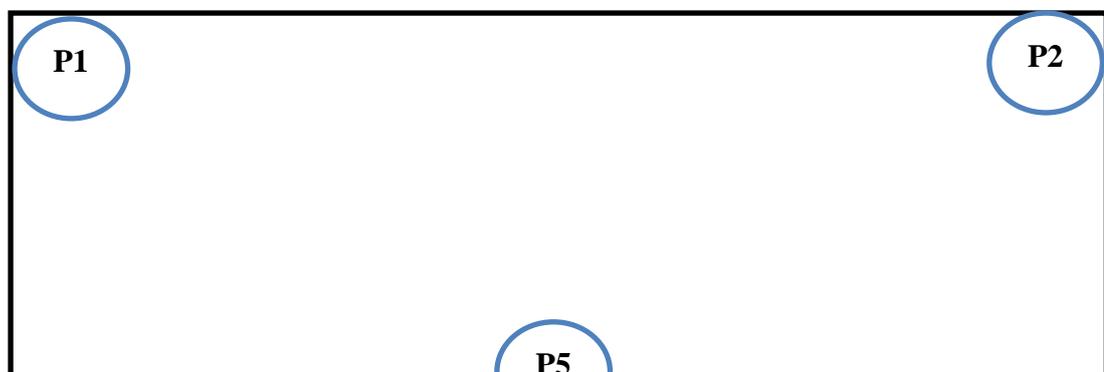
Nous avons échantillonné cinq (5) points avant et après irrigation pour chaque palmeraie, et sur deux saisons hiver et été. La méthode d'échantillonnage est systématique en diagonale (RAYEN *et al.*, 2003), suivant la figure (08). Le même plan d'échantillonnage est appliqué dans les trois (3) palmeraies (Fig. 07).

Les échantillons sont ensuite transportés, séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm séparant la terre fine de la fraction grossière. C'est sur cette terre fine qu'on a réalisé une série d'analyses portant sur la salinité du sol exprimés par la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (rapport sol/eau), le pH et le calcaire total.

2. Représentativité des échantillons d'eau

Avant de prélever un échantillon d'eau, il faut s'assurer de la représentativité de l'échantillon. Une bonne représentativité des échantillons repose sur :

- L'utilisation de l'eau pour des besoins agricoles ;
- L'accessibilité pour les prélèvements des points d'eau ;
- Renouvellement de l'eau par pompage ou soutirage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut échantillonner (RODIER, 2005).



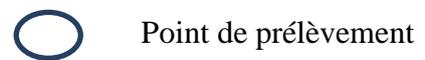


Figure n° 08: Schéma récapitulatif du plan d'échantillonnage.

2.1. Stockage des échantillons

Les principes suivants sont à suivre :

- Après la mise en flacon et l'étiquetage, l'échantillon doit être placé dans une mallette de transport qui permet de le maintenir au frais et qui le préserve de la lumière, des poussières et des salissures;
- Le transport de l'échantillon au laboratoire se fera dans les plus brefs délais. En pratique, l'échantillon doit être prélevé dans un délai de 24 heures au maximum (RODIER, 2005);
- Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5 °C.

Pour l'analyse des données nous avons utilisé le logiciel d'AQUACHEM (version 3,70) qui a permis de déterminer le faciès chimique selon le diagramme de Piper.

VI. Méthodes d'analyse

1. Méthodes d'analyse d'eau d'irrigation

Les mesures physico-chimiques et les analyses chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'ADE de Ghardaïa. Les analyses ont porté sur : la conductivité électrique, le pH, le résidu sec et le bilan ionique.

1.1. Mesure du pH

La mesure du pH a été faite à l'aide d'un pH mètre.

Principe

Le pH est l'acidité, s'exprime par la concentration des ions hydrogène [H⁺] présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ (ISO, 1984).

1.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Principe

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

1.3. Turbidité

La mesure de la turbidité a été faite à l'aide d'un turbidimètre.

- **Principe**

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (ISO, 1984).

1.4. Dosages des cations

1.4.1. Dureté totale (titre hydrométrie)

Le TH permet d'indiquer la teneur globale combinée en sels de Ca^{2+} et Mg^{2+} par la méthode complexométrique (complexation avec l'E.D.T.A.).

$$\text{DURETE TOTALE} = \text{dureté calcique} + \text{dureté magnésienne}$$

- **Principe**

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur (ISO, 1984).

1.4.2. Calcium

Titrimétrie à l'EDTA.

- **Principe**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tetraacétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur.

- **Calcul**

Soit V (mL) le volume d'EDTA ajouté (0,02N)

$$\text{mg (Ca}^{2+}/\text{L)} = V \text{ (mL)} * F * 8,016$$

F : Facteur de dilution

1.4.3. Magnésium

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair (ISO, 1984).

- **Calcul**

Soit N (mL) le volume d'EDTA (0,02N) versé.

$$\text{mg (Mg}^{2+} / \text{L)} = (V_{\text{TH (mL)}} - V_{\text{Ca}^{2+} \text{ (mL)}}) * F * 4,86$$

1.4.4. Sodium et potassium

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme.

- **Principe**

Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du sodium et du potassium présents dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589.0 nm pour le sodium et de 766.5 nm pour le potassium (ISO, 1993).

1.4.5. Ammonium

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 μm.

- **Principe**

Mesure spectrométrique, du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium) (ISO, 1986).

1.4.6.Fer

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 μm .

- **Principe**

Addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe-rouge-orange à une longueur d'onde d'environ 510 nm (ISO, 1989).

1.5. Dosages des anions

1.5.1.Nitrates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 μm .

- **Principe**

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans un photomètre UV 440 μm avec le réactif sulfophérique (ISO, 1986).

1.5.2.Nitrites

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 μm .

- **Principe**

Réaction des nitrites avec, le diméthyle-2.6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques avec production du nitra-4diméthyle-2.6 phénol. La durée de la réaction est d'environ 05 minutes (ISO, 1986).

1.5.3. Orthophosphates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 μm .

- **Principe**

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonylphosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en orthophosphates présents. Les polyphosphates et certains composés organophosphorés sont dosés après transformation, par hydrolyse par l'acide sulfurique, en orthophosphates réagissant au molybdate (ISO, 1986).

1.5.4. TAC (Titre Alcalimétrique Complet)

Le dosage de TAC est effectué par titrimétrie.

- **Principe**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (RODIER, 2005).

1.5.5. Chlorures

Le dosage des chlorures est effectué par titrimétrie.

- **Principe**

Le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge de chromate d'argent (ISO, 1989).

1.5.6. Sulfates

Le dosage des sulfates est effectué par la méthode turbidimétrique.

- **Principe**

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement (RODIER, 2005).

2. Méthodes d'analyse du sol

Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire de géologie à l'Université de Ghardaïa, sauf l'analyse de sodium à été réalisées au laboratoire de l'université d'Ouargla Nous avons utilisé le matériel suivant :

2.1. Extraction d'une solution de sol 1/5 pour détermination le S.A.R.

- **Mode opératoire**

- Transférer 40.00 g de l'échantillon séché dans un flacon plastique ;
- Ajouter 200 ml d'eau distillée pour humecter le sol et fermer le flacon ;
- Placer le flacon à l'horizontal sur l'agitateur mécanique et agiter pendant 1 heure;
- Centrifugez à 3500 tours/minute pendant 30 minutes ;
- Filtrer directement Les surnageants dans des béchers sur papier filtre ;
- Ajouter 1 goutte de Toliene pour conserve la solution ;
- L'extrait doit être conservé au réfrigérateur (à environ 4°C) (DAOUD Y.et al. ,2012).

2.2. Dosage de Calcium, Magnésium et Sodium de l'extrait de sol

Une fois l'extraction des sels réalisée, analyse du filtrat et analyse d'eau se conduisent exactement de la même manière, les méthodes sont communes.

V. Analyses statistiques

1. Analyse de la variance à un facteur

Nous avons procédés à une analyse de variance à un facteur entre les échantillons du sol témoin et ceux du sol cultivé pour chaque paramètre et pour chaque horizon.

Les traitements des données obtenues fait appel à des approches statistiques. Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement. D'après DAGNILLIE (1975 in CHEIKH et NAKES, 2011) l'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes à partir de la variabilité des échantillons. Il permet suivant le niveau de la signification de déterminer l'influence

des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. La probabilité inférieure à 0,001 donne un effet très hautement significatif, à 0,01 un effet hautement significatif et à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05 on considère que l'effet n'est pas significatif.



Deuxième partie :
Résultats et Discussions



Chapitre III :
Qualité des eaux

Chapitre III : qualité des eaux d'irrigation

Les principaux paramètres de caractérisation d'une eau d'irrigation sont essentiellement la salinité, la sodicité (SERVANT, 1978) et le faciès chimique (SAFAR, 1983 in BOUZID, 1992).

D'après SERVANT (1978), la salinité est ordinairement exprimée par la conductivité électrique en $\mu\text{S/cm}$ à 25°C. La sodicité d'une eau traduit la propriété que possède cette eau à augmenter la proportion de sodium échangeable, quand elle est mise en contact prolongé avec le sol : irrigation, inondation, et remontée de la nappe. Le paramètre le plus utilisé pour déterminer la sodicité est le S.A.R (Sodium adsorption ratio).

Le laboratoire de Riverside a classé les eaux en fonction de leurs salinités et le danger d'alcalinisation qui peut se produire dans le sol (RICHARDS, 1954). Ce classement a été modifié par DURAND (1958) en ajoutant une cinquième classe de salinité C5, correspondant à des salinités supérieures à celles des eaux utilisées aux Etats-Unis.

Les résultats d'analyses des eaux d'irrigation des trois palmeraies sont présentés dans le tableau (02).

Tableau n°02 : Résultats d'analyse de l'eau d'irrigation des trois palmeraies.

	Jedide	Cheaab largoub	Cheaab Nacer
--	---------------	-----------------------	---------------------

pH		7.89	8,05	8
Résidu sec (mg/l)		948	5574	6562
C.E.µS/cm à 25°C		1109	4830	5760
TH (mg/l)		57,4	242,3	270,5
Turbidité NTU		0	0	0
Bilan ionique (mg/l)	Na⁺	55	555	637
	K⁺	10	48	52
	Ca⁺⁺	80	245	282
	Mg⁺⁺	90.9	440.3	486.4
	Fe⁺	0,08	0,06	0,12
	Faciès des cations	Mg - Ca	Na-Mg	Na-Mg
	Cl⁻	105	875	612
	SO₄⁻	335	2175	2975
	NO₃⁻	6	0	9
	NO₂⁻	0,004	0,006	0,024
	Faciès des anions	SO₄-Cl	SO₄-Cl	SO₄-Cl
Faciès chimique global	Mg- SO₄	Na- SO₄	Na- SO₄	
S.A.R.	5,95	29,98	32,5	

2. Risque de salinisation

D'après Durand (1958), Ce caractère permet de déterminer cinq classes d'eau d'après la relation entre la conductivité électrique à 25°C de l'eau et le danger de salinisation du sol (Annex.01).

2.1.Pour la palmeraie de Jedide (l'amont)

De point de vue salinité, les eaux de la palmeraie de Jedide appartiennent à la classe de salinité **C3** avec une conductivité électrique de 1109 µS/cm à 25°C, cette classe est caractérisée par des eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées.

2.2.Pour la palmeraie de Cheaab largoub (centre)

Les eaux d'irrigation échantillonnées dans cette palmeraie appartiennent à la classe de salinité **C4** avec une conductivité électrique de 4830 µS/cm à 25°C, cette classe est caractérisée par des eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très

perméables avec un bon drainage et avec une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

2.3. Pour la palmeraie de Cheaab Nacer (l'aval)

Les eaux de cette palmeraie appartiennent à la classe de salinité **C5** avec une conductivité électrique de 5760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C, cette classe est caractérisée par des eaux à salinité excessive, inutilisables sauf sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes comme le palmier dattier.

2. Risque d'alcalinisation du sol

L'irrigation du sol par une eau sodique favorise la dispersion des argiles et affecte la structure du sol, où le sol devient imperméable et asphyxiant (BENZAYET B, 2010).

Le danger d'alcalinisation du sol est estimé en fonction du sodium adsorbable par le sol, Ce risque est déterminé à partir du rapport du sodium adsorbable (sodium adsorption ratio, SAR) par la formule suivante :

$$\text{S.A.R} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\left(\frac{[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}]}{2}\right)}}$$

Les eaux échantillonnées appartiennent à deux classes de risque d'alcalinisation du sol (Annex.02):

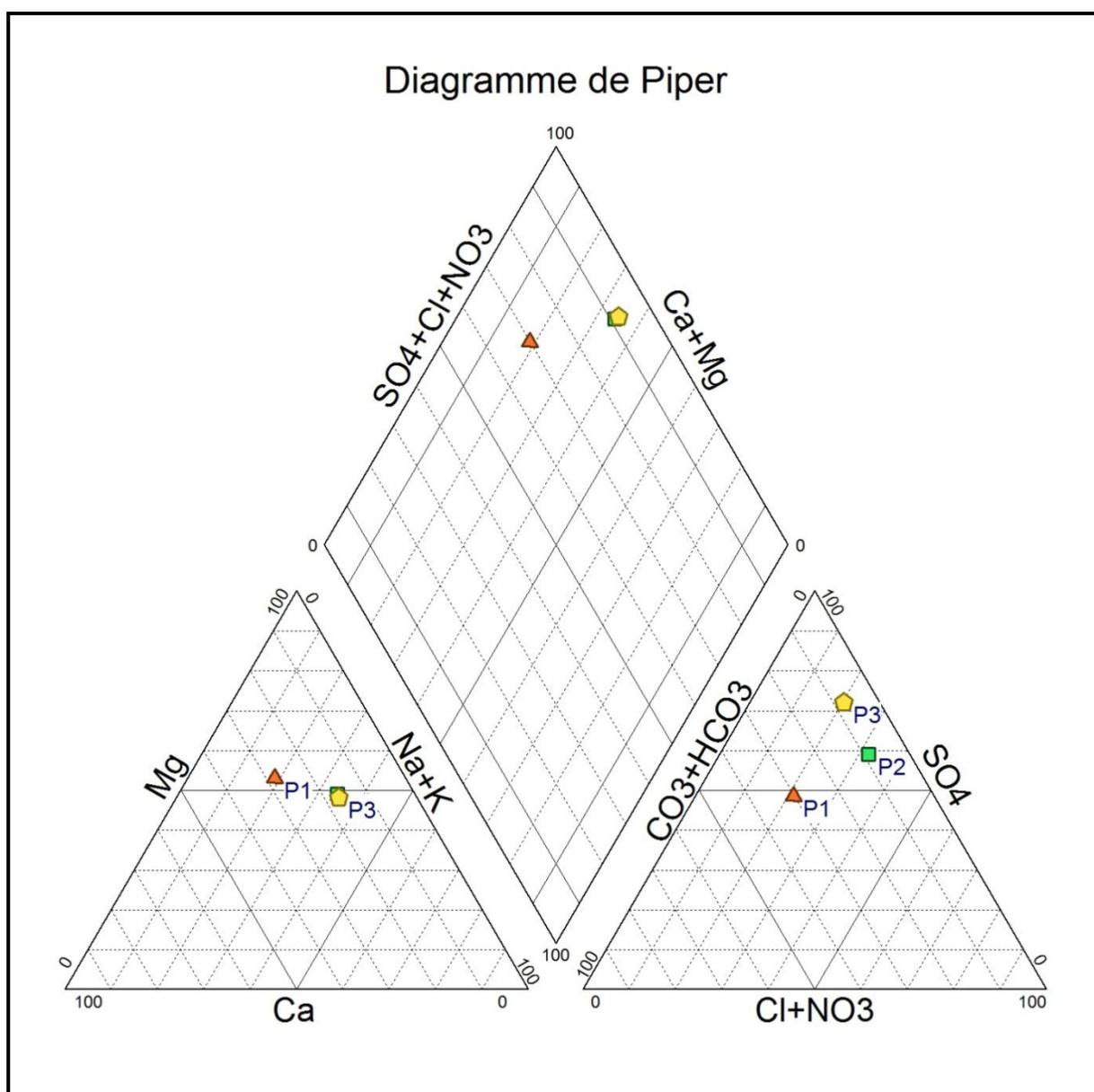
- **S1 : S.A.R. de 0 à 10** : eaux faiblement sodiques, utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées (avocatier). Cette classe comporte les eaux de Jedide avec un S.A.R de 5.95.
- **S4 : S.A.R. de 26 à plus de 30** : eaux très fortement sodiques, le danger d'alcalinisation est très fort, de telles eaux sont impropres à l'irrigation sauf si leur salinité est faible et permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment. Cette classe contient deux puits (Cheaab largoub, Cheaab Nacer) avec un S.A.R de 29.98 et 32.5 respectivement.

3. Faciès chimique

Selon le diagramme de Piper (Fig.09), la distribution des points d'eau analysés d'après leurs compositions chimiques dans les palmeraies montre que :

- Le Magnésium est le cation dominant pour l'eau de la palmeraie de Jedide et le Sodium pour les deux autres palmeraies (puits de Cheaab largoub et de Jedide).
- Le sulfate est l'anion dominant pour les eaux analysées des trois palmeraies.
- Le faciès chimique qui caractérise les eaux analysées est sulfatée-magnésique pour la palmeraie de Jedide et sulfatée sodique pour les deux autres palmeraies (Cheaab largoub, Cheaab Nacer).

:



Puit1 : Jedide ; **Puit2** : Cheaab Largoub ;

Puit3:Cheaab Nacer.

Figure n° 09: Faciès chimiques des eaux analysées des trois palmeraies d'après le Diagramme de PIPER.

4. Détermination des classes d'irrigation

Il y'a 20 classes d'eau dans le diagramme de l'U.S.S.L. (1954) modifier par DURAND (1958) dont la qualité pour l'irrigation variée en fonction de la salinité et la sodicité en même temps

D'après la figure 10, qui représente le diagramme de classification des eaux d'irrigation on constat que :

- Les eaux d'irrigation de la palmeraie de Jedide appartiennent à la classe d'irrigation **C3S1** qui est caractérisée par une qualité moyenne à médiocre, à utiliser avec précaution. L'utilisation de cette eau en irrigation nécessite un drainage adéquat avec l'application de doses de lessivage.
- les eaux d'irrigation de la palmeraie de Cheaab Largoub appartiennent à la classe d'irrigation **C4S4**, ces eaux sont déconseiller pour l'irrigation.
- Les eaux d'irrigation de la palmeraie de Cheaab Nacer appartiennent à la classe d'irrigation **C5S4**, ces eaux sont très déconseillées pour l'irrigation.

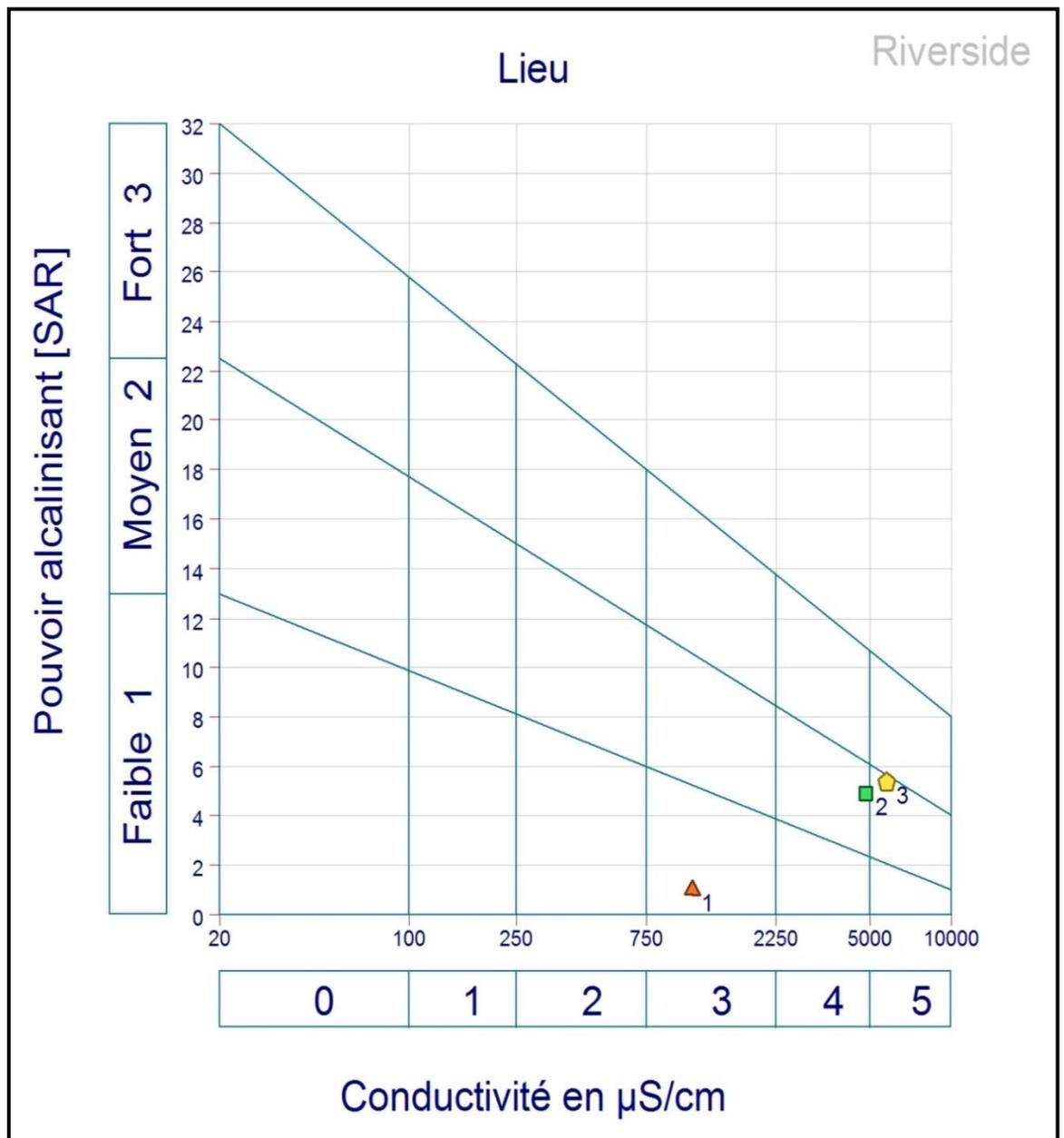


Figure n° 10 : Classification des eaux d'irrigation dans le site d'étude (Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND).

Chapitre IV : Etude de l'évolution de la sodication (S.A.R.) de solution des sols

1. Résultats analytique du S.A.R. dans la saison estivale

1.1. Palmeraie de Jedide

Les résultats d'analyses de suivi de la sodicité dans la palmeraie de Jedide, témoin, avant et après l'irrigation dans la saison estivale, sont représentés au tableau (03).

Tableau n°03: Evolution du S.A.R. dans le profil témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison estivale).

Horizons	Profondeur (m)	S.A.R.		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0,05	0,26	0,36
H2	30-60	0,08	0,27	0,26
H3	60-90	0,05	0,18	0,26

D'après le tableau (03), nous avons observé une légère augmentation du S.A.R. dans tous les horizons du profil après irrigation, le sol demeure *nonsodique* ($S.A.R. \leq 4$).

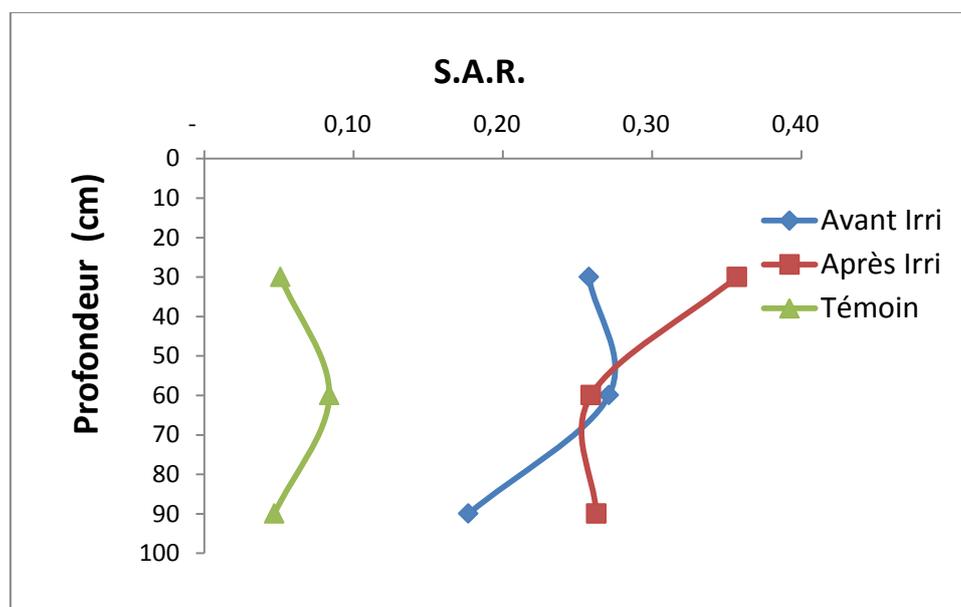


Figure n° 11: Evolution du profil S.A.R. témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison estivale).

Le profil du S.A.R.après irrigation est caractérisé par un maximum en surface alors qu'il évolue vers un profil caractérisé par un maximum en moyenne l'horizon de profil témoin et avant irrigation, donc la dynamique de profil est ascendant(Fig.11).

1.2. Palmeraie de Cheaablargoub

Les résultats d'analyses de suivi de S.A.R. dans les palmiers de Cheaab Largoub, témoin, avant et après 1'irrigation dans la saison estivale sont représentés au tableau (04).

Tableau n°04: Evolution de S.A.R. témoin,avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaablargoub (saison estivale).

Horizons	Profondeur (m)	S.A.R.		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0,14	0,31	0,29
H2	30-60	0,14	0,24	0,38
H3	60-90	0,04	0,21	0,22

D'après le tableau (04),le SAR subi une augmentation dans tous les horizons du profil après irrigation ,tandis que il y a une faible teneur du S.A.R. dans le témoin, le sol non alcalin(S.A.R. ≤ 4).

La figure (12), montre que le profil du S.A.R. témoin et avant irrigation est caractérisé par un maximum en surface alors qu'il évolue vers un profil caractérisé par un maximum en moyenne profondeur de profil après irrigation, le dynamique du S.A.R. est ascendant.

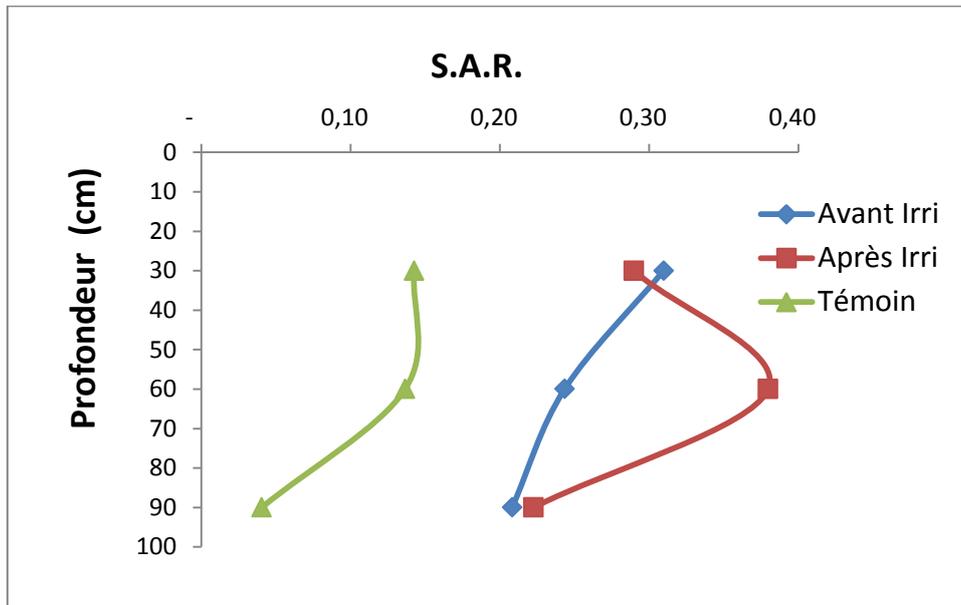


Figure n°12: Evolution du profil S.A.R. témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaablargoub (saison estivale).

1.3. Palmeraie de Chaab Nacer

Les résultats d'analyses de suivi de SAR dans les palmiers de Chaab Nacer, témoin avant et après l'irrigation dans la saison estivale, sont représentés au tableau (05).

Tableau n°05: Evolution de SAR avant et après irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (saison estivale).

Horizons	Profondeur (m)	SAR		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0,14	0,35	0,34
H2	30-60	0,07	0,44	0,33
H3	60-90	0,18	0,28	0,31

D'après le tableau (05), nous avons remarqué une augmentation du SAR dans tous les horizons du profil avant irrigation, sauf à l'horizon H3 est diminué, le sol non alcalin .

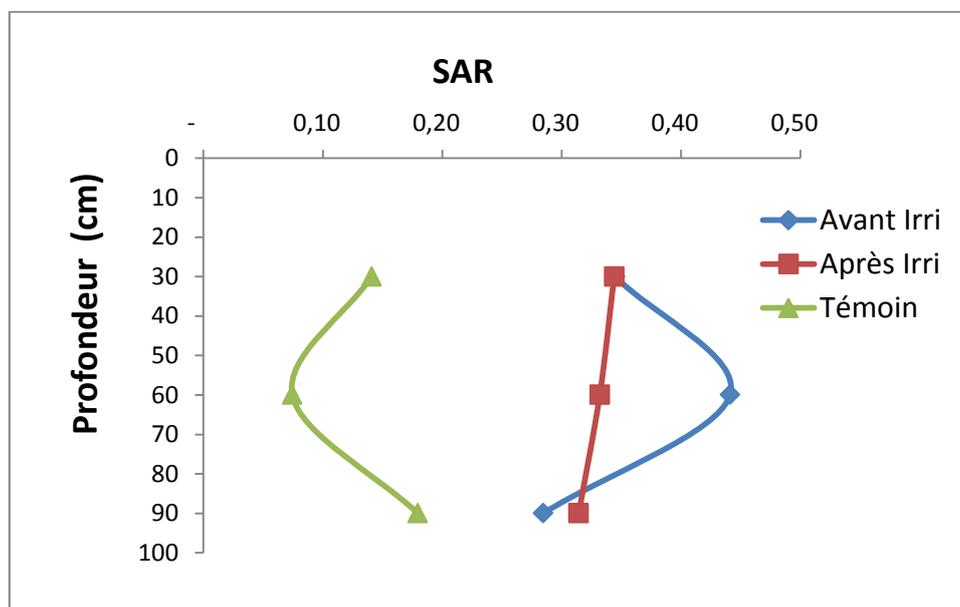


Figure n°13: Evolution du profil sodicité témoin avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab Nacer (saison estivale).

La figure (13), montre que le profil du SAR avant irrigation est caractérisé par un maximum en moyenne horizon alors qu'il évolue un maximum en surface horizon après irrigation (dynamique ascendant), et caractérisé par un maximum en profondeur de profil du témoin (dynamique descendant).

2. Résultats analytique du S.A.R. dans la saison hivernale

2.1. Palmeraie de Jedide

Les résultats d'analyses de suivi du S.A.R. dans la palmeraie de Jedide, témoin, avant et après l'irrigation dans la saison estivale, sont représentés au tableau (06).

Tableau n°06: Evolution de S.A.R. dans le profil témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Jedide (saison hivernale).

Horizons	Profondeur (m)	S.A.R.		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0.06	0.29	0.06
H2	30-60	0.14	0.33	0.14
H3	60-90	0.16	0.26	0.16

D'après le tableau (06), nous avons observé une augmentation de S.A.R. dans tous les horizons du profil avant irrigation, par contre il y a une diminution de S.A.R. dans tous les horizons du profil après irrigation jusqu'à l'état naturelle (témoin), le sol demeure non alcaline ($SAR \leq 4$).

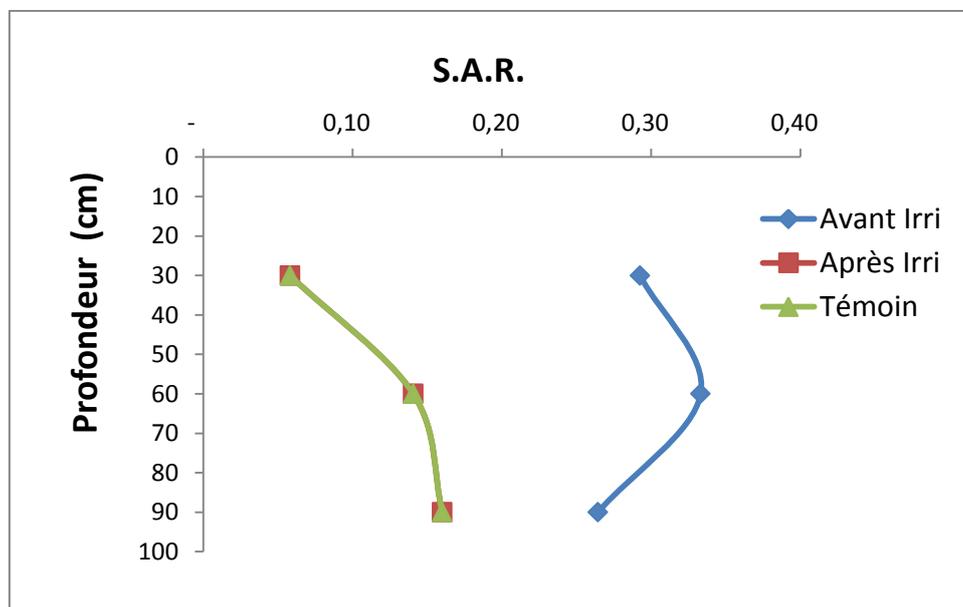


Figure n° 14 : Evolution du S.A.R. dans le profil témoin avant et après l'irrigation dans la palmeraie de Jedide (hivernale).

Le profil du S.A.R. avant irrigation est caractérisé par un maximum en moyenne profondeur, alors qu'il évolue vers un profil caractérisé par un maximum en profondeur de profil témoin et après irrigation (Fig.14).

2.2.Palmeraie de Cheaab largoub

Les résultats d'analyses de suivi de la sodicité (S.A.R.) dans la parcelle de Cheaab Largoub, témoin, avant et après l'irrigation dans la saison hivernale sont représentés au tableau

Tableau n°07 : Evolution de S.A.R. témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub (saison hivernale).

Horizons	Profondeur (m)	S.A.R.		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0.18	0.35	0.18
H2	30-60	0.06	0.33	0.06
H3	60-90	0.19	0.27	0.19

Les résultats d'analyses (tableau(07, montrent une diminution avant irrigation de S.A.R. vers la profondeur témoin, due à l'entraînement des sels vers la profondeur par la lixiviation, par contre il y a une légère augmentation dans l'horizon H3 dans le profil témoin et après irrigation. Le sol reste non alcaline.

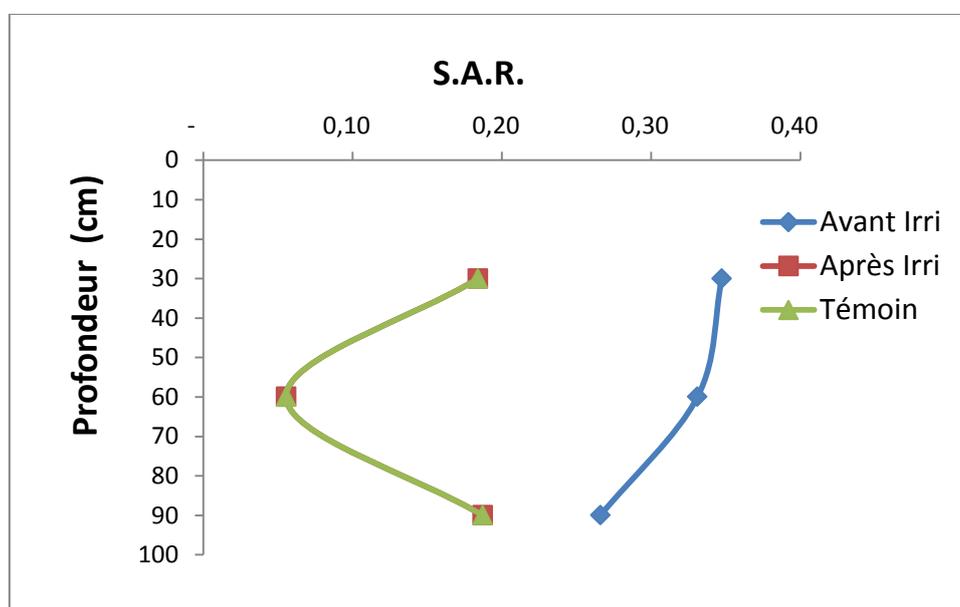


Figure n°15 : Evolution du profil S.A.R. de témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Cheaab largoub (saison hivernale).

La figure (15), montre que le profil du S.A.R. avant irrigation est caractérisé par un maximum en surface (ascendant), alors qu'il évolue vers un profil caractérisé par un maximum en profondeur des profils témoin et après irrigation (descendant).

2.3. Palmeraie de Chaab Nacer

Les résultats d'analyses de suivi du S.A.R dans la parcelle témoin, avant et après l'irrigation sont enregistrés au tableau (08).

Tableau n°08: Evolution de S.A.R témoin, avant et après irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (saison hivernale).

Horizons	Profondeur (m)	S.A.R.		
		Témoin	Avant Irri	Après Irri
H1	0-30	0.10	0.34	0.10
H2	30-60	0.15	0.28	0.15
H3	60-90	0.24	0.59	0.24

Selon le tableau (08), nous avons observé une augmentation de S.A.R dans l'horizon H3 témoin, avant et après irrigation. Le sol non alcalin.

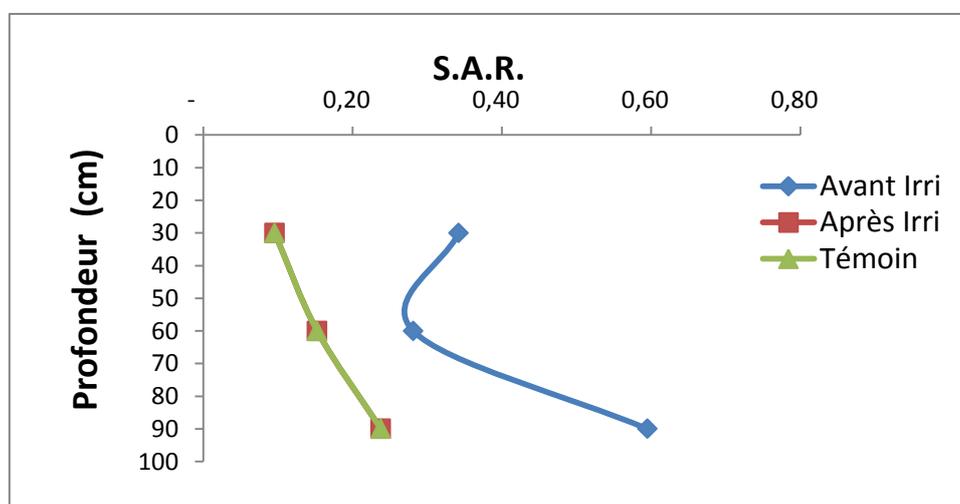


Figure n°16 : Evolution du S.A.R. dans le profil avant et après l'irrigation dans la palmeraie de Chaab Nacer (hivernale).

Le profil de S.A.R est caractérisé par un maximum en profondeur témoin avant et après irrigation, qui on montre par accumulation des sels (dynamique descendant).

3-Evolution du SAR dans la solution de sol

3.1. Saison estivale

L'analyse de la variance indique une différence très hautement significative pour le SAR après irrigation et le témoin, le SAR avant irrigation et le témoin ($F = 24,974$; $P < 0.0001$, T.H.S). Par contre aucun effet significatif de l'interaction du SAR après irrigation et avant irrigation ($F = 24,974$; $P = 0,720$, N.S) (Fig.17)

3.2.Saison hivernale

L'analyse de la variance a révélé un effet très hautement significative sur les deux interactions, le SAR avant irrigation et après irrigation, le SAR avant irrigation et témoin ($F = 18,244$; $P < 0.0001$, T.H.S). En revanche aucun effet significative entre le SAR après irrigation et témoin ($F = 18,244$; $P = 1,000$, N.S) (Fig.18).

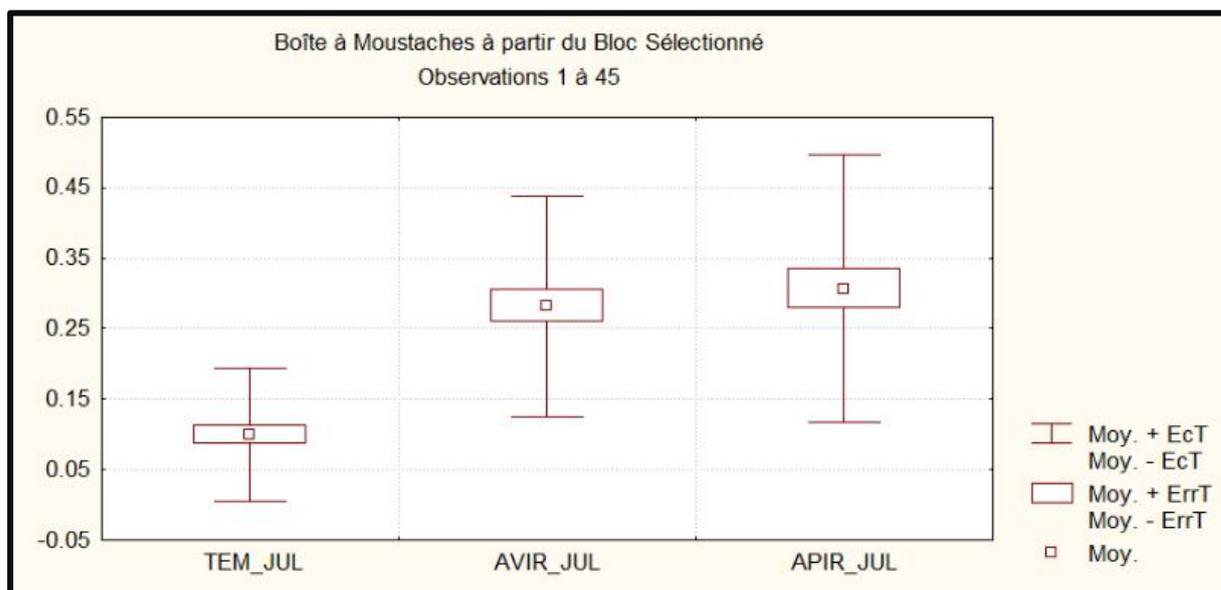


Figure n° 17-. Boîte à moustaches de la variation du S.A.R. de la solution de sol dans les profils témoin, avant et après irrigation (saison estivale).

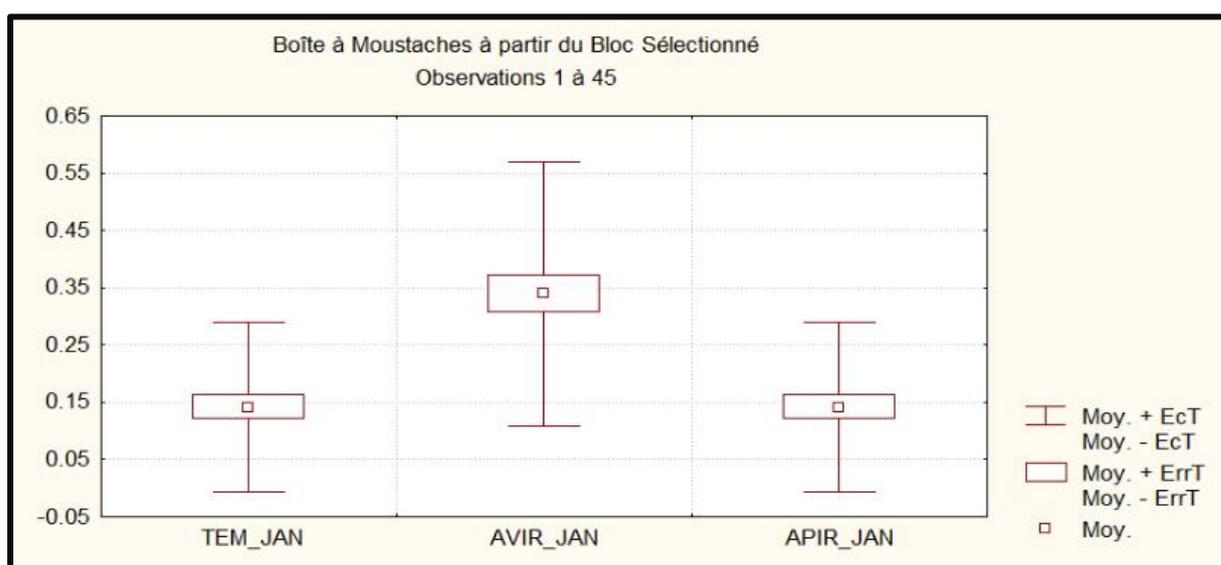


Figure.n° 18.Boîte à moustaches de la variation du S.A.R. de la solution de sol dans les profils témoin, avant et après irrigation (saison hivernale).

4. Discussion générale

Tous les échantillons prélevé montrent que les sols des trois palmeraies dans les deux parcelles cultivée et non cultivée (témoin), ne sont pas affecté par le phénomène d'alcalinisation.

Dans la parcelle non cultivée, nous avons enregistré une fluctuation dans les valeurs du S.A.R. entre les deux saisons, ce qui indique une légère augmentation dans la saison hivernale par rapport à la saison estivale, cela est due à l'influence climatique sur la qualité de sol, surtout l'impact des précipitations.

Dans la parcelle cultivée avant irrigation, nous avons constaté une augmentation du SAR dans l'hiver par rapport à l'été. Cela est expliqué par la remontée capillaire du sodium de la nappe phréatique.

Malgré le risque d'alcalinisation des eaux d'irrigation appliquées sont varié entre faiblement sodique et très fortement sodique (**S1, S4**), la sodicité du sol n'a pas été affecté d'une façon remarquable, nous n'avons enregistré qu'une légère augmentation du SAR après l'irrigation dans la saison estivale ce qui est due à l'application d'une forte dose d'irrigation. Par contre, dans la saison hivernale, nous avons remarqué une diminution du S.A.R. après irrigation dans tous les horizons, due à la lixiviation des sels par les eaux d'irrigations.

Durant la saison estivale, nous avons enregistré dans la parcelle cultivée une augmentation du S.A.R. après irrigation dans tous les horizons profonds, ce qui est probablement due à la migration des sels et surtout du sodium vers les horizons profond (accumulation) par le phénomène de lixiviation (BENBRAHIM, 2001).

Pour l'horizon moyen, on constate une diminution du S.A.R. après l'irrigation dans les deux palmeraies (Jedide et Chaab Nacer), cela est dû à la lixiviation des sels (ion de sodium) vers la profondeur. Par contre, il ya une augmentation du SAR après irrigation dans la palmeraie de Chaab largoub, ce résultat montre une alternance entre le phénomène de remontée capillaire et celui de la lixiviation, ce qui provoque l'accumulation des sels dans l'horizon profond (BEN BRAHIM, 2001), sachant que le

couvert végétal est plus important dans la palmeraie de Chaab largoub que dans les autres palmerais.

Nous avons remarqué après l'irrigation, une diminution de valeur du SAR dans l'horizon de surface au niveau des deux palmeraies (Chaab largoub, Chaab Nacer), dû à l'entraînement du sodium soluble en moyen profondeur par l'eau d'irrigation, ce sodium qui a été accumulé dans l'horizon H2, a provoqué une élévation du S.A.R. dans cet horizon (KOULL, 2000). Au contraire, il y a une augmentation dans la palmeraie de jedide, Cela explique le phénomène de mouvement par capillarité des ions du sodium par l'eau de l'irrigation (BEN BRAHIM, 2001).

Dans la parcelle non cultivée, nous avons observé que le S.A.R. est faible par rapport à d'autre parcelle dans tous les horizons des trois palmeraies, due à la lixiviation des ions sodium par les eaux des pluies.

L'analyse de variance entre les données de S.A.R. dans les deux parcelles cultivée et non cultivée (témoin), montre une augmentation très hautement significative du S.A.R. dans la parcelle cultivée par rapport à la parcelle non cultivée. Cela est dû principalement à l'action de l'irrigation continue (dynamique de sodium). Le teste de Tukey a révélé deux groupes homogènes : le groupe A composé des parcelles : APIR, AVIR et le groupe B Témoin (Annexe 07). Cela signifie que la différence entre les deux groupes est significative (APIR vs Témoin) et (AVIR vs Témoin) et non significative dans la même parcelle (AVIR vs APIR).

Durant la saison hivernale, nous avons observé après l'irrigation une diminution des valeurs du S.A.R. dans tous les horizons de la parcelle cultivée. Les valeurs du S.A.R. sont devenu approximatives à ceux de l'état naturel (témoin).

Les résultats d'analyse montrent une augmentation de S.A.R. avant irrigation dans tous les horizons, cela est peut être expliqué par la remontée capillaire des sels de la nappe phréatique favorisé par une forte évapotranspiration, avec une diminution de valeur après irrigation, due à la migration des sels et surtout du sodium vers les horizons profond par le phénomène de lixiviation, ou bien la doses de lessivage appliqué est suffisant (BEN BRAHIM, 2001).

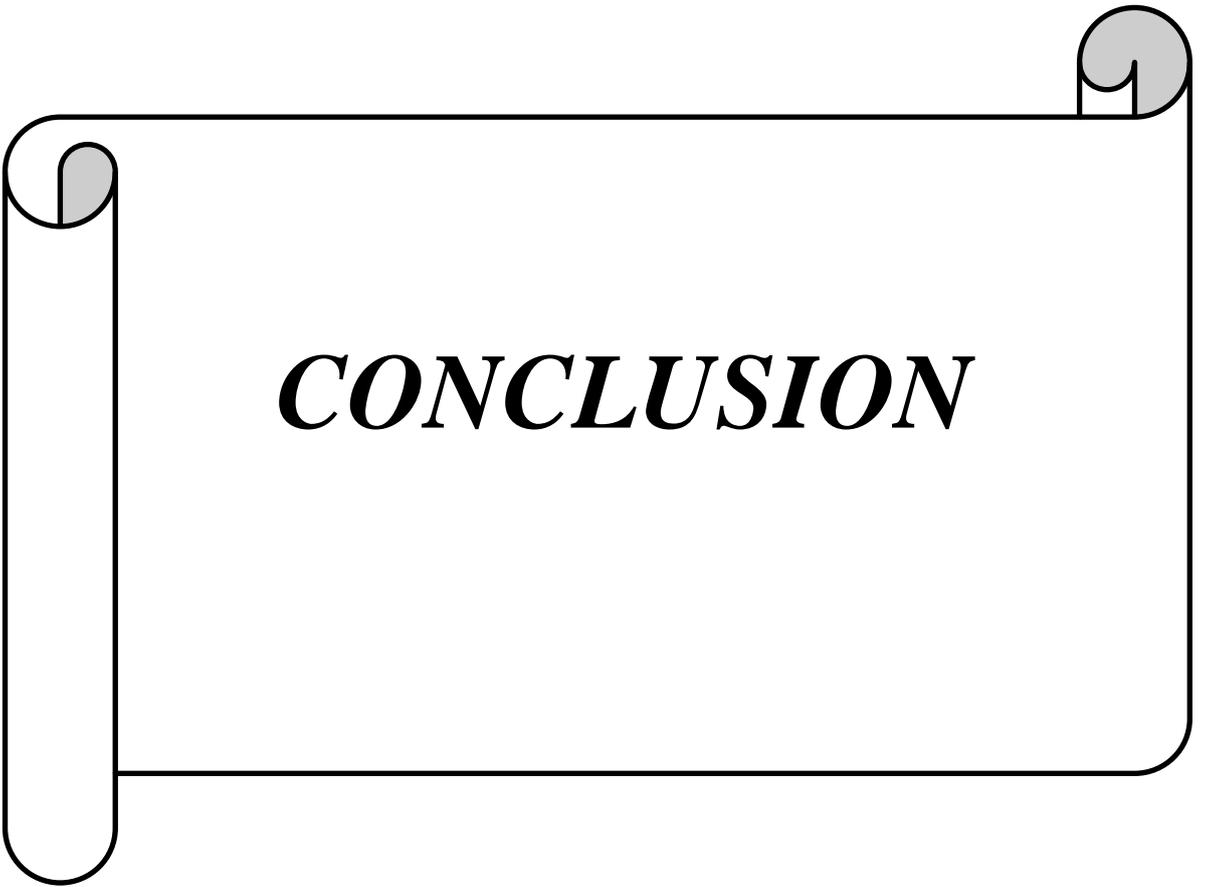
L'allure des profils avant irrigation montre une diminution du S.A.R. dans l'horizon profond pour les palmerais de Jedide et Chaab largoub, Ces résultats sont probablement dus à la remontée capillaire des sels (ion sodium), issues de la nappe

phréatique. Tandis que dans la palmeraie de Chaab Nacer, nous avons remarqué une augmentation du S.A.R. de l'horizon profond, cela montré par l'accumulation des sels dans cet horizon (la lixiviation) (KOULL, 2000).

Nous avons trouvé, avant irrigation une stabilité du S.A.R. de l'horizon moyen entre la palmeraie de Jedide et Chaab largoub, probablement due à la migration du sodium vers les horizons de surface.

L'analyse de variance dans les deux parcelles cultivée et non cultivée (témoin) à révéler une augmentation très hautement significative du SAR dans deux interactions (AVIR vs APIR) et (AVIR vs Témoin) (Annexe 08). Cela est dû probablement à l'action du phénomène de lixiviation (ion de sodium). Par contre, nous n'avons observé aucune signification entre S.A.R. du témoin et S.A.R. après irrigation, cela expliqué la dose de lessivage appliqué est suffisant, donc la dynamique des sels (sodium) vers les horizons profonds par le phénomène de lixiviation. Le teste de Tukey à révèlè deux groupes homogènes : le groupe A composé : AVIR et le groupe B :APIR, Témoin (Annexe 10).

L'analyse de variance entre les deux saisons estivale et hivernale résulté aucun signification ($F = 0.927$; $P = 0.336$, N.S)(Annexe 12). Cela est dû probablement à l'action de l'intensification agricole de (l'irrigation) sur la texture sableuse du sol. Le teste de Tukey à révèlè la modalité A (Annexe 13).



CONCLUSION

Conclusion

Notre étude, sur l'impact de l'intensification agricole (phoeniculture) dans les palmeraies de la région de Sebseb permet de caractériser le sol de cette région et d'étudier l'évolution de sodium adsorption ration du solution de sol, dans les trois parcelles (l'amont, centre et l'aval d'oued Sebseb).

A la lumière des résultats de caractérisation analytiques, nous avons constaté que les sols de ces palmeraies sont caractérisés par des sols non sodiques, qui présente des sols non alcaline ($4 < SAR$), Les résultats d'analyses montrent que les sols des trois palmeraies sont non sodique dans tous les horizons de témoin, avant et après irrigation et sur les deux saisons (estivale et hivernal).

Les résultats d'analyse ont montré que les eaux d'irrigation appliquée sont variée à **(C3- S1)** pour la palmeraie de Jedide, **(C4-S4)** pour la palmeraie de Cheaab largoub, et **(C5-S4)** pour la palmeraie de Cheaab Nacer. Ces eaux sont caractérisé par un facies sulfatée-magnésique pour lapalmeraie de Jedide et sulfatée sodique pour les deux autres palmeraies (Cheaab largoub, CheaabNacer).

L'étude de l'allure des profils du sodium adsorption ration avant et après, (témoin et irrigation) et entre les deux saisons estivale et hivernale, montre l'impact de la saison sur l'évolution du profil S.A.R., en effet, dans la saison hivernale, la dynamique ascendante par remontée capillaire est très lente à cause des températures faibles, ce qui réduit considérablement l'évapotranspiration et par conséquence ralenti la dynamique ascendante des sels. Quant à la dynamique descendante par lixiviation, la quantité des eaux utilisées en saison hivernale sont faibles et ne permettent pas une bonne lixiviation des sels, ce qui permet d'avoir une variabilité de profils S.A.R., dans cette saison.

Dans la saison estivale, l'impact couplé entre des quantités élevées d'eau d'irrigation appliquée et une évapotranspiration plus élevée que la saison hivernale est très apparent sur la dynamique ascendante par remontée capillaire , qui explique l'augmentation de S.A.R.

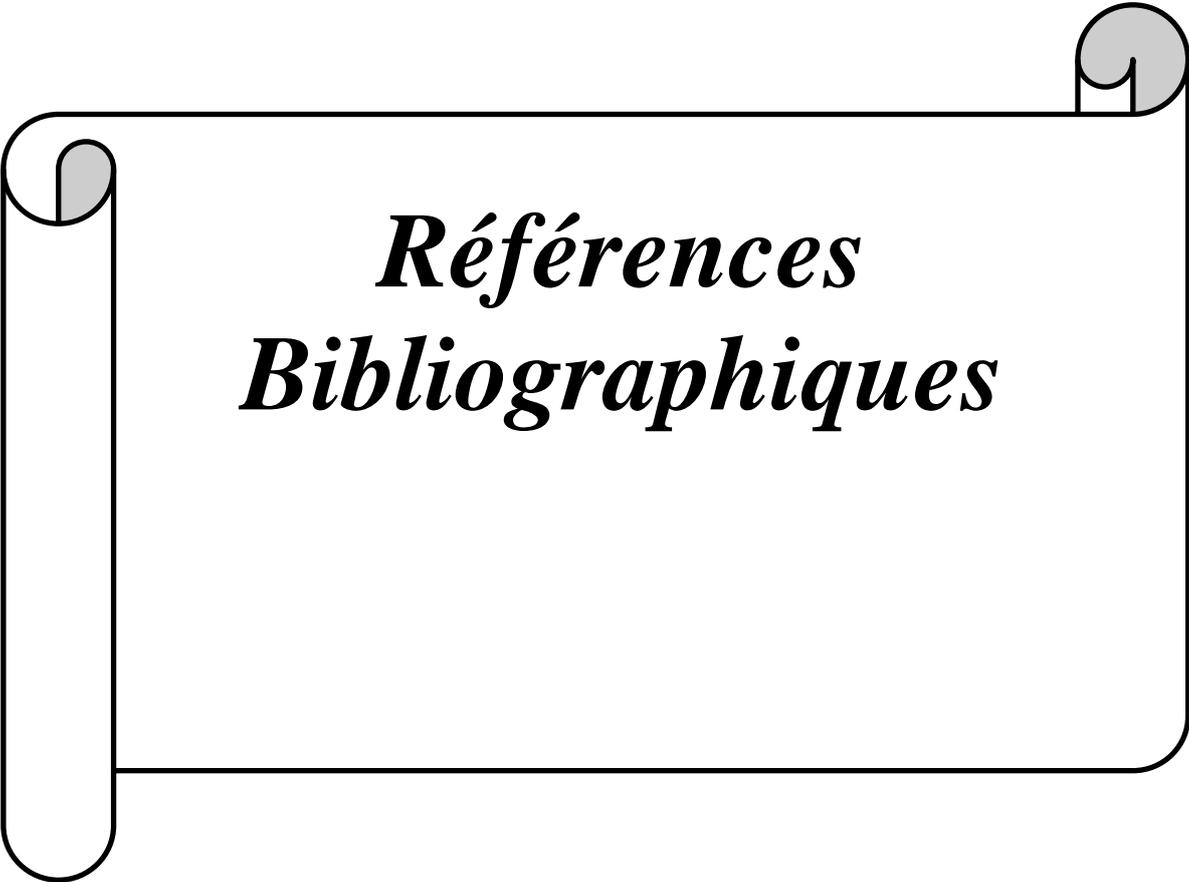
On conclue ce travail, la dynamique des sels est influencée dans la parcelle cultivée des trois palmeraies par la lixiviation (irrigation), la remontée capillaire et l'évapotranspiration. Dans la parcelle non cultivée la dynamique des sels est estimée en plus de la remontée capillaire, par la lixiviation (pluies), l'évaporation en plus de dans les profils.

Enfin, il serait souhaitable de ces résultats, qui il y a un impact agricole sur la sodicite du sol par irrigation, mais l'étude de sodium adsorbe ratio montre que les sols d'oued sebseb non sodique. Malgré que les eaux d'irrigation appliquées sont très salines, à cause de la texture sableuse de ces sols qui favorable l'infiltration de l'eau

L'étude de l'impact de l'intensification agricole (phoeniculture) dans les palmeraies, l'évolution du S.A.R. reste insuffisante et mérite d'être poursuivi en tenant compte de :

L'analyse complète du sol afin de mieux interpréter les résultats des analyses.

La caractérisation morphologique des sols.



*Références
Bibliographiques*

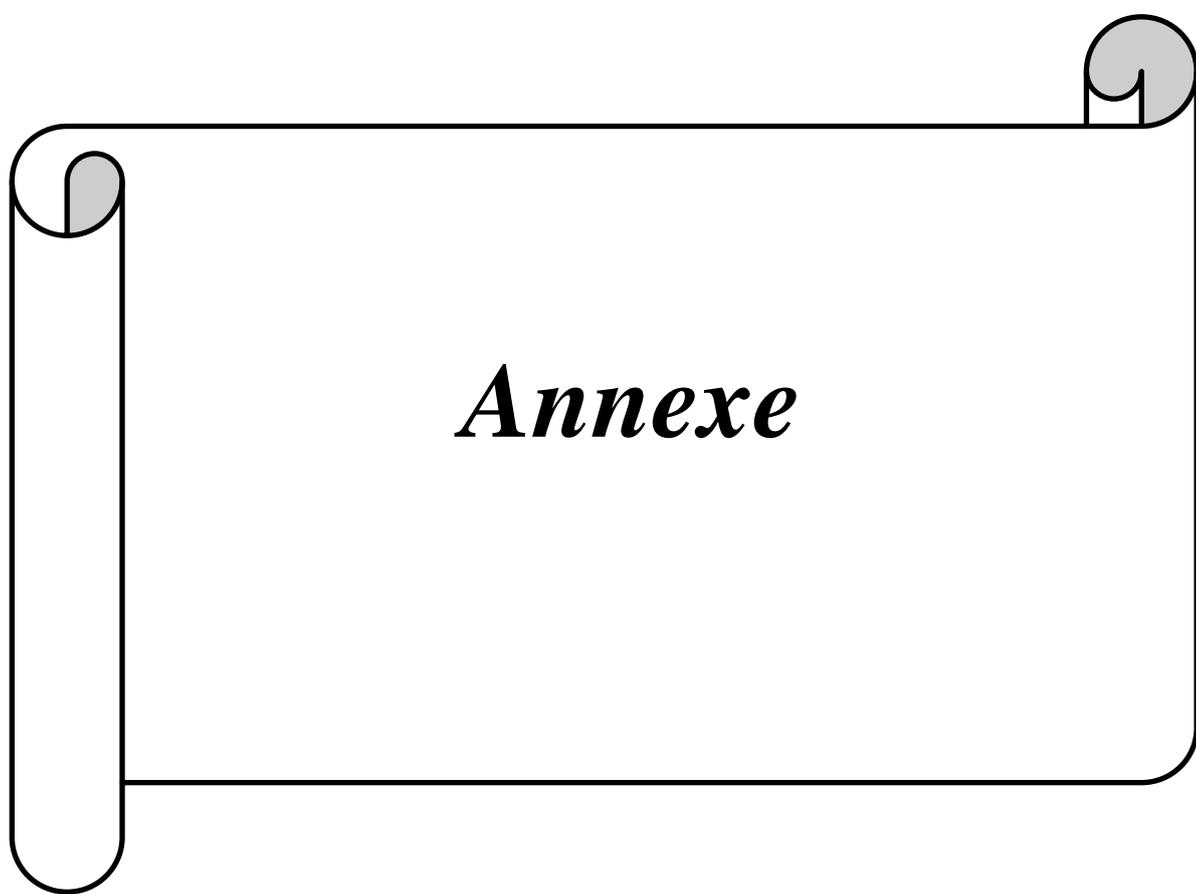
Références bibliographiques

1. **A.N.R.H., 2007** ; Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. Ed.
2. **A.N.R.H., 2011** ; Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa ; agen. nati. alg. ress. hydr ; 15p.
3. Agen. Nati. Alg. Ress. Hydr. 19 p.
4. **ALLAM. A., 2007** ; *Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (Phoenix dactylifera Linné, 1793) par Parlatoria blanchardi Targ. (Homoptera diaspididae Targ. 1892) dans quelques biotopes de la région de Touggourt.* Thèse. INRAA Touggourt. 88p.
5. **ATLAS, 2004** ; Agriculture de la wilaya de Ghardaïa. Ed. D.S.A., 22p.
6. **AUBERT G., 1960** ; Les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Projet majeur relatif aux recherches scientifiques sur des terres arides, colloque général sur les problèmes de la zone aride N°5, UNESCO/NS/AZ/514, Paris, p30
7. **AUBERT G., 1975** ; Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'I.N.A., Alger, 6 (1), pp. 185-195
8. **BEN BRAHIM. F., 2001** ; *Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette de Ouargla (Cas de l'exploitation de l'I.A.S.),* Mémoire. Ing, Ouargla, centre universitaire de Ouargla institut d'agronomie saharienne, 2001,119. biotopes de la région de Touggourt. Thèse. INRAA Touggourt. 88p.
9. **BENZAYET. B, 2010** ; *Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod* Mém. Ing, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger, 78p.
10. **BOUTEYRE. G., et LOYER Y., 1992** ; Sols salés eaux saumâtre des régions arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris.
11. **BOUZIDH., 1992** ; *Contribution à l'étude de la dynamique de la salinité dans un sol sableux sous irrigation par pivot (Gassi-touil).* Thèse Ing., I.N.F.S.A.S., Ouargla, 46 p.
12. **C.C.F.A (1960)**, Atlas régional des départements sahariens. Commandement en Chef des Forces en Algérie, Antenne de documentation géographique. 243 pages.

13. **CAPOTREY.R., 1953**; Le Sahara Français. Série géographie de l'union française. presses universitaire de France .p564
14. **CAUNEILLE. A., 1968** ; Les Chaâmba, leur nomadisme. Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris France. p317.
15. **CHEIKH H., NAKES N., 2011-** *Recherche de l'activité allélopathique chez quelques plantes spontanées du Sahara sur quelques espèces adventices associées à la culture de blé dur dans la région d'Ouargla.* Mem. Ing. Univ. Ouargla ,95p.
16. **CHERBUY B., 1991-** Les sols salés et leur réhabilitation. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie Rennes. 124p.
17. **CHERBUY B., 1991-**Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
18. **D.F.W.G., 2014** ; Annuaire statistique de wilaya de Ghardaïa 2014. Direction de forêt de wilaya de Ghardaïa.
19. **D.P.A.T., 2005** ; Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, p142. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Ghardaïa .Monographie La Wilaya De Ghardaïa (année 2004).
20. **D.P.A.T., 2010** ; Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 140 P.
21. **DAOUD, Y., et al , 2012**; *Evolution de la salinité dans les périmètres de mise en valeur et conséquences sur la diminution des rendements du blé dans une région saharienne: cas de la région d'Adrar Algerian journal of arid environment, vol. 2, n° 2,pp4 -15*
22. **DAREM. S, 2013** ; *Impact de l'intensification agricole (phoeniculture) sur la variation du pH et du taux de calcaire total dans la région de Ghardaïa (cas de Zelfana)* ; Mémoire MASTER ; Université de Ghardaïa ; 76 P.
23. **DUBIEF J, (1953)** ; Essai sur l'hydrologie superficielle du Sahara. Gouvernement General de l'Algérie, service des études scientifique .Clair bois Birmandreis (banlieue alger).457pages.
24. **DUBOST. D., 2002** ; *Ecologie, Aménagement et Développement Agricoles des Oasis Algériennes.* Thèse de Géographie. Edition CRSTRA Biskra. p423.
25. **DURAND. J.H., 1958** ; Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, p190.Handbook N° 60, Washington, 160p.

- 26. GEUSSOM.H, BENBRAHIM.F, HALILLAT.M.T, LAOUAR.F, BENSALAMA.M, et DAREM.S., 2013** ; Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la Ghardaïa(cas de sebseb). International Journal of Environnement et water ISSN2052-3408, Vo 13,Issue1, 2014, p35-43
- 27. HALITIM A., 1973.** *Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture.* Thèse de 3^{ème} cycle. Univ de Renne, 176 p
- 28. HOUICHITI. R., (2009),** *Caractérisation d'un agrosystème saharien dans une perspective de développement durable : Cas de l'Oasis de SEBSEB (Wilaya de GHARDAIA).* Mémoire magister d'Agronomie Saharienne, Option Gestion des agrosystèmes Sahariens. Unvi. Ourgla, Département de Science agronomique. 87 p.
- 29. I .N.C.E.T.2010 ; Institut National de Cartographie et de Télédétection (2004).** *DJA-ZAÏROUNA l'atlas pratique de l'Algérie.*
- 30. ISO, 1984.** Qualité de l'eau. NA 1653, ISO 6058. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, p4.
- 31. ISO, 1986.** Qualité de l'eau.NA 1848, ISO 6332. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, p3.
- 32. ISO, 1989.** Qualité de l'eau. NA752, ISO 5813. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, p5.
- 33. ISO, 1993.** Qualité de l'eau. NA 2364, ISO 9964/3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, p20.
- 34. KOULL N. ,2000 ;***Effets de la matière organique sur les propriétés physique et chimique des sols sableux de la région de Ouargla.*mémoire magister d'agronomie saharienne Option protection des écosystèmes en zone arides . Unvi. Ourgla, 78p.
- 35. LAOUAR, K., 2016,** *Variation saisonnière de quelques propriétés du sol dans la région de Ghardaïa (cas de la palmeraie de Sebseb);* Mémoire MASTER ; Université de Ghardaïa ; 95 P.
- 36. LAOUAR. F., 2013 ;** *Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (Cas de Sebseb)* Mémoire MASTER. Université de Ghardaïa.

- 37. LARSON W.E., PIERCE F.J., 1992-** Conservation and enhancement of soil quality In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Vol. 2: Technical papers. Bangkok, Thailand: International Board for Research and Management. IBSRAM Proceedings No. 12 (2). pp. 175-203.
- 38. MADANI D., 2008** – *Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en ZONE à déficit hydrique*. Mém. Mag. Univ Batna ,119 p.
- 39. NOOMENE., 2011.** Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de Kalâcat Landelous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge, mémoire online.
- 40. O.N.M., 2017** ; Office National de Météorologie de Ghardaïa.
- 41. PASSAGER P., (1958)**, Metlili des Chaâmba, Sahara Algérois. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. PP 508-574.
- 42. PASSAGER. P., 1959** ; Metlili des Chaâmba, Sahara Algérois. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. PP 508-574
- 43. RICHARDS L.A.,1954;** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A, Handbook N° 60, Washington, 160p
- 44. RODIER. J., 2005** ; Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 1383p.
- 45. SAIDI D., LE BISSONNAIS Y., DUVAL O., DAOUD Y., HALITIM A., 2004** ;effet du sodium échangeable et la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du bas Chélif (Algérie). Étude et gestion des sols, pp.137-148.
- 46. SERVANT J.M., 1978** ; La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull. B.R.G.M., Sect. N°2, pp. 123-142.
- 47. U.S.S.L., 1954;** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Salinity Laboratory U.S.D.A, Handbook N° 60, Washington, 160 p.
- 48. URBATIA, (1996)**, Plan Directeur de l'Aménagement Urbain (PDAU) de la commune de Sebseb, Rapport d'orientation, Phase finale. Bureau d'Etudes pour l'Urbanisme et le Bâtiment URBATIA. Agence de Ghardaïa. 75 pages.



Annexe

Annexe

Annexe 01 :Classes de la salinisation d'eau (Durand, 1958).

Classes	C.E. à 25°C (dS/m)	Interprétation
C1	< 0,25 dS/m	eaux non salines, utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des terrains avec peu de chances d'apparition de salinité dans le sol.
C2	entre 0,25 et 0,75	eaux à salinité moyenne, utilisables avec un léger lessivage.
C3	entre 0,75 et 2,25	eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées.
C4	entre 2,25 et 5	eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et avec une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.
C5	>5	eaux à salinité excessive, inutilisables sauf sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes comme le palmier dattier.

Annexe 02 : Danger d'alcalinisation des eaux (l'U.S.S.L., 1954).

Classes	S.A.R.	Interprétation
S1	0 à 10	eaux faiblement sodiques, utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées (avocatier) ;
S2	10 à 18	eaux moyennement sodiques, le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et a forte capacité d'échange. Ces eaux sont utilisables sur les sols à texture grossière ou en présence de gypse ;
S3	18 à 26	eaux fortement sodiques, pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, leur emploi exigera la mise en œuvre d'un aménagement spéciale ; bon drainage, fort lessivage, addition de matières organiques ;
S4	26 à plus 30	eaux très fortement sodiques, le danger d'alcalinisation est très fort, de telles eaux sont impropres à l'irrigation sauf si leur salinité est faible et permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment.

Annexe 03 : Classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958).

Classe	Qualité	Interprétation
C1 – S1	Bonne qualité	Précaution avec les plantes sensibles
C1 – S2 C2 – S1	Qualité moyenne à bonne	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitières).
C2 – S2 C1 – S3 C3 – S1	Qualité moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse
C1 – S4 C2 – S3 C3 – S2 C4 – S1	Qualité médiocre à mauvaise	Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C2 – S1 C4 - S2 C3 – S3	Qualité mauvaise	A utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risque élevés. Lessivage et apports de gypse indispensable
C3 – S4 C4 – S3	Qualité très mauvaise	A utiliser que dans des circonstances exceptionnelles
C4 – S4	Déconseiller pour l'irrigation	
C5 – S1 C5 – S2 C5 – S3 C5 – S4	Très déconseillé pour l'irrigation	

Annexe 04 : Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation

des sols (SERVANT et al., 1966 in BENZAHI, 1994).

S.A.R.	Degré d'alcalinisation
≤ 4	Pas d'alcalinisation
$4 < \text{S.A.R.} \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < \text{S.A.R.} \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < \text{S.A.R.} \leq 18$	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

Annexe 05 : Analyse de la variance de la saison estivale.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	
Modèle	2	1,152	0,576	24,974	< 0.0001	THS
Erreur	132	3,045	0,023			
Total corrigé	134	4,198				

Annexe 06 : Analyse des différences entre les modalités Le teste deTukeydu la saison estivale

Contraste	Différence	Différence standardisé	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif	
SAR APIR vs Témoin	0,207	6,471	2,371	< 0.0001	Oui	THS
SAR APIR vs SAR AVIR	0,025	0,774	2,371	0,720	Non	NS
SAR AVIR vs Témoin	0,182	5,697	2,371	< 0.0001	Oui	THS

Annexe 07 : Analyse des différences des groupements du la session estivale.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
SAR APIR	0,307	A	
SAR AVIR	0,282	A	
Témoin	0,100		B

Annexe 08 : Analyse de la variance de la saison hivernale.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	
Modèle	2	1,176	0,588	18,244	< 0.0001	THS
Erreur	132	4,254	0,032			
Total corrigé	134	5,430				

Annexe 09 : Analyse des différences entre les modalités Le test de Tukey de la session hivernale

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif	
SAR AVIR vs SAR APIR	0,198	5,231	2,371	< 0.0001	Oui	THS
SAR AVIR vs Témoin	0,198	5,231	2,371	< 0.0001	Oui	THS
Témoin vs SAR APIR	0,000	0,000	2,371	1,000	Non	NS

Valeur critique de Tukey : 3,353

Annexe 10 : Analyse des différences des groupements de la session hivernale

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
SAR AVIR	0,339	A	
SAR APIR	0,141		B
Témoin	0,141		B

Annexe 11 : Analyse de la variance entre les deux saisons estivales et hivernales.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F		
Modèle	1	0,033	0,033	0,927	0,336	non significatif	
Erreur	268	9,628	0,036				
Total corrigé	269	9,661					

Annexe 12 : Analyse des différences entre les modalités Le test de Tukey entre les deux sessions estivales hivernales.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif	
SAR Jul vs SAR Jan	0,022	0,963	1,969	0,336	Non	pas de différence significative entre les saisons

Annexe 13 : Analyse des différences des groupements entre les deux sessions estivales et hivernales

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
SAR Jul	0,229	A
SAR Jan	0,207	A