



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

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

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie végétale

Thème

Etude de l'impact de l'activité agricole sur la salinité du sol dans la région de Ghardaïa (cas de la palmeraie d'EL ATTEUF)

Par :

ALOUI Saadia

BABA AMER DJALMEM Aicha

Jury :

Mr . BENBRAHIM Fouzi	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Melle. DAREM Sabrina	Assistante	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
Mr. KHELLAF Khoudir	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2013/2014

DÉDICACES :

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ En premier lieu, à mes parents **AMMAR** et **AICHA** qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.
- ❖ Mes grands pères : **Messaoud** et **Brahime**, et ma chère grand mère **APPA** « Fatima » et à la mémoire de ma grand mère **Khadidja**.
- ❖ Mon cher frère pour son encouragement indéfectible: **Khaled** et sa fiancée : **Meriem**
- ❖ Mes adorables sœurs : **Houria**, **Hadda Yasmine** et **Naima**.
- ❖ Mes oncles : **Ahmed**, **Youcef**, **Smail**, **Jeloul**, **Mostafha**, **Miloud**, **Hassan**, **Ali**, **Omer**, **Houcin**, **Salim**.
- ❖ Mes tentes : **Safia**, **Fatima**, **Fatima**, **Zayneb**, **Zohra**, **Baya**, **Yamina**, **Halima** et **Khadidja**.
- ❖ A la mémoire de ma chère tente : **Souad**.
- ❖ Mes neveux: **Mohamed**, **Faysal**, **Abdljalel**, **Rayan**, **Hamza**, **Ali**, **Youcef**, **Yacine**, **Ahmed Ade**, **Mohamed**, **Wafa**, **Ibtesam**, **Mohamed Amine** **Salim**, **Karim**, **Toufik**, **Lotfi**, **Tasnime**.
- ❖ Toute la famille **BABA AMER DJELMEM** et **BOUCETTA**, **BAROUDE Abdelhamid**.
- ❖ A ma copine qui m'a beaucoup soutenu, la sœur laquella j'ai vue avec elle des moment inoubliable, je l'aurais jamais oublié, c'est à vous : **Rabab**
- ❖ Mes amies : **Amel**, **Asma**, **Hayat**, **Amel**, **Baya**, **Maryam**, **Kawtar**, **Asma**, **Aicha**, **Sara**, **Farah**, **Marwa**, **Asma**, **Noura**, **Mazoza**, **Asma**, **Wasila**, **Linda**, **Dalila**, **Sara** et **Fayza**
- ❖ A mon fiancé **AMINE**, l'homme qui possède une immense place dans mon cœur, mon prochain mari et je le remercie de ses conseil et sa patience avec moi.
- ❖ A ma chère : **Saadia** et toute sa famille
- ❖ A toute la promotion de biologie surtout ma promotion option: *Ecologie de l'année universitaire 2013/2014* et surtout : **Faradje** et **Imen**
- ❖ A tous mes enseignants du Département des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa.
- ❖ Tout qui me connaît de près ou de loin.

« **AICHA** »

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ *Mes parents : MOUHMED ET KHADIDJA QUE J'AIME BEAUCOUP ET QUE DIEU LES GARDE*
- ❖ *Ma grand mère*
- ❖ *Mes frères : MOUNIR , AHMED, LAKHDAR*
- ❖ *Mes sœurs : SALIHA, AMINA , MEBARKA, JOUHAINA, KHADRA*
- ❖ *Mes neveux: WIJDANE , MANAR, RAHIMOU , SAYOUHA, SARA*
- ❖ *Mes oncles, Mes tentes , mes cousins*
- ❖ *Tous mes amis spécialement : FATIMA, ASMA, NOURA, NAIMA, SAMIRA MAAMAR, TAYEB, SALIHA, KHADIDJA*
- ❖ *A ma chère : AICHA et toute sa famille*
- ❖ *Et sans oublier mes professeurs qui m'ont soutenue durant toutes mes années d'étude.*
- ❖ *Et tous les responsables et les travailleurs de l'Université de Ghardaïa*
- ❖ *En fin, je suis reconnaissante à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

SAADIA

Avant propos

- ❖ *Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir accordée la force, le courage et les moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail.*
- ❖ *Tout d'abord on Tient surtout à adresser nos plus vifs remerciements au Mr. **BENBRAHIM Fouzi** Maitre-Assistant (A) à l'Université de Ghardaïa. Qui Nous a permis de réaliser ce travail sous sa direction. Nous ne saurons jamais oublier sa disponibilité, son assistance et ses conseils judicieux durant la réalisation de ce travail.*
- ❖ *Nos vifs remerciements vont à Mlle Mlle. **DAREM Sabrina** Assistante à l'Université de Ghardaïa, d'avoir fait partie de l'encadrement de ce travail.*
- ❖ *Nos remerciements vont aussi à Mr. **KHELLAF Khoudir** Maitre-Assistant A l'Université de Ghardaïa pour avoir bien voulu examiner ce travail.*
- ❖ *Je tiens a exprimer ma gratitudes aux enseignants : **BABA AMER Zohra** (Maitre de conférences (B) et Mr. **BENSEMAOUNE Youcef** Maitre-Assistant (A) à l'Université de Ghardaïa, pour leurs conseils, aides et orientations durant notre formation.*
- ❖ *Un merci tout particulier à tous les enseignements du département des Sciences de la nature et de vie de l'Université de Ghardaïa et à mes collègues de 3^{ème} année Ecologie et Environnement.*
- ❖ *Je tiens à remercier également tous les membres du Laboratoire ainsi que Mr. **BOUCETTA Abed el Wahab** (agriculteur) pour l'accueil dans son palmeraie pour effectuer mes analyses et je n'oublierai pas tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin par leurs encouragements et leurs collaborations.*

LISTE DES ABREVIATIONS

<i>Na Cl</i>	Chlorure sodium
<i>NaSO₄</i>	Sulfate de sodium
<i>ds/m</i>	déci Semence par mètre
<i>pH</i>	Potentiel Hydrique
<i>Ca</i>	Calcium
<i>Mg</i>	Magnesium
<i>Na</i>	Sodium
<i>C.E.C</i>	Capacité d'échange cationique
<i>Fe</i>	Fer
<i>TH</i>	Somme de ca + mg
<i>Cl</i>	Chlore
<i>I.E.D</i>	L'Institut d'Enseignement à Distance
<i>ppm</i>	partie par million
<i>Meq/l</i>	Milli équivalente par mètre
<i>HCO₃</i>	Bicarbonate
<i>SO₄</i>	Sulfate
<i>MgSO₄</i>	Sulfate de magnésium
<i>NaCO₃</i>	Carbonate de sodium
<i>U.S.S.L</i>	United State Salinity Laboratory
<i>E.S.P</i>	Électro-Stabilisateur Programmé
<i>Mmhos</i>	Milimohs
<i>cmol/g</i>	Centimoles
<i>SAR</i>	Rapport d'Adsorption de Sodium
<i>Meq/l</i>	milliéquivalen par litre
<i>NA₂CO₄</i>	Le carbonate De Sodium Peroxyhydraté
<i>B</i>	Bore
<i>CO₃</i>	Carbonate
<i>Mo</i>	Molybdène
<i>g/l</i>	gramme par litre
<i>CaCO₃</i>	Le carbonate de calcium
<i>mg(HCO₃)</i>	Magnésium Carbonate acide
<i>H₂CO₃</i>	Acide carbonique
<i>KCl</i>	Chlorure de potassium
<i>H₂PO₄</i>	Ion dihydrogéoorthophosphate
<i>M</i>	Mètre
<i>USA</i>	États-Unis
<i>%</i>	Le pourcentage
<i>N</i>	CHROMOSOME
<i>mgcl₂</i>	Chlorure de magnésium
<i>g/l</i>	Gramme par litre

<i>mm</i>	Millimètre
<i>km²</i>	Kilomètre caré
<i>Km</i>	Kilomètre
<i>O.N.M</i>	Office National de la météorologie
<i>D.P.A.T</i>	L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
<i>DELTA</i>	Développement Des Systèmes Culturels Territoriaux
<i>m³/s</i>	Mètre cube par seconde
<i>S.A.U</i>	Surface agricole utile
<i>TDS</i>	Taux des sels dessus

Liste des figures

N°	Titre	Page
<i>Figure 1</i>	le cycle des sels dans le sol	10
<i>Figure 2</i>	Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation	14
<i>Figure 3</i>	Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclusées ou exclues	25
<i>Figure 4</i>	Propagation de la culture du dattier dans l'ancien continent. Carte publiée in Munier	30
<i>Figure 5</i>	Présentation schématique d'un palmier dattier	36
<i>Figure 6</i>	Limites administratives de la Wilaya de GHARDAIA	43
<i>Figure 7</i>	Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa	47
<i>Figure 8</i>	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER	48
<i>Figure 9</i>	Schéma représente le milieu physique de la WILAYA	51
<i>Figure 10</i>	Esquisse hydrogéologique du M'Zab	53
<i>Figure 11</i>	Bassin versant de la région du M'Zab	53
<i>Figure 12</i>	Parcelle cultivée	58
<i>Figure 13</i>	Prélèvement de l'échantillon par la tarière	58
<i>Figure 14</i>	Parcelle non cultivée (témoin)	58
<i>Figure 15</i>	Plan d'échantillonnage	58
<i>Figure 16</i>	Séchage des échantillons	59
<i>Figure 17</i>	Tamisage des échantillons	59
<i>Figure 18</i>	Pesée du sol	59
<i>Figure 19</i>	Agitation de l'extrait	59

Figure 20	Conductimètre	59
Figure 21	Profil salin PA1	62
Figure 22	Profil salin PA2	63
Figure 23	Profil salin PA3	64
Figure 24	Profil salin PA4	64
Figure 25	Profil salin PA5	65
Figure 26	Profil salin TA1	66
Figure 27	Profil salin TA2	67
Figure 28	Profil salin TA3	67
Figure 29	Profil salin TA4	68
Figure 30	Profil salin TA5	69
Figure 31	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée	70
Figure 32	Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée hors palmiers	71

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Répartition géographique des terres affectées par la salinité.	6
Tableau 2	Échelle salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5	11
Tableau 3	Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols	12
Tableau 4	Classes du sol selon le pH de pâte saturée	13
Tableau 5	Classe de la salinité des sols	15
Tableau 6	Caractéristiques des sols salins et alcalines	15
Tableau 7	Superficie et nombre total de palmiers dattiers à travers le monde	29
Tableau 8	Localisation des palmeraies selon MESSAR 1996	31
Tableau 9	Données météorologiques de la wilaya de Ghardaïa (1996-2012)	46
Tableau10	Mobilisation et affectation des eaux	52
Tableau 11	La composition chimique des eaux albiennes des eaux d'El Atteuf	57

Résumé
Dédicaces
Remerciement
Introduction

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : La salinité du sol

1	Généralités	5
2	Sols salins	5
3	Répartition des sols salés dans le monde	6
4	Répartition des sols salés en Algérie	6
5	Salinisation des sols	7
5-1	Définition de la salinité	7
5-2	Origines de la salinité des sols	8
5-2-1	Salinisation primaire	8
5-2-1-1	Salinisation géologique	8
5-2-1-2	Salinisation marine et lagunaire	9
5-2-2	Salinisation secondaire	9
6	Importance de la salinité	9
7	Paramètres de caractérisation des sols salés	10
7-1	Salinité	10
7-2	Sodicité	12
7-2-1	Pourcentage de sodium échangeable (E.S.P.)	12
7-2-2	Sodium adsorption ratio (S.A.R.)	12
7-3	pH du sol	13
7-4	Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation	13
8	Classification des sols :	14
9	Caractéristiques des sols salés	15
10	Conséquences de la salinité sur la qualité des sols	17
11	Sels solubles	18
11-1	Principaux sels solubles	18
11-1-1	Chlorures	18
11-1-2	Carbonates	18
11-1-3	Sulfates	19
11-2	Mouvement des sels solubles dans le sol	19
11-2-1	Lixiviation	19
11-2-2	Remontée capillaire	20
11-2-3	Thermo-dialyse	20
11-3	Action des sels solubles	20
11-3-1	Action des sels solubles sur le sol	20
11-3-1-1	Structure	20
11-3-1-2	Perméabilité	21
11.3.1.3	Réaction du sol	21
11.3.2.1	Stress salin	22
12	Effet de la salinité sur les plantes	23
12-1	Effet de la salinité sur la croissance	23

12-2	Effet de la salinité sur l'eau dans la plante	23
12-3	Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille	23
12.4.	Effets spécifiques des ions	24
13	Mécanismes de résistance à la salinité	24
13-1	Exclusion	25
13-2	Inclusion	26
13-3	Ré-excrétion	26

Chapitre II : La présentation de palmier dattier

1	Généralités	28
2	Superficie et répartition géographique	28
2-1	Dans le monde	28
2-2	En Algérie	30
3	Évolution de la production des dattes dans la wilaya de Ghardaïa	32
4	Rôle socioéconomique et culturel de la palmeraie	32
5	Description botanique	33
5-1	Taxonomie	33
5-2	Systematique	33
6	Biologie et morphologie du palmier dattier	33
6-1	Biologie	33
6-2	Morphologie	34
6-2-1	Système racinaire	34
6-2-2	Système végétatif aérien	34
6-2-3	Organes floraux	34
6-2-4	Fruit ou datte	35
7	Exigences écologiques	36
7-1	Température	36
7-2	Lumière	37
7-3	Humidité de l'air	37
7-4	Les vents	37
7-5	Le sol	38
7-6	L'eau	38
7-7	Drainage	38
8	Maladies et les ravageurs du palmier dattier	39
8-1	Bayoud (Fusarium)	39
8-2	Khamedj (Pourriture des inflorescences)	39
8-3	Boufaroua	39
8-4	Pyrale de datte	40
8-5	Cochenille blanche	40

Deuxième partie : Matériels et méthodes

Chapitre III : Présentation de la région de Ghardaïa

1	Cadre géographique	43
2	Climat	44
2-1	Température	44
2-2	Précipitations	44
2-3	Humidité relative	45
2-4	Evaporation	45

2-5	Insolation	45
2-6	Pluviométrie	45
2-7	Les vents	46
2-8	Classification du climat	46
2-8 -1	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	46
2-8-2	Climagramme d'EMBERGER	47
3	Géomorphologie	48
3.1	Chabka du M'Zab	49
3.2	Région des dayas	50
3.3	Région des Regs	50
4	Hydrogéologie	51
5	Géologie	52
6	Hydrologie	53
7	Pédologie	54
8	Données sur l'activité agricole de la wilaya Ghardaia	54

Chapitre IV: Matériels et Méthodes

1	Approche méthodologique	56
2	Caractéristiques du site d'étude	56
3-	Méthode d'échantillonnage	58
4-	Analyses au laboratoire	59
5-	Profils salins	59

Troisième partie : Résultats et Discussions

Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie d'EL Atteuf

1	Résultats	62
1-1	Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée	62
1-1-1	Dynamique des sels dans le profil PA1	62
1-1-2	Dynamique des sels dans le profil PA2.	62
1-1-3	Dynamique des sels dans le profil PA3	63
1-1-4	Dynamique des sels dans le profil PA4	64
1-1-5	Dynamique des sels dans le profil PA5	65
1-2	Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée sous palmier	65
1-2-1	Dynamique des sels dans le profil TA1	65
1-2-2	Dynamique des sels dans le profil TA2	66
1-2-3	Dynamique des sels dans le profil TA3	67
1-2-4	Dynamique des sels dans le profil TA4.	68
1-2-5	Dynamique des sels dans le profil TA5	68
2	Discussions	69

Conclusion 73

Références bibliographiques 75

Résumé

Résumé-

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans la plupart de pays du monde. En Algérie, plus de 20 % des sols irrigués sont menacés par ce problème car leur effet sur le sol et les végétaux est d'autant plus nocif que leur utilisation.

Notre travail est réalisé sur la région d'El Atteuf, porte sur le facteur de la salinité qui limite le développement de l'agriculture en zones arides et qui a été jugé de responsable de la chute des rendements de la cultures. L'étude a été portée sur la caractérisation de la salinité d'un sol cultivé et un autre non cultivé afin de déduire l'impact de l'irrigation sur l'évolution des profils salins dans cette région. Les critères d'évaluation étant donné la salinité exprimée par la conductivité électrique à 25°C et représentés par des profils salins.

L'allure des profils salins a révélé deux types de profil salin, l'un est de type D ; caractérisé par une dynamique de sels influencés par l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation dans la parcelle cultivée. L'autre profil est de type A ; caractérisé par une dynamique des sels influencés par une remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents dans la parcelle non cultivée.

Mots clés : Salinité, profil salin, cultivée, non cultivée, El Atteuf , irrégation.

الملخص:

إن ملوحة التربة والمياه تعتبر مشكل كبير في كثير من دول العالم. وفي الجزائر , أكثر من 20 % من الأراضي تعاني من هذا المشكل. و تأثير الملوحة على التربة و النباتات هي أكثر ضررا من استخدامها .

لقد قمنا بإجراء بحث في منطقة العطف عن ملوحة الأراضي الذي من خلاله حددنا سبب عدم زيادة مردودية الزراعة. ولقد أجريت هذه الدراسة حول الملوحة في ارض مزروعة وأخرى غير مزروعة لكي يتم معرفة أسباب ذلك.

من بين معايير تقييم الملوحة استخدمنا, الناقلية الكهربائية عند 25 درجة مئوية والتي مثلناها بالمنحنيات تدل على اختلاف درجة هذه الاخيرة .

اثبت درستنا انه يوجد نوعين من الملوحة , أملاح تذوب في الأعماق وذلك بتأثير الماء نوع (D) و هذا بالنسبة للأرض المزروعة. أما الأملاح الأخرى فتصعد في الظاهر نوع (A) في الأرض الغير مزروعة .

الكلمات الرئيسية : الملوحة , معايير , منحنى , أراضي مزروعة و غير مزروعة, العطف, الناقلية الكهربائية

Abstract:

Salinity of soil and water poses a major problem in many countries. Algeria is no exception. More than 20% of irrigated areas in this country are affected by the problem of salinity. Their effect on the soil and plants is more harmful than their use. This study carried out in the region of El-Atteuf, is about the factor of Salinity which limits the development of agriculture in arid areas, as it is a major cause of falling crop yields. The study focuses on the characterization of cultivated and uncultivated salinity soil, in palm and off the palm so as to deduce the impact of irrigation on the evolution of saline profiles in this region. The evaluation criteria are expressed through electrical conductivity at 25 ° C and they are represented by saline profiles.

The saline profiles pace revealed two types of saline profiles, one is characterized by salt dynamics influenced by salt soluble training in depth with irrigation water (leaching) (profile type D) for cultivated plot. The other characterized by a dynamic salt influenced by capillary rise of salts of the underlying horizons (profile type A) for the uncultivated plot.

Keywords: Salinity, salt profile, cultivated, uncultivated ,El-Atteuf , irrigation.

Introduction

Introduction

Le sol est le produit de l'interaction entre une roche, l'air, l'eau et les êtres vivants. La formation d'un sol est un processus long : il faut de 1 000 à 100 000 ans suivant les conditions pour former un mètre de sol. C'est donc une ressource non renouvelable à l'échelle humaine (LAVELLE, 2013).

Les sols sont menacés par différents types de dégradation en relation avec leur vieillissement naturel et les différentes interventions humaines, d'origine agricole ou non (LAVELLE, 2013).

Dans les zones arides et semi-arides, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole. Le développement de l'agriculture dans ces régions fait recours à l'irrigation qui devient alors une nécessité pour produire suffisamment afin d'assurer les besoins alimentaires d'une population de plus en plus importante (LAHLOU et *al.*, 2002). La durabilité de l'agriculture irriguée dans les régions arides et semi arides est de plus en plus menacée (GHAZOUANI, 2009).

Aujourd'hui, 10 % à 15 % des surfaces irriguées (45 Mha) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation avec une perte de 0,5 % à 1 % des surfaces irriguées chaque année. Près de la moitié de toutes les surfaces irriguées sont menacées à long terme (C.E.S., 2006). La salinisation implique une accumulation de sel par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sel du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sel et/ou par un drainage insuffisant (GHAZOUANI, 2009).

En Afrique, Près de 40 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2 % de la surface totale (C.E.S., 2006).

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).

L'objectif du présent travail est de diagnostiquer l'état de la salinité dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa et spécialement dans la région d'EL Atteuf et d'étudier la dynamique des sels dans le profil.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons structuré ce mémoire comme suit :

- La première partie est réservée à la synthèse bibliographique sur la salinité des sols et le palmier dattier.
- La deuxième partie prendra en compte le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'une présentation de la région d'étude.
- La troisième partie traitera les résultats et les discussions.

Et nous achèverons le travail par une conclusion générale suivie de quelques recommandations

Première Partie



Synthèse bibliographique

Chapitre I



Les sols salés

Chapitre I . Les sols salés

1. Généralités

Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres .C'est une ressource importante qu'il convient de protéger compte tenu de l'accélération de sa dégradation liée, souvent, aux activités humaines, cette protection passe avant tout par le développement des recherches dans ce domaine scientifique clé : la pédologie (GOBAT et *al.*, 2010).

La pédologie est en perpétuelle évolution, la connaissance des sols, leur classification, leur origine, leur devenir sont importants pour, agronomes certes, mais aussi étudiants, enseignants ou chercheurs, aller plus loin dans l'utilisation et la gestion de ce milieu riche et paradoxalement mal connu, à l'interface entre l'horizon de « surface » et la roche mère (GOBAT et *al.*, 2010).

Les sols salés sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents (SZABOLCS, 1989). Ils sont étroitement liés à une source salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique(eau marine). Les processus de formation des sols salés sont associés à la redistribution des sels dans les pédo-paysages par divers agents. L'eau mobilisant les sels à l'état dissous, le vent à l'état dissous ou cristallisé. L'accumulation des cristaux de sel est favorisé sous les climats ou les processus évaporatoires dominant (BERSLERET *al.*,1982 ; CHHABRA,1996). Les grandes dépressions endoréiques (Chott, Sebkha, Takyr, Playa ou Salar) « Afrique du Nord ; de **Takyr** (*mot vernaculaire*) en Asie centrale ; de **Playa** (*mot espagnol*) en Amérique du Nord ; de **Salar** (*mot espagnol*) en Amérique du Sud ». Ou les bordures maritimes (marais côtiers, vasières) forment des sites naturels (JEAN-Louis Merl et al., 2005).

2. Sols salins

Ces sols sont soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riche en sels de sodium neutres (NaCl, Na₂SO₄) ; la conductivité est supérieure à 8 dS /m en surface, 15 dS/m en profondeur, le sel remonte par ascension capillaire et forme souvent des efflorescences blanches en surface. Le profil reste peu différencié, de type AC, la floculation des argiles conférant à l'horizon A une structure en agrégats ; le pH reste inférieur à 8,5. Deux profils de référence sont distingués d'après l'état du complexe adsorbant :

- Sol salin à complexe calcique : caractéristique des lagunes subdésertiques, contenant à cote des sels sodiques, des sels de Ca²⁺ et Mg²⁺, ce sol offre peu de sodium échangeable, en général moins de 15 %; la structure reste grumeleuse et aérée.

- Sol salin à complexe sodique : ce type se rencontre en bordure de mer, ou dans les lagunes côtières, dont l'eau, très riche en ions sodium, contient peu d'alcalino-terreux ; l'ion Na⁺ représente alors plus de 15 % (souvent plus 30 %) de la valeur de la CEC : la structure tend à se dégrader et devient poudreuse. L'élimination de la nappe salée peut provoquer l'alcalinisation (MONTOROI, 1987).

3. Répartition des sols salés dans le monde

A l'échelle du globe terrestre, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture mondiale ; ils occupent 24 % environ des terres agricole. Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones semi-arides et arides du globe et des zones côtières (BOLYN, 1974 in BENBRAHIM, 2001).

D'après les cartes publiées par l'UNESCO pour l'Afrique du Nord, on trouve pratiquement que des Solontchaks, parfois des sols peu salés à alcalis et rarement des Solonetz (AUBERT, 1975).

Région	Superficie par millions d'hectares	% des sols salés
Australie	357,3	37,42
Asie du Nord et Asie centrale	211,7	22,17
Asie du Sud	87,86	9,17
Asie du Sud-Est	2	0,2
Amérique du Nord	15,7	1,64
Amérique du Sud	129,2	13,53
Mexique et Amérique centrale	20	2,09
Afrique	80,5	8,43
Europe	50,8	5,32

4. Répartition des sols salés en Algérie

En Algérie, de l'Est à l'Ouest et de la côte au Sahara, les sols agricoles sont, dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptible de l'être (HALITIM, 1973 . DURAND, 1958).

Les sols salins sont très répons dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Rélizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme Chott Melhrir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au Sud

de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà. Leur conductivité électrique est supérieure à 7 dS/m, sur l'ensemble du profil et le pourcentage de sodium échangeable sur la capacité d'échange cationique (C.E.C.) est variable de 5 à 60 % (AUBERT, 1975; HALITIM, 1988).

5. Salinisation des sols

Le processus de salinisation des sols se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage interne insuffisant, altération de minéraux et accumulation).

Dans les systèmes irrigués, un dysfonctionnement hydrologique est toujours à l'origine de la salinisation des terres, l'excès d'eau entraîne la remontée d'une nappe phréatique salée tandis qu'un manque d'eau provoque une lixiviation insuffisante des sels.

Un climat à forte composante évaporatoire ou des eaux d'irrigation déjà minéralisées exacerbent la dégradation saline. En milieu côtier tropical ou tempéré, riche en dépôts organiques (mangrove, marais maritime et « polder »), le processus de salinisation est associé à un processus de sulfato-réduction microbienne du fer et du soufre qui dépend des conditions hydrologiques locales : des périodes réductrices (précipitation de sulfures de fer, matériau sulfurique ou thionique (TH) alternent avec des périodes oxydantes (SERVANT , 1978).

D'après (MARLET et JOB , 2006) la salinisation est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels dans les sols sous l'influence d'apport d'eau d'irrigation salée, de l'aridité du climat ou de conditions hydrologiques particulières (lessivage insuffisant, proximité de la nappe...).

5.1. Définition de la salinité

La salinité est un phénomène mondial qui affecte 1 billion d'hectares, soit 7 % de la surface terrestre . Elle est principalement due à la présence de sulfate, de chlorure et de carbonate de sodium et de magnésium en concentration élevées . Elle crée des milieux toxiques pour beaucoup de plantes, on la caractérise généralement par la conductivité électrique de l'extrait de pate saturée (CALVET, 2003).

La salinité est aussi un facteur de désertification qui ne cesse d'intéresser les chercheurs, vu l'ampleur qu'il est en train de gagner depuis plusieurs décennies. Cependant, beaucoup pensent que de vraies statistiques répondant à des critères de gestion existent peu (GUPTA et ABROL, 1990).

5.2.Origines de la salinité des sols

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

L'accumulation des sels dans les sols a pour origine plusieurs facteurs dont les principaux sont : les eaux d'irrigation, les roches parentales plus ou moins salées, la très forte évaporation et surtout la concentration de sels dans le temps et ceux en présence d'un plan d'eau en relation étroite avec la dynamique des nappes saumâtres. Cette concentration de sels dans les horizons de surface, s'explique par la remontée capillaire de la nappe phréatique salée avec un dépôt ascensionnel ; la manifestation la plus apparente est celle des néoformations d'efflorescences blanchâtres et parfois des croutes à la surface du sol. La teneur en sels dans les sols, qui est une contrainte pour l'agriculture, peut être corrigée par le lessivage d'hiver. Du point de vue qualitatif, les sels solubles de l'extrait de pâte saturée sont dominés par la chaleur et représentent un fort taux de saumure anionique totale. Selon les zones et parmi les cations, le sodium vient en première place. Le pH de ces sols halomorphes est souvent alcalin, résultant d'une importante teneur en gypse (KHADRAOUI, 2007).

D'après SERVANT (1976) l'origine des sels est diverse (géologique, marine, éolienne et anthropique).

5.2.1. Salinisation primaire

La salinisation primaire, d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux (BABA SIDI-KACI, 2010).

5.2.1.1.Salinisation géologique

Les sels solubles peuvent provenir,

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

- ❖ Soit de l'altération des roches volcaniques (SERVANT, 1975).

5.2.1.2. Salinisation marine et lagunaire

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

5.2.2. Salinisation secondaire

Dans les zones à climat aride et semi-aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire. Actuellement, on dénombre environ 350 millions d'hectares irrigués dans le monde (SZABLOCS , 1994). Ces chiffres sont susceptibles d'être augmentés à l'avenir.

En effet , ont constaté que les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27 % de la surface irriguées dans le monde. Cette menace selon CHEVERRY (1995) occasionne, chaque année des pertes de terres, variables selon les auteurs de 10 à 12 millions d'hectares (BABA SIDI-KACI, 2010).

6. Importance de la salinité :

La teneur en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou en ppm ou meq/l. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. Généralement, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résultera dans une augmentation de la salinité de la solution du sol. La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de:

- Lessivage, c'est-à-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en besoins de la culture et l'efficience du lessivage.
- La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{++} , HCO_3^- , SO_4^{--} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol.
- Propriétés physiques du sol tel que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage (ANTIPOLIS, 2003).

La salinité peut suivant la dose de sel avoir un effet stimulateur sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été démontré par RUDOLFS. Elle présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSO_4 , de NaCl , de MgSO_4 et de Na_2CO_3 (ASLOUM, 1990 ; BABA SIDI-KACI, 2010).

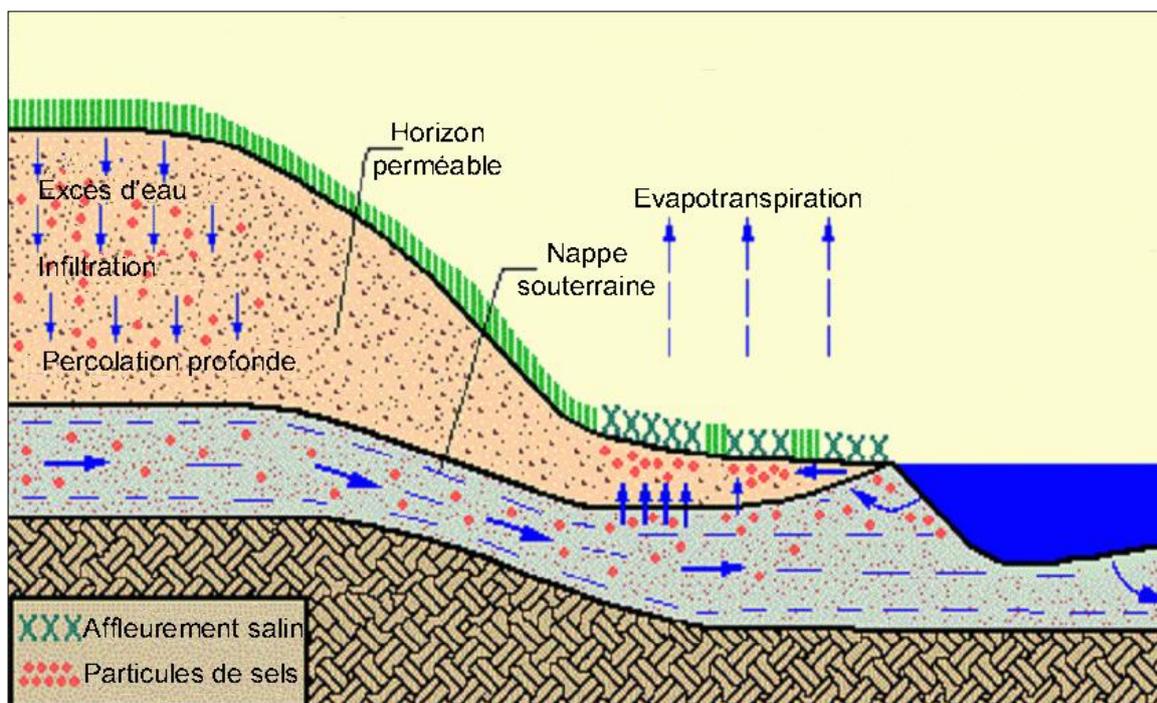


Figure 1: Cycle des sels dans le sol (Lahlou .M et al., 2000/11/03).

7. Paramètres de caractérisation des sols salés

Selon U.S.S.L. (1954), l'étude des sols salés se base essentiellement sur :

- La mesure sur un extrait du sol de la conductivité électrique à 25°C,
- La caractérisation de l'alcalinité ou la sodicité à l'aide de l'E.S.P. (taux de sodium échangeable) ou la mesure du S.A.R. (sodium adsorption ratio) sur l'extrait de sol,
- La mesure sur un extrait du sol de la réaction du sol (pH).

7.1. Salinité

La salinité d'un sol peut être définie d'une manière simple, précise et rapide par la mesure de la conductivité électrique sur l'extrait de pâte saturée ou l'extrait diluée. Elle est exprimée en mmhos/cm ou en dS/m à 25°C (SERVANT et al., 1966 in BOUHIHI, 1996).

Afin de pouvoir mesurer la salinité dans des conditions standards pour ensuite comparer les résultats entre eux, la pâte saturée s'avère le moyen le plus adéquat, car elle se rapproche des solutions existantes dans le sol en place (SERVANT et *al.*, 1966 in BOUHIHI, 1996).

La préparation de la pâte saturée est difficile à réaliser pour un échantillon sableux par ce qu'elle demande une attention particulière du manipulateur (SERVANT et *al.*, 1966 in BOUHIHI, 1996).

D'après l'U.S.S.L.(1954), un sol est considéré salé lorsque la conductivité électrique de son extrait de pâte saturée est supérieure ou égale à 4 dS/m à 25°C. Au Nord de l'Afrique cette limite peut être élevée à 7 dS/m à 25°C (DURAND, 1958 ; AUBERT, 1975).

Les extraits dilués sont au 1/1, au 1/5 et au 1/10 du rapport sol/eau distillée. Par cette méthode l'extraction est rapide mais les solutions sont moins représentatives de la solution du sol (HULLIN, 1983).

Selon AUBERT (1978), un sol est considéré salé lorsque la conductivité électrique de son extrait dilué 1/5 est supérieur ou égale à 2 dS/m (Tableau 2).

Tableau 2 : Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978)

C.E. (dS/m à 25 °C)	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < C.E. \leq 2$	Sol peu salé
$2 < C.E. \leq 2,4$	Sol salé
$2,4 < C.E. \leq 6$	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé

Selon HALITIM (1973), cette classification basée sur la C.E. est critiquable pour plusieurs raisons dont :

- La résistance des plantes aux sels dépend d'autres facteurs tels que la texture du sol,
- La conductivité électrique ne donne qu'une somme approximative des ions, alors que chaque cation ou anion à une action spécifique.

7.2. Sodicité

7.2.1. Pourcentage de sodium échangeable (E.S.P.)

Le pourcentage de sodium échangeable est fonction de la capacité d'échange cationique (C.E.C.), il est déterminé par la formule suivante (U.S.S.L., 1954):

$$\text{E.S.P. (\%)} = \left(\frac{[\text{Na}^+]}{\text{C.E.C.}} \right) \times 100$$

$[\text{Na}^+]$: Concentration de Na^+ échangeable en $\text{cmol}^+/100\text{g}$.

C.E.C. : capacité d'échange cationique exprimé en $\text{cmol}^+/100\text{g}$ de terre sèche.

L'E.S.P. est un paramètre de caractérisation de la sodicité du sol, la structure est détruite à partir d'un seuil souvent fixé à 15 % de la C.E.C. (U.S.S.L., 1954).

7.2.2. Sodium adsorption ratio (S.A.R.)

Il s'agit également d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau d'alcalinisation (Tableau.3).

Tableau 3. Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols (SERVANT et al., 1966 in BENBRAHIM, 2001).

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

Le S.A.R. est déterminé par la relation suivante (GAPON, 1933 in DURAND, 1958) :

$$S.A.R. = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Na}^{++})/2}}$$

- Sachant que $\text{Na}^+, \text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}$ sont exprimés en cmol^+/l

7.3. pH du sol :

Dans les régions arides, la gamme relative aux sols s'étend d'un pH légèrement inférieur à 7 à un pH d'environ 9 (BUCKMAN et al, 1965 in BACI, 1982).

Le pH peut être un paramètre de classification, FIREMAN et al. (1951 in U.S.S.L., 1954), ont classé le sol en fonction du pH de pâte saturée (Tableau 3).

Tableau 4 : Classes du sol selon le Ph de pâte saturée (FIREMAN et al, 1951 in U.S.S.L., 1954)

Ph	Classe du sol
$\geq 8,5$	Indiquent souvent un pourcentage de Na^+ échangeable supérieur ou égale à 15% et la présence des carbonates alcalino-terreux
$< 8,5$	Les pourcentages de Na^+ échangeable peuvent ou ne peuvent pas dépasser 15 %
$\leq 7,5$	Ces sols ne contiennent jamais de Ca^{++} et Mg^{++}
< 7	Ces sols contiennent des quantités significatives d'ion H^+ échangeable

7.4. Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation :

La plupart des sols irrigués sont affectés par la salinité. Cette dernière est liée à la salinité de l'eau d'irrigation. La salinité développée au niveau du sol va de pair avec celle de l'eau d'irrigation. Plus la conductivité électrolytique de l'eau d'irrigation est forte plus la teneur en Na augmente, provoquant ainsi un enrichissement net en sodium soluble. Lorsque la conductivité croît, le faciès chimique passe du type (Ca, Cl) au type (Na, Cl) (MORSLI, 2007).

Les résultats de plusieurs études, ont montrés que la salinisation était la conséquence d'une irrigation avec des eaux assez concentrées en sel. Bien que dans certains endroits, les eaux ne soient pas très salées, ce sont pourtant elles qui ont donné naissance aux différentes manifestations de salinisation à cause des caractéristiques spécifiques des sols (sols argileux) (MORSLI, 2007).

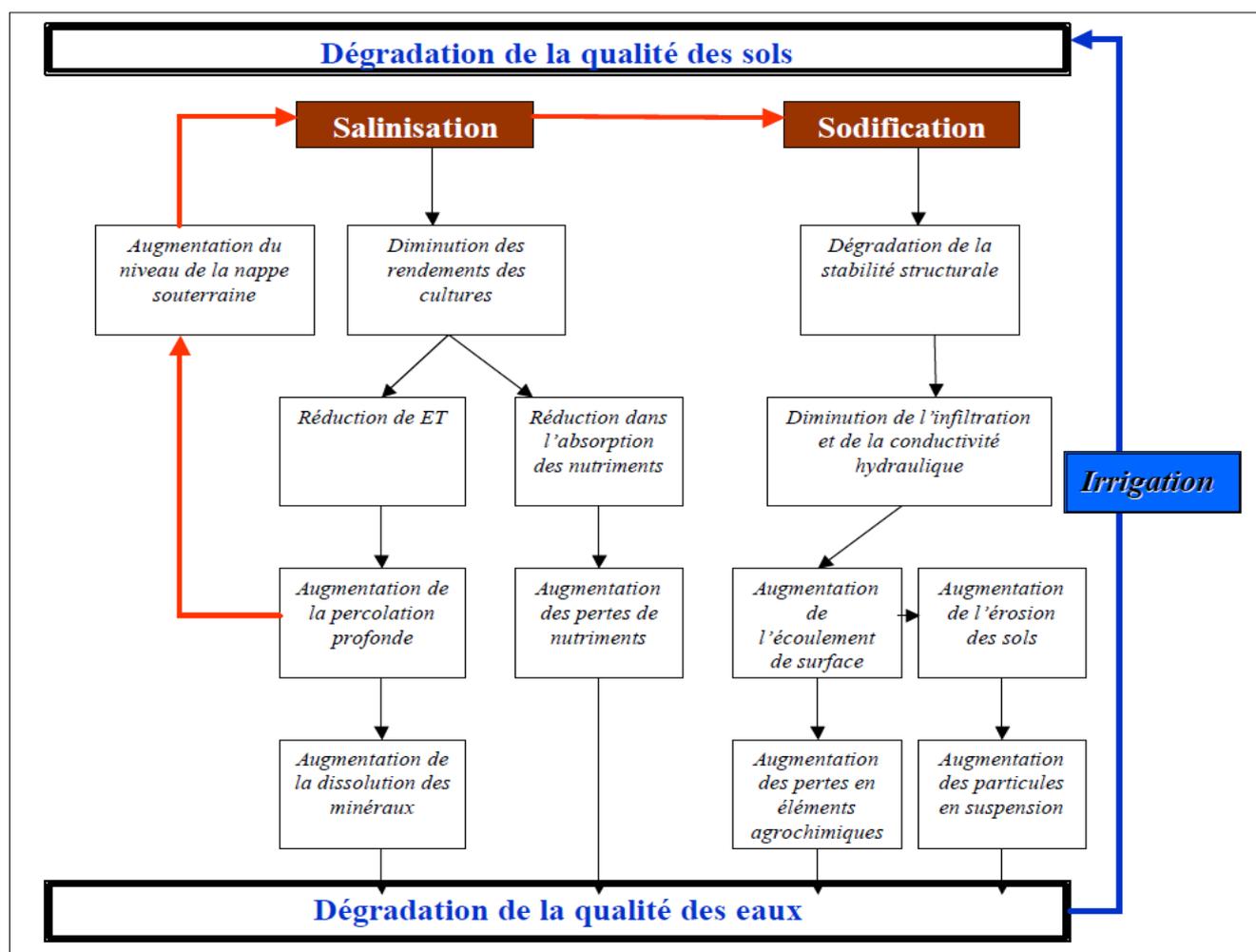


Figure 2 : Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation

8. Classification des sols :

Elle est basée sur la concentration en sel et le rapport Na : (Ca + Mg), les sols ont été classifiés comme salin, sodique ou salin-sodique. La concentration totale en sels est habituellement mesurée par la conductivité électrique (CE) dans les unités de $dS.m^{-1}$, où 1 $dS.m^{-1}$ est approximativement égale à une concentration de 10 mm du sel qui se dissocie en deux ions monovalents quand ils sont en solution (par exemple NaCl).

Les sols salins sont généralement définis en tant que ces sols ayant une CE de 4 $dS.m^{-1}$ ou plus et les sols sodiques qui ont un rapport d'adsorption de sodium (SAR) supérieur à 15. Le SAR est calculé comme suit (KHADRAOUI , 2007):

$$SAR = r. Na. / [(r.Ca+r Mg.) /2]^{1/2}$$

Avec : r : Concentration des ions en meq/l. Na: Sodium, Ca: Calcium, Mg: Magnésium.

Le S.A.R est subdivisé en quatre classes:

- S.A.R<10 : eau utilisée avec peu de danger d'alcalinisation des sols.
- 10<S.A.R<18 : eau utilisée avec un danger appréciable d'alcalinisation.
- 18<S.A.R<26 : eau pouvant provoquer un danger d'alcalinisation.
- S.A.R>26 : eau présentant un danger d'alcalinisation très fort.

Tableau 5 : Classe de la salinité des sols (MAILLARD, 2001)

Classe du sol	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)
Non salins	0 - 2
Légèrement salins	2 - 4
Modérément salins	4 - 8
Fortement salins	8 - 16
Très fortement salins	> 16

9. Caractéristiques des sols salés

D'après MAILLARD (2001), ces deux types de sols ont en fait des propriétés chimiques et physiques distinctes, d'où des effets sur les plantes, des traitements pour leur remise en valeur, une distribution géographique et une qualité des aquifères adjacents différents

Tableau 6 : Caractéristiques des sols salin et alcalin (MAILLARD, 2001)

Caractéristiques	Sols salins	Sols alcalins
Chimiques	Dominé par des sels solubles neutres : chlorures et sulfates de sodium, calcium et magnésium	Peu de sels solubles neutres mais généralement des quantités appréciables de sels capables d'hydrolyse alcaline telle que les carbonates de sodium (Na ₂ CO ₃).
	pH de l'extrait de sol saturé généralement de moins de 8.2 (8.7 dans d'autres ouvrages).	Le pH de l'extrait de sol saturé de plus de 8.2 (ou 8.7) et atteignant souvent 9 ou 10.
	Une électro-conductivité (EC) de l'extrait de sol saturé de plus de 4 dS/m à 25°C est en général	Le pourcentage de Sodium échangeable (Echangeable Sodium Pourcentage ou ESP)

	la limite acceptée. Cependant le "Soil Science Society of America » établi une limite à 2 dS/m	de 15 est la limite admise au-delà de laquelle le sol est qualifié d'alcalin. La C E est généralement de moins de 4 dS/m mais peut être plus important au cas où des quantités de Na ₂ CO ₃ seraient présentes.
Chimiques	Généralement pas de relation bien définie entre le pH de l'extrait de sol saturé et l'ESP ou le coefficient d'absorption du Sodium (Sodium Absorption Ratio ou SAR) de l'extrait de sol saturé.	Bonne relation entre le pH du sol et l'ESP ou CAS de telle sorte que le pH peut être utilisé comme index approximatif du degré d'alcalinité.
	Des quantités appréciables de composés calciques solubles peuvent se trouver (tel que le gypse).	Le gypse est pratiquement toujours absent
Physiques	En présence excessive de sels solubles neutres. La fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	Un excès en Sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol.
	La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols «normaux».	La perméabilité à l'eau et l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du sodium échangeable.
Effet sur la croissance des plantes	La croissance des plantes est affectée par l'action des sels solubles sur la pression	La croissance des plantes est affectée par l'action de dispersion du sodium

	osmotique de la solution du sol résultant en une diminution de disponibilité en eau	échangeable dégradant les propriétés physiques du sol.
Effet sur la croissance des plantes	Toxicité des ions tels que les ions Na, Cl, B, etc.	A travers un pH élève du sol causant des déséquilibres nutritionnels incluant notamment une déficience en Calcium A travers la toxicité d'ions tels que les ions Na, CO ₃ , Mo, etc.
Amélioration du sol	L'amélioration des sols salins se fait par le lessivage des sels solubles dans la zone racinaire du sol. L'application d'amendements n'est généralement pas nécessaire.	L'amélioration des sols alcalins se fait essentiellement par remplacement du Sodium sur le complexe échangeable du sol par du Calcium à travers des amendements, le lessivage et le drainage des sels après réaction avec l'amendement et le Sodium échangeable.
Distribution géographique	les sols salins dominant dans les régions arides à semi – arides	Les sols alcalins se trouvent principalement dans les régions semi – arides et sub – humides

10. Conséquences de la salinité sur la qualité des sols

La salinisation des sols est le processus d'accumulation de sels dans le profil. Cette accumulation qui se fait le plus souvent à la surface du sol et dans la zone racinaire occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'en suit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol (SUMNER, 1993 ; DOUAOUI, 2005). Cette salinisation des sols a des conséquences sur les propriétés physico-chimiques des sols qui se traduisent par la présence des sols salés à structure non dégradée mais parfois aussi des sols salés à structure dégradée (DOUAOUI et *al.*, 2004 ; QADIR et OSTER, 2004 ; SAIDI et *al.*, 2004). La présence des sels solubles dans le sol en quantité élevées peut entraîner la dégradation des sols (DUCHAUFOR, 1977).

11. Sels solubles

Tous les sels plus solubles que le gypse sont considérés des sels solubles. Leur concentration globale est estimée généralement par la conductivité électrique. Leur degré de toxicité est d'autant plus élevée pour les plantes que leur solubilité est supérieure à celle du gypse (HULLIN, 1983).

11.1. Principaux sels solubles

D'après HULLIN (1983), nous distinguons trois grands groupes de sels solubles : les chlorures, les carbonates et les sulfates.

11.1.1. Chlorures

Les chlorures et les sulfates sont les principaux responsables de la formation des sols salés. Généralement, ils ont une solubilité très élevée et donc une forte toxicité. Nous distinguons :

- Chlorure de sodium (NaCl) : C'est le sel le plus répandu. Sa solubilité (300 g/l) fait de lui un sel hautement toxique.
- Chlorure de potassium (KCl) : C'est un sel voisin du NaCl, mais peu répandu dans la nature
- Chlorure de calcium (CaCl₂) : C'est un sel relativement rare dans les sols, car il réagit avec Na₂SO₄ ou Na₂CO₃ pour former du CaSO₄ ou CaCO₃ peu soluble, selon les réactions :



- Chlorure de magnésium (MgCl₂) : C'est un sel plus fréquent que le précédent, il est relativement rare sauf dans les cas de forte salinité. Sa solubilité de l'ordre de 350 g/l fait de lui un sel de toxicité extrêmement (BOUTTELI, 2012).

11.1.2. Carbonates

D'après FAO-UNESCO (1967 in BENZAHI, 1994), les sels carbonatés sont très répandus dans les sols. Parmi ces sels :

- Carbonates de magnésium (MgCO₃) : Sa solubilité est plus élevée, il donne du Mg(HCO₃)² en présence de H₂CO₃. La fertilité du sol est affectée par sa présence, mais vue sa mobilité le danger est réduit.

- Carbonates de sodium (Na_2CO_3) : C'est un sel très toxique par sa solubilité et son pouvoir alcalinisant.
- Carbonates de potassium (K_2CO_3) : Il est extrêmement rare de le trouver en grande quantité, car il est fixé par les argiles. Son effet est pratiquement comparable à celui de NaCO_3 (BOUTTELI ,2012)

11.1.3.Sulfates

Les sels sulfatés se trouvent en quantités variables dans les sols. La conséquence de ces sels sur l'agriculture et la mise en valeur varie beaucoup avec leur composition chimique(FAO-UNESCO, 1967 in OMEIRI, 1994). Nous pouvons citer :

- Sulfates de calcium(CaSO_4) : Le gypse ($\text{CaSO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$) est la forme la plus répandue, il est peu dangereux du fait de sa faible solubilité. Le gypse est utilisé comme un amendement sur certains sols alcalins.
- Sulfates de magnésium (MgSO_4) : C'est un composant typique des sols salés. On le trouve souvent dans les eaux souterraines, sa solubilité est très élevée ce qui le rend un sel toxique.
- Sulfates de sodium (Na_2SO_4) : C'est également un composant typique des sols salés, sa solubilité dépend de la température.
- Sulfates de potassium(K_2SO_4) : Il est très proche de Na_2SO_4 , il se trouve en très faible quantité dans le sol. (BOUTTELI ,2012)

11.2. Mouvement des sels solubles dans le sol

Les sels sont en mouvement grâce à l'eau qui circule dans le sol, ces mouvements peuvent être descendants (lixiviation), ascendants (remonté capillaire) ou avec un autre mécanisme de migration appelé thermo-dialyse.

11.2.1. Lixiviation

D'après DUCHAUFOR (1977), la lixiviation est l'entraînement descendant des sels sous l'action des eaux de pluies, d'inondation ou d'irrigation. Ce processus intéresse surtout les cations alcalino-terreux dont leur entraînement provoque la désaturation du complexe adsorbant si le sol est dépourvu de calcaire actif.

Cette migration est fonction de la solubilité des sels ; les sels les plus solubles sont les plus mobiles dans le sol (DOGGAR, 1992 in BENBRAHIM, 2001). L'eau qui s'infiltré dans le sol dissout les sels par rapport à leur ordre de solubilité croissante, et il entraîne les sels en profondeur. (BENBRAHIM, 2001)

Pendant ce mouvement descendant, la solution du sol va se concentrer sous l'influence de l'évaporation et l'absorption racinaire. Quand la solution sera sursaturée certains sels précipiteront et formeront les accumulations salines qui se rencontrent dans certains sols (DURAND, 1983).

11.2.2. Remontée capillaire

La remontée capillaire est une migration ascendante des sels en solution dans un profil saturé à faible profondeur. Cette migration est très intense dans les régions soumises à une forte évaporation (DUCHAUFOR, 1977). La remontée capillaire des sels dépend beaucoup de profondeur de la nappe phréatique, la perméabilité, la granulométrie, et la structure (DURAND, 1983).

La vitesse de remontée capillaire est plus élevée pour les solutions de sels neutres et plus faible pour les solutions des sels carbonatés alcalins (JABER, 1970 in BENBRAHIM, 2001).

11.2.3. Thermodialyse

La thermodialyse est une migration des sels sous un gradient de température vers la partie chaude. Cette migration dépend de la texture de la terre, de son humidité et de la nature des sels (GURR et al, 1952 in DURAND, 1983).

D'après DURAND (1983), il existe d'autres phénomènes pouvant provoquer la migration des sels solubles, mais ils ne sont pas courants dans la nature.

11.3. Action des sels solubles

11.3.1 .Action des sels solubles sur le sol

11.3.1.1. Structure

C'est par leurs cations que les sels affectent les propriétés physiques du sol, en particulier par l'action dispersante du sodium échangeable, qui provoque la dispersion des colloïdes, cette action néfaste se manifeste lorsque le remplacement du calcium par le sodium dans le complexe adsorbant dépasse 15 % de la capacité d'échange cationique (BOULAINÉ, 1974 in BENBRAHIM, 2001).

La stabilité structurale décroît dès que le sodium représente de 12 à 15% du complexe adsorbant (JOSEPH, 1927 et KELLY, 1948 in BENBRAHIM, 2001). D'après DABIN (1951 in DERDOUR, 1981), le rapport $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ influe sur la dispersion des colloïdes. Cette dispersion apparaît dès que la quantité de sodium échangeable dépasse celle du calcium échangeable, lorsque le rapport $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ dépasse la valeur de 1. (DERDOUR,1981).

11.3.1.2. Perméabilité

La perméabilité dépend essentiellement de la texture, la structure, le type de cations adsorbés et le taux de matière organique. La diminution de la perméabilité des sols salés à alcalis est une conséquence directe de la dispersion des colloïdes par l'ion Na^+ (DERDOUR, 1981). Cette perméabilité commence à augmenter avec la salinité du fait de la formation des agrégats par l'action floculant des sels, puis elle se maintient constante (DEMELON, 1966).

11.3.1.3. Réaction du sol

La réaction du sol est affectée par la présence des sels solubles, cela est dû à l'existence des sels acidifiants ($\text{CaSO}_4, \text{KCL}, \text{MgSO}_4$, sulfures), et d'autres alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , $\text{Na}_2\text{CO}_3, \dots$) (DEMELON, 1966).

11.3.2. Action des sels solubles sur le végétale

Certains ions solubles ont des effets néfastes sur la croissance des végétaux. Ces effets peuvent être directs ou indirects (BOLYN, 1975 in BENBRAHIM, 2001).

11.3.2.1. Stress salin

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (HOPKINS, 2003).

Selon DUTUIT et *al.* , (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. D'après JONES et *al.*, (1989): "C'est une force ou influence hostile qui tend à

empêcher un système normal de fonctionner". Au niveau d'un écosystème par exemple, toute contrainte externe qui limite la productivité en deçà de la potentialité génétique d'une plante peut être considérée comme stress (GRIME, 1979).

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- (HOPKINS, 2003). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBLIN, 2000). La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (LEVIGNERON et *a.l.*, 1995).

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet :

Il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA, 1998 in PARIDA et DAS, 2005), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (GREENWAY et MUNNS, 1980 in PARIDA et DAS, 2005).

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (ALLAKHVERDIEV et *al.*, 2000 b in PARIDA et DAS, 2005).

Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétiques... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (PARIDA et DAS, 2005).

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA, 1998 in PARIDA et DAS, 2005), l'arrêt de la croissance est

directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (GREENWAY et MUNNS, 1980 in PARIDA et DAS,2005; BOUZID, 2010).

1.2.1. Effet de la salinité sur la croissance :

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (WANG et NIL, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire (MOHAMMAD et *al.*, 1998). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (MELONI et *al.*, 2001).

12.2. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (ROMEROARANDA et *al.*,2001 in PARIDA et DAS, 2005).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (LU et *al.*, 2002 in PARIDA et DAS, 2005).

12.3.Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophile, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricote, du coton et de l'Atriplex (LONGSTRETH et NOBEL, 1979 in PARIDA et DAS, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (DELPHINE et *al.*, 1998 in PARIDA et DAS, 2005).

L'épaisseur du mésophile et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *B.parviflora* (PARIDA et DAS, 2005).

Le stress salin cause :

- Le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique ;
- Le gonflement de la mitochondrie ;
- La vésiculation et la fragmentation du tonoplaste ;
- La dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (MITSUYA et al, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

12.4. Effets spécifiques des ions :

D'après l'U.S.S.L.(1954), certains ions existants dans la solution du sol peuvent exercer des effets spécifiques sur les végétaux pour ralentir leur croissance, parmi ces ions :

- Chlorures : Leur action se manifeste par l'apparition des brûlures à l'extrémité des feuilles. Ce sont les végétaux ligneux qui sont les plus sensibles (arbres fruitières).
- Sulfates : L'intoxication par les sulfates se marque par des marbrures jaunâtres ou bronzées dans les feuilles. Ils provoquent aussi une accélération de la chute des feuilles.
- Bicarbonates : Les manifestations extérieures sont celles d'une chlorose. Les pommiers semblent très sensibles.
- Sodium : Une intoxication par le sodium se marque surtout par des brûlures aux feuilles.
- Calcium : Son action n'affecte les rendements qu'à une forte teneur.
- Magnésium : Seules certaines cultures sont sensibles. Les sols possédant une teneur élevée en magnésium échangeable (Mg^{++}) présentent des problèmes d'infiltration. Mais le rôle du magnésium n'est pas bien déterminé ; son action ressemble beaucoup à l'action du calcium qu'à celle du sodium. Il est plus adsorbé par le sol que le sodium mais légèrement moins que le calcium (AYERS et al., 1988).
- Bore : C'est un oligo-élément indispensable aux cultures, mais également très toxique si sa quantité dépasse 250 ppm. Les seuils de carence et de toxicité sont voisins, pour cela il faut toujours vérifier sa teneur dans le sol. L'excès de bore est plus à craindre que son déficit (DURAND, 1958).

13. Mécanismes de résistance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (PIRI et al., 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour

limiter le stress salin(Figure.03), (qui diffèrent selon la catégorie de la plante (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérantes le NaCl, sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na⁺ que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (HAOUALA et *al.*, 2007).

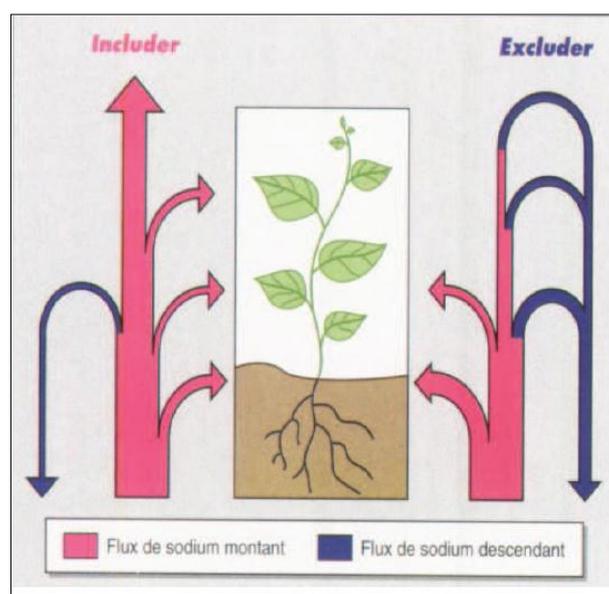


Figure 3 : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

Chez les plantes de types incluser, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type excluser, la plus grande partie du sodium véhiculé vers les feuilles est réexporté vers les racines via le phloème (en bleu). Les intensités relatives des flux sont symbolisées par la largeur des traits.

13.1. Exclusion

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de ré-excréter les ions Na⁺ (GENOUX et *al.*, 1991) . Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na⁺ des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de K⁺, venant

des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (LUTTGE et *al.*,2002).

13.2. Inclusion

La plante retient le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (BERTHOMIEU et al, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (ALEM et AMRI, 2005). L'excrétion dans les glandes à sel est très spécifique ; d'abord Na^+ , Cl^- et HCO_3^- sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme Ca^{++} , NO_3^- , SO_4^{--} et H_2PO_4^- sont maintenus contre leur gradient (HOPKINS, 2003).

13.3.Ré-excrétion

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'au feuilles Vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite ré-excréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

Chapitre II



Présentation Du Palmier dattier

Chapitre II : Présentation du palmier dattier

1. Généralités

Il existe presque 3000 espèces de palmiers dans le monde dont la majorité se rencontrent dans les régions tropicales, souvent dans les grandes forêts humides. Pour beaucoup d'entre nous, le palmier est un arbre composé de larges palmes arrangées en bouquet à l'extrémité d'un tronc plus ou moins incliné. Ce stéréotype, largement repris par l'industrie des loisirs et du tourisme, ne doit pas occulter l'incroyable diversité de cette famille végétale (ALBANO, 2004).

D'après certains hiéroglyphes (4000 ans avant notre Ere) et d'autres documents anciens, il semblerait que le dattier provienne de l'actuel sud de l'Irak ainsi que d'une partie de l'est de l'Egypte (REYNES, 1997). La domestication et la sélection naturelle ont amélioré la qualité et la taille de fruit (BOUGUEDOURA, 1991 in CHIKHI et *al.*, 2013).

2. Superficie et répartition géographique

2.1. Dans le monde

Le nombre total de palmiers dattiers dans le monde est d'environ de 100 millions, distribués en 30 pays, et produisant entre 2.5 et 4 millions de tonnes de fruits par an (ZAID et WET, 2002 in TELLI, 2009). Cependant, les statistiques sur le nombre de palmiers dattiers sont assez imprécises et peu homogènes, d'une part, parce que des recensements précis sont difficiles à réaliser, d'autre part, parce qu'il n'est pas toujours indiqué à quelle catégorie de palmier dattier se réfèrent les données : nombre total de palmier dattier, de palmiers productifs, de palmiers francs, de pieds males, de palmiers mono-stipe (FERRY, 1996)

L'Asie occupe la première place en matière de distribution de cette espèce avec 60 millions palmiers dattiers (Arabie Saoudite, Iran, Irak, Oman, Kuwait, Yémen...), alors que l'Afrique occupe la deuxième position avec 32 millions de pieds (Algérie, Libye, Maroc, Tunisie, Mauritanie, Soudan...). Le Mexique et l'USA ont 600.000 palmiers dattiers, suivi par l'Europe (principalement Espagne) avec 32.000 et l'Australie avec 30.000 palmiers dattiers (FERRY, 1996 ; ZAID et WET, 2002)

Les pays méditerranéens du Sud ont 35 millions de palmiers dattiers (35% du total mondial). En se basant sur une densité de plantation de 200 palmiers dattiers à l'hectare, le tableau (7) illustre la superficie des palmiers dattiers cultivés par pays et montre que l'Iran a la plus large superficie avec 180.000 ha, suivi par Irak avec 125.000 ha, le Maroc a 84.500 ha, alors que l'Arabie Saoudite,

l'Algérie et l'Égypte ont approximativement 45.000 ha. Dans le reste des pays cultivant les palmiers dattiers, la superficie varie de 2.500 à 22.000 ha (FERRY, 1996 ; ZAID et WET).

Tableau 7. Superficies et nombre total de palmiers dattiers à travers le monde (FERRY, 1996; ZAID et WAT, 2002 in TELLI, 2009).

Pays	Nombre de palmiers (en 1,000)	Partie de la totale de monde (%)	Superficies (en 1,000 ha)	Densité de plantation (nombre de palmiers/ha)
Irak	22.300	22,30	125	178
Iran	21.000	21,00	180	116
Arabie saoudite	12.000	12,00	45	148
Algérie	9.000	09,00	45	200
Égypte	7.000	07,00	45	155
Libye	7.000	07,00	27,5	254
Pakistan	4.375	04,37	-	-
Maroc	4.250	04,25	84,5	50
Tunisie	3.000	03,00	22,5	133
Soudan	1.333	01,33	-	-
Mauritanie	1.000	01,00	-	-
Oman	1.000	01,00	-	-
Yémen	800	00,80	6,4	125
E. A. U.	359	00,35	3,44	105
Somalie	204	00,20	0,35	577
Bahreïn	200	00,20	3,70	50
Israël	200	00,20	1,6	125
Palestine	60	00,06	0,25	200
Kuwait	38	00,03	-	-
Syrie	12	00,01	-	-
Autres pays	4.929	04,92	-	-
Le total	100.000	100	770	173

Concernant la densité de plantation, il y a encore une controverse sur le système cultural utilisé. Est-ce que c'est une plantation moderne avec un espace fixé (cas d'Israël et de la Tunisie) ou bien c'est un système traditionnel similaire à une forêt (cas du Maroc et du Pakistan) ?. Dans chaque système, la densité de plantation varie de 50 (Maroc et Bahreïn) à 577 palmiers/ha (Somalie). Entre ces deux extrêmes, il y a l'Algérie, la Libye et la Tunisie avec une densité de 200, 254 et 133 palmiers/ha respectivement (FERRY, 1996 ; ZAID, 2002).

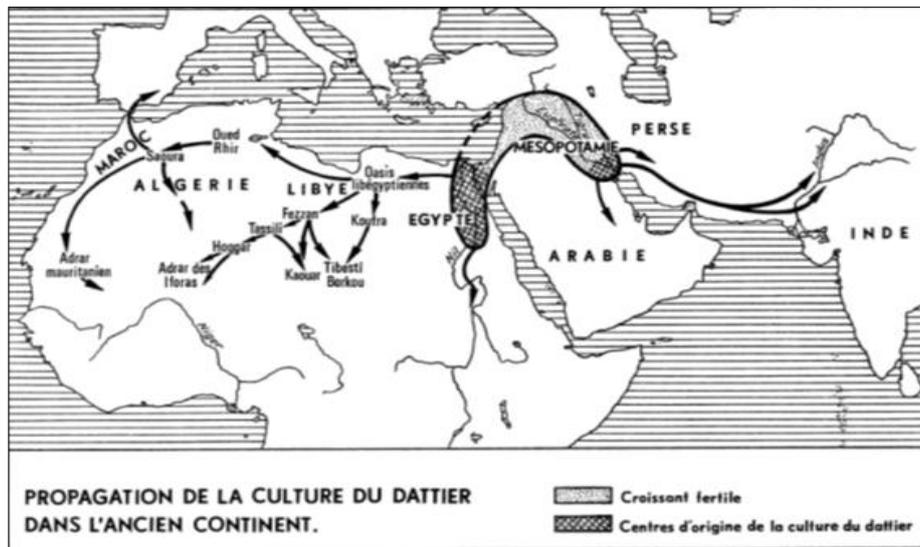


Figure 4 : Propagation de la culture du dattier dans l'ancien continent (MUNIER, 1973)

2.2. En Algérie

Le palmier dattier constitue la principale culture au Sahara algérien. Il se situe entre 25° et 35°. Il occupe toutes les régions situées sous l'Atlas Saharien, depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière Est tuniso-libyenne à l'Est. Et de Nord au Sud du pays, il s'étend depuis la limite sud de l'Atlas Saharien jusqu'à Reggan à l'Ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'Est.

Cependant les principales régions productrices demeurent celles de l'est principalement les palmeraies de l'Oued Rghir, des Zibans, du Souf, de la cuvette de Ouargla et du M'zab. A l'Ouest, ce sont les palmeraies de l'Oued Saoura, du Touat, du Gourara et du Tidikelt (BOUGUEDOURA, 1991 in F. GHEZZOUL, 2010).

Les oasis occupent une superficie totale de 85.000 ha et recèlent environ 9 millions de palmiers. Plusieurs facteurs négatifs (l'insuffisance du drainage, la remontée des sels, l'ensablement, la pollution des nappes superficielles, un déficit chronique en eau d'irrigation, la contrainte du Bayoud....) sont à l'origine de l'état de dégradation avancé des oasis et des niveaux de rendement peu performants des exploitations agricoles (FERRY, 1996). Outre sa production de dattes pour l'alimentation humaine, le palmier dattier, offre une large gamme de sous-produits exploités par la population saharienne, à savoir :

- Le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes;
- Farine de dattes utilisées dans la panification;
- Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie;

- Tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle, bois de chauffage et charpentes de bâtiments;
- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc.....
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles;
- Le LIFFE pour la confection des semelles de sandales;
- Le LAGMI, boisson très recherchée par la population locale, représentant la sève qui s'écoule du stipe.

L'utilisation des sous-produits du palmier dattier dans l'alimentation du bétail est, depuis longtemps, pratiquée par les éleveurs locaux d'une façon traditionnelle. Les sous-produits les plus utilisés sont, principalement, les déchets de dattes, puis viennent, à un degré moindre, les pédicelles de dattes et les palmes sèches.

La palmeraie est essentiellement concentrée dans le Sud-Est, son importance décroît en allant vers l'Ouest et le Sud. C'est dans les Wilayas d'El-Oued, Biskra et Ouargla où les conditions du milieu sont les plus favorables, que la conduite du palmier est la mieux maîtrisée (MESSAR, 1996). Par conséquent, 75 % de la production sont concentrés dans le Sud-Est et 15% dans le Sud-Ouest (MESSAR, 1996).

Tableau 8 : Localisation des palmeraies selon (MESSAR 1996)

Wilaya	Palmier en 1985 (milliers d'individus)	Palmier en 1985 (milliers d'individus)	Pourcentage du verger algérien
El-Oued	1.876	2.270	25
Biskra	1.808	2.095	23
Ouargla	1.258	1.680	19
Adrar	1.276	1.342	15
Ghardaïa	499	548	6
Béchar	496	534	6
Tamanrasset	192	299	3
Illizi	15	50	-
Tindouf	5	5	-
Autres Wilayas	193	183	2
Total national	7.1519	9.007	100

3. Évolution de la production des dattes dans la wilaya de Ghardaïa

Dans la région de Ghardaïa, on assiste à une moyenne de production annuelle oscillant entre 18 000 et 21 000 tonnes. Pour Deglet Nour (la meilleure variété de dattes) sa production constitue 25% de la production globale, soit 4 500 à 5 300 tonnes par an. 5% de la production sont constitués de variétés à faible valeur marchande mais bien adaptées aux conditions de stockages traditionnelles. Ainsi, la couverture des besoins des habitants de la région (wilaya) est largement atteinte allant de 50 à 70 % (DELTA, 2005).

4. Rôle socioéconomique et culturel de la palmeraie

En plus de son rôle nourricier par excellence, la palmeraie du M'Zab est également un jardin d'agrément. C'est aussi le lieu de résidence en été pour sa fraîcheur. En effet, chaque famille Mozabite y possède une maison qu'elle occupe du mois de Mai au mois de Novembre. Le reste de l'année elle habite le Ksar. Pendant l'Hiver, ce sont des allées et venues perpétuelles entre le Ksar et la palmeraie pour l'approvisionnement en produits agricoles et l'entretien des plantations (Projet DELTA, 2005)

L'installation dans la palmeraie se fait en une seule nuit sans lune sur décision de Halgat El-Azzaba. Cet événement saisonnier est mis en valeur par des fêtes, telle que la fête "Aamer" (la descente du Ksar à la palmeraie) et la fête "Allaï" (la remontée) marquant le retour à la cité. Durant les séjours dans la palmeraie toute la vie citadine du Ksar y est transposée. Les femmes amènent leurs métiers à tisser, les mosquées, les Médersas et les petits commerces s'ouvrent (Projet DELTA, 2005)

Durant les trois derniers mois de séjours, la palmeraie grouille de vie qui coïncide avec la cueillette des dattes, marquée par de grandioses fêtes spécifiques. A la fin de l'Automne, les maisons sont totalement vides. On transporte au Ksar tous les mobiliers et objets de valeur pour éviter qu'ils ne se dégradent en cas de crue (Projet DELTA, 2005)

La palmeraie est aussi une source d'une multitude de dérivées destinées à la vie quotidienne des habitants. Ça va des matériaux de construction jusqu'aux ustensiles de cuisine et différents mobiliers domestiques. Pratiquement, toutes les composantes de la palmeraie sont exploitées pour diverses utilisations (Projet DELTA, 2005)

5. Description botanique

5.1. Taxonomie

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* par LINNE en 1734. Le genre *Phoenix* comprend douze espèces dont cinq, en dehors du palmier dattier, sont à fruits consommables : *Phoenix atlantica* Chev, *Phoenix reclinata* Jacq, *Phoenix farinifera* Roxb, *Phoenix humilis* Royal et *Phoenix acoulis* Roxb. *Phoenix*, dérive du mot Phoenix, nom du dattier chez les Grecs. *Dactylifera* vient du latin dactylus dérivant du grec dactylo, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit (MUNIER, 1973).

Du point de vue botanique, le palmier dattier est une plante angiosperme (DJERBI, 1992) monocotylédone arborescente, dioïque (CALCAT, 1961 ; BOUGUEDOURA, 1979 ; DJERBI, 1992) dont la tige monopodiale couverte des bases des feuilles mortes, porte le nom de stipe qui peut atteindre 30 à 40 m (BEN ABDELLAH, 1990).

5.2. Systématique

D'après DJERBI (1992), le palmier dattier est classée dans :

- Le groupe des Spadiciflores
- Ordre : Palmales
- Famille : Palmacées
- Sous famille : Coryphoïdées
- Tribu : Phoenicées
- Genre : *Phoenix*

- Espèce : *Phoenix dactylifera* LINNE 1793.

6. Biologie et morphologie du palmier dattier

6.1. Biologie

Le palmier dattier est une espèce pérenne à très longue durée de vie (de l'ordre de 100 ans) dont la phase juvénile est d'environ 8 ans (SAAIDI et *al.*, 1981).

De point de vue cytologique, tous les Phoenix ont 36 chromosomes somatiques et peuvent s'hybrider entre eux (MUNIER, 1974 et MUNIER, 1981 b).

Donc le dattier, *Phoenix dactylifera*, est un métis non fixé, à grande hétérozygotie, d'où nécessité de sa propagation asexuée par rejet (djebbars), pour être certain des qualités culturales et fruitières du futur arbre (CALCAT, 1961).

6.2. Morphologie

Le palmier dattier est constitué de trois parties essentielles qui sont : les racines, le stipe et la partie aérienne ou la couronne.

6.2.1. Système racinaire

La principale étude de l'organisation du système racinaire est celle de MUNIER (1973). Ce système racinaire ne comporte pas de ramifications. Il présente, en fonction de la profondeur quatre zones : les racines respiratoires à moins de 0,25 m de profondeur qui peuvent émerger du sol ; les racines de nutrition se trouvent à une profondeur pouvant aller de 0,30 m à 1,20 m, les racines d'absorption qui rejoignent le niveau phréatique, et les racines d'absorption de profondeur caractérisées par un géotropisme positif très accentué, elles peuvent atteindre une profondeur de 20 m (CHIKHI et al., 2013)

6.2.2. Système végétatif aérien

Le tronc ou stipe monopodique, est généralement cylindrique. Il est toutefois tronconique chez certaines variétés. Il porte les palmes qui sont des feuilles composées et pennées issues du bourgeon terminal. Chaque année, apparaissent 10 à 20 feuilles. Une palme vit entre 3 et 7 ans (MUNIER, 1973).

6.2.3. Organes floraux

Le dattier comme toutes les espèces de la tribu des Phœniceae, est dioïque (BOUGUEDOURA, 1991). Il est diploïde avec $2n = 36$ parfois $2n = 16$ et $2n = 18$ D'après BEAL (1937)

Les fleurs du dattier sont portées par des pédicelles rassemblés en épi composé appelé spadice, enveloppé d'une grande bractée membraneuse entièrement fermée, la spathe. La spathe s'ouvre d'elle-même suivant une ligne médiane. Chaque spadice ne comporte que des fleurs du même sexe. Les spathes sont de forme allongée. Celles des inflorescences mâles sont plus courtes et plus renflées que celles des inflorescences femelles (TOUTAIN, 1972).

6.2.4. Fruit ou datte

La datte est une baie composée d'un mésocarpe charnu protégé par un fin épicarpe. L'endocarpe se présente sous la forme d'une membrane très fine entourant la graine, appelée communément noyau (MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994). OUELD H'MALLA (1998), signale différents stades d'évolution de la datte :

- **Stade Loulou**

Il commence après la fécondation. Les dattes ont alors une croissance lente, une couleur verte et une forme sphérique. Il dure 4 à 5 semaines (MUNIER, 1973 et F.GHEZZOUL, 2010)

- **Stade Khalal**

C'est un stade de sept semaines environ. Il se caractérise par une croissance rapide en poids et en volume. Les fruits ont une couleur vert vif et un goût âpre à cause de la présence de tanins (MUNIER, 1973 et F.GHEZZOUL, 2010)

- **Stade Bser**

Il se caractérise par une accumulation de sucres se traduisant par un goût sucré du fruit. La datte vire du vert au jaune ou rouge selon les cultivars. Son poids n'augmente que faiblement, et diminue même à la fin du stade qui dure 3 à 5 semaines (MUNIER, 1973 et F.GHEZZOUL, 2010)

- **Stade Mertouba**

Chez certains cultivars, le stade Mertouba correspond à la datte mûre. Le poids et la teneur en eau diminuent, et la couleur devient brune au cours des 2 à 4 semaines de cette phase (MUNIER, 1973 et F.GHEZZOUL, 2010)

- **Stade Tmar**

C'est le dernier stade correspondant à la maturation de la datte. La teneur en eau continue à diminuer et la couleur devient plus foncée, surtout chez les dattes molles et demi-molles. Pour les variétés sèches, la couleur du fruit reste toutefois claire

Le poids, les dimensions, la forme et la couleur de la datte varient en fonction des cultivars et des conditions de culture. La consistance constitue aussi une caractéristique du cultivar car la

datte peut être molle, demi-molle ou sèche (DJERBI, 1994). La chaire de la datte mûre est composée en majorité de sucres soit 70 % à 75 % du poids sec sans la graine

Il s'agit du saccharose, du glucose, du galactose, des xyloses, etc. Le taux d'humidité du fruit est inférieur à 40 % au stade de maturité, quelle que soit la consistance (molle, demi- molle). ABDEL SALAM (1994 cité par BENMEHCENE, 1998), rapporte que la datte est riche en vitamine A, moyennement riche en vitamine B1, B2, B7, et pauvre en vitamine C. Elle contient des éléments minéraux, surtout du potassium, mais aussi du phosphore, du calcium et du fer . C'est le stade final de maturation de la datte (maturation commerciale) au cours duquel le fruit perd une quantité d'eau (DJERBI, 1994 in ,F.GHEZZOUL, 2010).

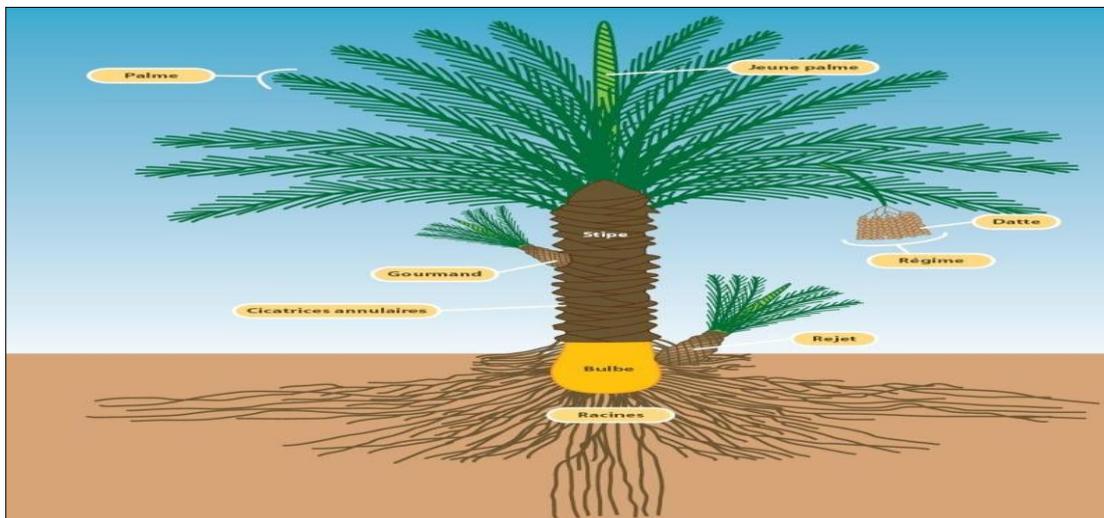


Figure 5 : Présentation schématique d'un palmier dattier (SBIAI, 2011)

7. Exigences écologiques

Le palmier dattier exige un milieu particulier pour se développer et surtout pour mûrir ses fruits. Les exigences expliquent la répartition géographique de cette espèce fruitière (GIRARD, 1962).

7.1. Température

Le palmier dattier est très exigeant vis-à-vis de la température. En ce qui concerne les effets de celle-ci sur le développement et la maturation des fruits, c'est certainement le manque de chaleur à l'époque de la maturation qui détermine vers le Nord la limite de culture de la plante (AZZI, 1954). Il est cultivé dans les régions arides et semi-arides du globe ; ces régions sont caractérisées

par des Etés chauds et longs, une pluviosité faible ou nulle et un degré hygrométrique faible (DJERBI, 1992).

La température de 10 °C est généralement considérée comme le point 0 de végétation. L'intensité maximale de végétation est atteinte à 32 °C ; elle se stabilise ensuite pour décroître vers 38 °C – 40 °C. (MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1992). On calcule ses besoins comme étant la somme des températures moyennes journalières supérieures à 18 °C pendant la période allant de la floraison à la maturation (BEN ABDELLAH, 1990). Le froid se manifeste aussi, sans commettre de dégâts, sur l'activité végétative, par un retard de la reprise de la végétation (MUNIER, 1973); au-dessous de 7 °C, sa croissance s'arrête, c'est le repos végétatif. Si la température descend au-dessous de 0 °C pendant une certaine durée, elle entraîne le dessèchement partiel ou total des feuilles (DJERBI, 1992).

7.2. Lumière

Le dattier est une espèce héliophile. Il est cultivé dans les régions à forte luminosité. L'action de la lumière favorise la photosynthèse et la maturation des dattes (CALCAT, 1961). Il faut éviter les densités trop fortes qui favorisent l'émission des rejets plutôt que la maturation des dattes (DOUADI, 1996).

7.3. Humidité de l'air

L'humidité de l'air a une influence importante sur le palmier, elle peut jouer sur :

- ✓ L'apparition des maladies.
- ✓ La qualité des dattes (dattes molles ou sèches, pourriture).
- ✓ L'époque de la maturation des dattes (maturation rapide en cas de faible humidité avec des vents chauds et secs) (MUNIER, 1973).

7.4. Vents

Les vents ont une influence néfaste sur la végétation. Ils provoquent un dessèchement et une évaporation interne, occasionnent des pertes d'eau abondantes, brûlent les feuilles surtout des jeunes palmiers et provoquent des tâches et brûlures sur les jeunes fruits. Enfin dans certaines régions, ils provoquent des accumulations de sables qui envahissent peu à peu les palmeraies. Les vents de printemps, Mars et Juin seront les plus redoutables, (GIRARD, 1962).

7.5. Sol

Le palmier dattier est très accommodant sur la nature du sol (CALCAT, 1961), il vit dans les sols les plus variés, depuis des sables presque purs, jusqu'à des sols à fortes teneurs en argile (MUNIER, 1973). Mais ce sont les sols perméables qui lui conviennent le mieux et qui produisent les meilleures dattes (GRISVARD et *al.*, 1964). Le dattier est susceptible de vivre dans des terres contenant jusqu'à 3 à 4 % de sel (OZENDA, 1977).

Malgré sa forte résistance à la salinité, marquée par une croissance sur des sols contenant 3 % de sels solubles, le palmier dattier ne se développe plus à des concentrations d'environ 6 % en sels (ARAR, 1975 in BAAZIZ, 2003).

7.6. Eau

Les palmeraies étant sous la stricte dépendance des ressources hydrauliques locales, le choix du sol est surtout effectué en fonction des possibilités d'utilisation de celles-ci. Les besoins en eau d'irrigation sont estimés à 0,33 l/minute par palmier ou 40 l/minute par hectare soit 21,344 m³ d'eau par hectare par an de palmiers (écartement 9 m x 9 m).

Le dattier supporte des eaux salées (chargées en NaCl et MgCl₂), mais il donne des meilleurs résultats économiques lorsqu'il est irrigué avec de l'eau douce. Des études faites par ROSEAU in ALLAM ABDELKADER, 2008) à la station d'El-Arfiane, montrent que les palmiers dattiers végètent normalement à des concentrations inférieures à 10 grammes de sels par litre.

- ✓ A 15 g / l, le palmier commence à dépérir.
- ✓ A 30 g / l, le dépérissement s'accélère et le palmier finit par mourir.

La tolérance en sel est un caractère variétal. Dans la région d'Oued Righ les variétés Ghars et Degla Beida sont plus tolérantes que la Dglet-Nour (MUNIER, 1973).

7.7. Drainage

Les palmeraies irriguées avec des eaux présentant une salinité élevée doivent être nécessairement drainées, afin que l'accumulation du sel dans le sol ne rende celui-ci, à la longue, stérile (MUNIER, 1973).

8. Maladies et ravageurs du palmier dattier

La nature particulière de cette espèce botanique et de ses exigences climatiques font de l'environnement oasien un milieu particulier, caractérisé par la présence de maladies et ravageurs acclimatés à ce biotope.

Plusieurs insectes, acariens et autres déprédateurs sont inféodés au palmier dattier ou aux dattes ; certains de ces déprédateurs ont une grande importance économique

(MUNIER, 1973).

8.1. Bayoud (*Fusarium*)

C'est la maladie cryptogamique la plus grave du palmier dattier, causée par un champignon *Fusarium oxysporum* f.s.p. *albidinis*, (BOUGUEDOURA, 1991). L'épidémie a commencé en Algérie en 1898 à Beni Ounif à cause des apports de rejets ou d'autres matériaux contaminés, à partir des oasis frontalières marocaines (DUBOST, 1972). Il constitue un véritable fléau pour les zones phoenicicoles d'une partie de l'Afrique du Nord et constitue une menace pour tous les pays qui en sont indemnes.

En Algérie, ce sont surtout les palmeraies du Sud-Ouest qui sont atteintes. Actuellement la maladie a gagné la région du M'Zab et menace les zones du Sud-Est où sont concentrées les plus grandes palmeraies algériennes avec principalement la variété Deglet-Nour (IDDER, 1992).

8.2. Khamedj (Pourriture des inflorescences)

Cette maladie est causée par un champignon : *Asperginiella scaettae* que l'on trouve toujours à l'état pur dans les tissus atteints. Le premier symptôme de la maladie se révèle par l'apparition d'une ou de deux tâches rouilles ou brunes à la surface externe des spathes encore fermées. La spathe ne s'ouvre pas à cause de la pourriture totale de son contenu où le champignon a déjà envahi les inflorescences (DJERBI, 1986).

8.3. Boufaroua

Son nom scientifique est "*Oligonychus afrasiaticus* MAC. G, appartenant à la famille des Tetranychidae est présent dans toutes les palmeraies d'Afrique du Nord et du Moyen Orient. Il a été décrit et signalé en Algérie par MARCANDRE en 1932. L'adulte mesure 0,44 à 2,28 mm, ayant un corps ovale de couleur jaune pâle et présente un petit nombre de longs poils espacés sur le corps. Le mâle est plus petit et plus allongé que la femelle (MUNIER, 1973 ; GUESSOUM, 1986).

8.4. Pyrale de datte

Sont représentés essentiellement par les espèces du genre *Cadra*, *Plodiainer punctella* et *Ectomyelois ceratoniae* ZELLER. Pour le genre *Cadra* dans les oasis algériennes, ce sont surtout *Cadra cautella* Walk, *Cadra calidella* Gn et *Cadra figulilella* Gre. Ces espèces sont rencontrées en grandes proportions dans les lieux de stockage et secondairement dans les dattes demeurées par terre (DOUMANDJI-MITICHE, 1983). Ce sont des lépidoptères de la famille des *Pyralidae*. Les dégâts sur la datte sont provoqués par la chenille qui est localisée entre le noyau et la pulpe, et se nourrit de cette dernière (VILARDEBO, 1975).

8.5. Cochenille blanche

Parmi les déprédateurs les plus redoutables du palmier, *Parlatoria blanchardi* est connue depuis fort longtemps dans les oasis algériennes (BALACHOWSKY, 1937 ; BALACHOWSKY, 1953). En effet, le peuplement intense de la cochenille blanche n'entrave pas seulement le développement normal de la plante, mais il cause également le dessèchement prématuré des djerids et peut conduire à la perte totale d'un végétal aussi robuste et résistant que le palmier dattier (SMIRNOFF, 1954).

Deuxième partie



Matériels
et
Méthodes

Chapitre III



*Présentation de la
région de Ghardaïa*

Chapitre III. Présentation de la région de Ghardaïa

La vallée du M'Zab, fondée au XI^{ème} siècle, est un véritable musée à ciel ouvert situé en plein désert et couvrant une superficie de 50 km² (20 x 2.5 km). Elle est classée comme patrimoine national en 1971 et patrimoine de l'humanité par l'UNESCO depuis 1982.

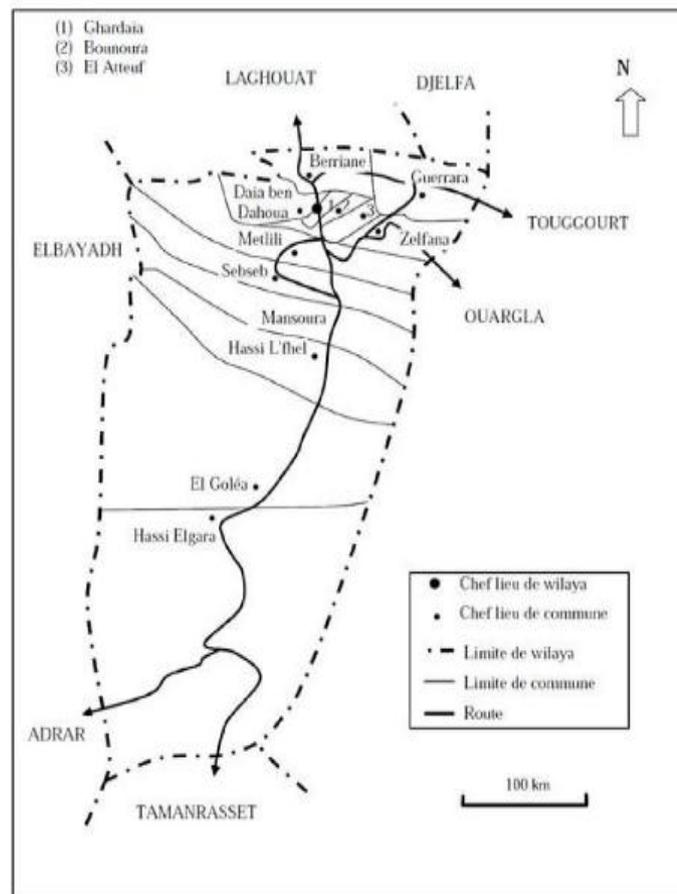


Figure 6 : Limites administratives de la wilaya de GHARDAIA (BEN KENZOU et *al.*, 2007)

1. Cadre géographique

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrional, elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa.
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset.
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla.
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayadh.

La population de la wilaya est estimée de 309.740 habitants, soit une densité de peuplement de 3,60 habitants au km². Elle est constituée de 13 communes regroupées dans 9 daïras. La superficie de la wilaya est de 86 105 km² (O.N.M, 2013).

La vallée du M'Zab est située dans la wilaya de Ghardaïa . Elle se situe à 600 Km au sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 600 Km environ, et une longitude de 3°.45 Est, et latitude de 32°.50 Nord. Elle se trouve dans le plateau de la Hamada, dans le Sahara Septentrional, où figure la Chebeka (filet) du M'Zab, c'est un plateau de calcaire disséqué en vallées et ravins qui s'enchevêtrent les unes dans les autres. Ainsi, sont sculptées les mailles de ce filet géant ouvert du Nord-Ouest vers le Sud-Est pour laisser passer l'Oued M'Zab (rivière ou torrent coulant à intervalles très irréguliers).

La vallée du M'Zab, lieu de localisation du projet, mesure 20 Km de long sur une moyenne de 2.5 Km de largeur. Elle couvre une superficie de 50 km² (DELTA, 2002).

2. Climat

Le climat local est caractérisé par un excès de chaleur en Eté, les écarts considérables de température et la sécheresse de l'air (O.N.M ,2013).

2.1. Température

Les températures moyennes journalières enregistrées sont respectivement :

- Mois de Janvier : 10° C
- Mois de Juillet : 33° C
- Minimum enregistré : 0.2° C
- Maximum enregistré : 46° C

2.2. Précipitations

Le régime pluviométrique au Sahara Septentrional est variable d'une année, il est caractérisé par des pluies qui apparaissent pendant la saison froide, de Septembre à Mars ; avec une moyenne de 100 à 200 mm par an et souvent loin d'être atteinte. Cette périodicité joue un rôle capital dans l'individualisation de la végétation (QUEZEL et SANTA , 1962).

D'une manière générale, les précipitations sont faibles et d'origine orageuse, caractérisées par des écarts annuels et interannuels très importants. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 77, 01 mm (O.N.M , 2013).

2.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible, elle est de l'ordre de 21,98 % en Juillet, atteignant un maximum de 53,81 % en mois de Janvier et une moyenne annuelle de 37,77 % (O.N.M., 2013).

2.4. Evaporation

Selon DUBIEF (1959), le Sahara apparaît comme la région du monde qui possède l'évaporation la plus élevée. Cette perte d'eau, peut avoir comme origine :

- L'évaporation de masses d'eau libre ou de celle contenue dans le sol, ou évaporation physique.
- L'évaporation par les végétaux (qui peut être considérée comme secondaire dans les régions sahariennes), ou évaporation physiologique.

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 527.62 mm /an, avec un maximum mensuel de 76.97 mm au mois de Juillet et un minimum de 17.62 mm au mois de Janvier (O.N.M., 2013).

2.5. Insolation :

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (OZENDA, 1991).

La durée moyenne de l'insolation est de 58.28 heures/mois, avec un maximum de 74.42 au mois d'Avril ; et un minimum de 46.39 au mois de Février. La durée moyenne annuelle est de l'ordre 699.42 heures/an, soit approximativement 1.91 heures/jour (O.N.M., 2013).

2.6. Pluviométrie

La moyenne annuelle de hauteur des pluies se situe entre 50 et 60 mm, sauf pour les années de sécheresse où la hauteur ne dépasse pas les 20 à 30 mm (O .N.M ,2013)

2.7. Les vents :

D'après les données de l'O.N.M. (2013) pour la période de 1996-2012, les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de 6.63 m/s.

- 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.

le soufflent du Sud-Est, environ 20 jours par an surtout en Mars, Avril et Mai.

2.8. Classification du climat

2.8.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Selon le tableau 8 qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 16 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche (O. N. M, 2013).

Tableau 9 : Données météorologique de la Wilaya de Ghardaïa (1996-2012) (O.N.M., 2013)

	T. (°C)	P. (mm)	I. (h)	E. (mm)	H. (%)	V.V (m/s)
Janvier	12,34	5,05	50.74	17.62	53,81	5,91
Février	14,38	3,06	46.39	25.97	44,21	7,69
Mars	16,66	8,23	52.87	33.58	38,38	6,9
Avril	21,3	11,23	74,42	43.18	38,63	7,75
Mai	26,11	2,62	62.64	50.18	28,34	7,09
Juin	30,99	2,12	67	75.04	24,87	7,08
Juillet	33,41	1,17	70.60	76.97	21,98	6,11
Août	33,63	9,96	65.93	71.15	25,61	5,63
Septembre	29,16	15,85	54.18	51.47	35,3	6,17
Octobre	23,88	8,2	54.5	33.07	42,74	7,82
Novembre	16,6	3,46	50.63	24.57	46,94	5,29
Décembre	12,51	6,06	49.52	24.82	52,47	6,16
Moyenne	22,58	6,418	58,285*	43,96*	37,77	6,63

H. : Humidité relative ; T. : Température ; P. : Pluviométrie ; I. : Insolation.

V.V. : Vitesse de vent ; E. : Evaporation ; * : Cumulés annuelle.

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté(Figure.7):

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C.
- Une échelle de $P = 2T$.

L'aire compris entre les deux courbes représente le période sèche. Dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

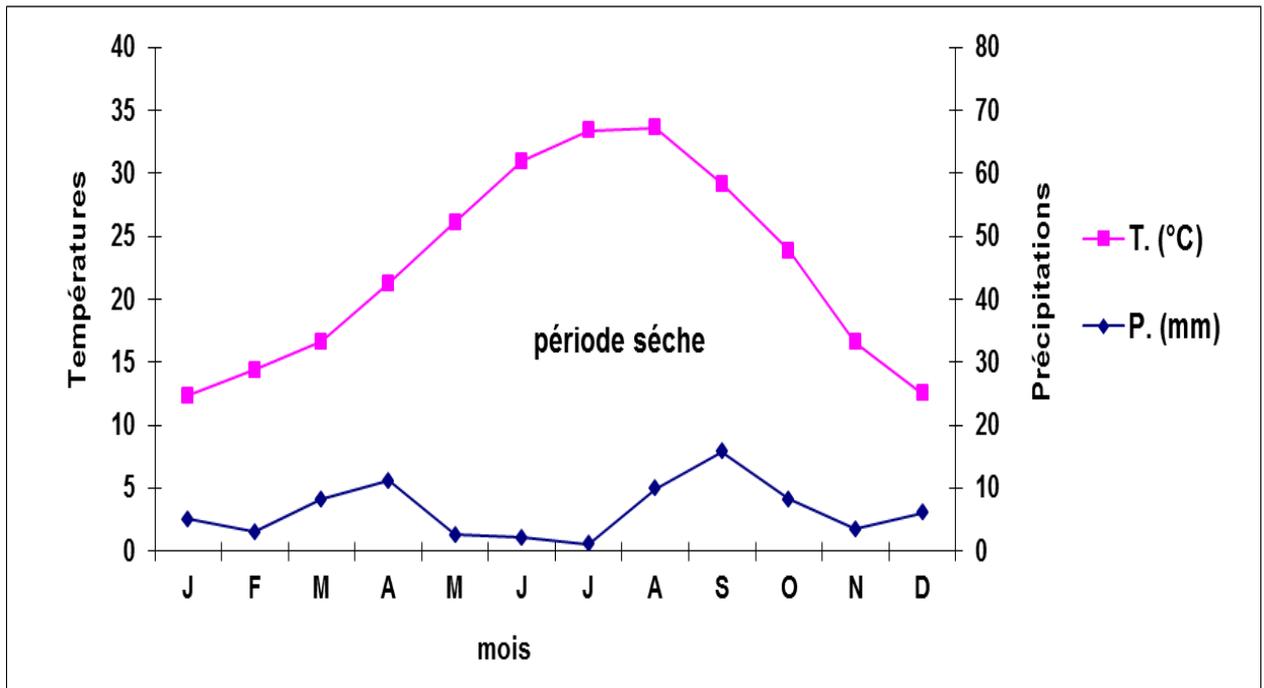


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 1996-2012

2.8.2. Climagramme d'EMBERGER

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté :

- En abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid.
- En ordonnées par le quotient pluviométrique (Q₂) d'EMBERGER (1933 in LE HOUEROU, 1995).

Nous avons utilisés la formule de STEWART (1969 in LE HOUEROU, 1995) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3,43P/Mm$$

Q_2 : quotient thermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm $Q_2 = 3,43 P/Mm$

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

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

D'après la figure (8), Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q_2) est de 7,57.

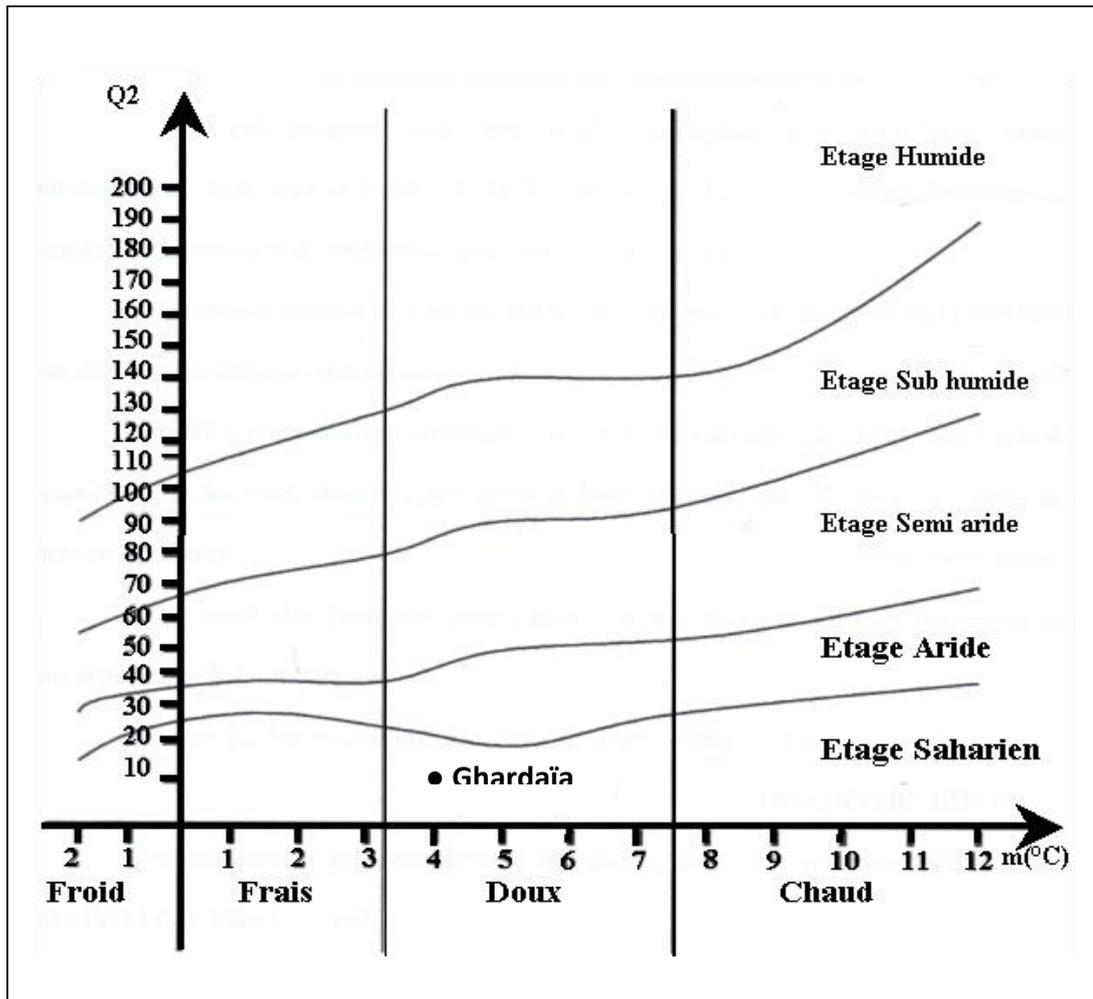


Figure 8 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER.

3. Géomorphologie

La Chebka du M'Zab présente une unité topologique et s'incline de 800 m au Nord à 400 m au Sud. Elle est difficile d'accès et se situe dans une zone délimitée à l'Est par la route reliant Ghardaïa à El Goléa, à l'Ouest par la Gaâda, au Nord par le bassin de l'Oued El Abioud et au Sud par le bassin de l'Oued El Fahl.

L'érosion pluviale du début du quaternaire a creusé dans l'étage supérieur de ce un réseau d'Oueds complexe qui découpe la roche dans tous les sens massif (Chebka = filet). Ces Oueds se déversent suivant l'inclinaison du plateau vers l'oasis d'Ouargla. La profondeur des principaux Oueds varie entre 100 et 150 m (D.P.A.T., 2005).

L'érosion des Oueds a mis au jour des bancs gypseux. Les sols en bordure des Oueds sont pauvres et formés de débris calcaro-siliceux ou argilo-siliceux. Des nappes de galets et de blocs enrobés par un ciment calcaro-siliceux, peu résistant (encroûtement), sont visibles dans les parties les plus larges des Oueds. A faible profondeur, les marnes cénomaniennes et entre 400 et 1000 m, les couches de grés albien ont permis la formation d'importantes réserves d'eau : nappe phréatique et nappe albienne. (D.P.A.T., 2005).

Le plateau (Kef) présente l'aspect des Hamadas ou Regs de déflation, une pierraille anguleuse formée de polyèdres et résultant de la fragmentation de la roche, parsème la surface. Cette thermoclastie s'explique par les variations thermiques annuelles, mais surtout diurnes. La différence de résistance à l'érosion des strates est responsable de la formation des Gours aux sommets tabulaires et aux rebords escarpés. Les Dias sont de petites dépressions qui parsèment la surface du plateau où s'accumulent les minéraux argileux. (DELTA, 2005)

Les formations dunaires éoliennes sont rares dans la Chebka et sont toujours de faible étendue. Les seules dunes permanentes à proximité de Ghardaïa sont situées au Nord-Ouest de Daïa ben Dahoua et à l'est d'El-Atteuf, sur les rives de l'Oued M'Zab. Le M'Zab contraste donc avec les autres régions sahariennes par sa topographie et le réseau serré de ses Oueds dont la majorité se diverse dans le bassin de l'Oued M'Zab. (DELTA, 2005)

3.1 Chabka du M'Zab

C'est un plateau crétacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Ces vallées sont plus ou moins parallèles. Leur pente est dirigée vers l'Est (D.P.A.T ,2005).

La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable et n'atteint pas les cent (100) mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges (D.P.A.T ,2005).

Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km², représentant 21 % de la région du M'Zab (COYNE, 1989). Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise d'El Loua, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement

Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoura et Hassi L'Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau

3.2 Région des dayas

Au sud de l'Atlas Saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des Dayas» en raison de l'abondance de ces entités physiologiques et biologiques qualifiées des dayas. Dans la région de Ghardaïa, seule la commune de Guerrara, située au Nord-Est, occupe une petite partie du pays des Dayas (MAHMA, 1997)

De substratum géologique Miocène-Pliocène, les Dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résulté des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique (BARRY et FAUREL, 1971 in LEBATT et MAHMA, 1997).

3.3. Région des Regs

Elles sont situées à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique Pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux.

Les Regs sont le résultat de la déflation éolienne, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (BELERAGUEB, 1996 in MIHOUB, 2008).

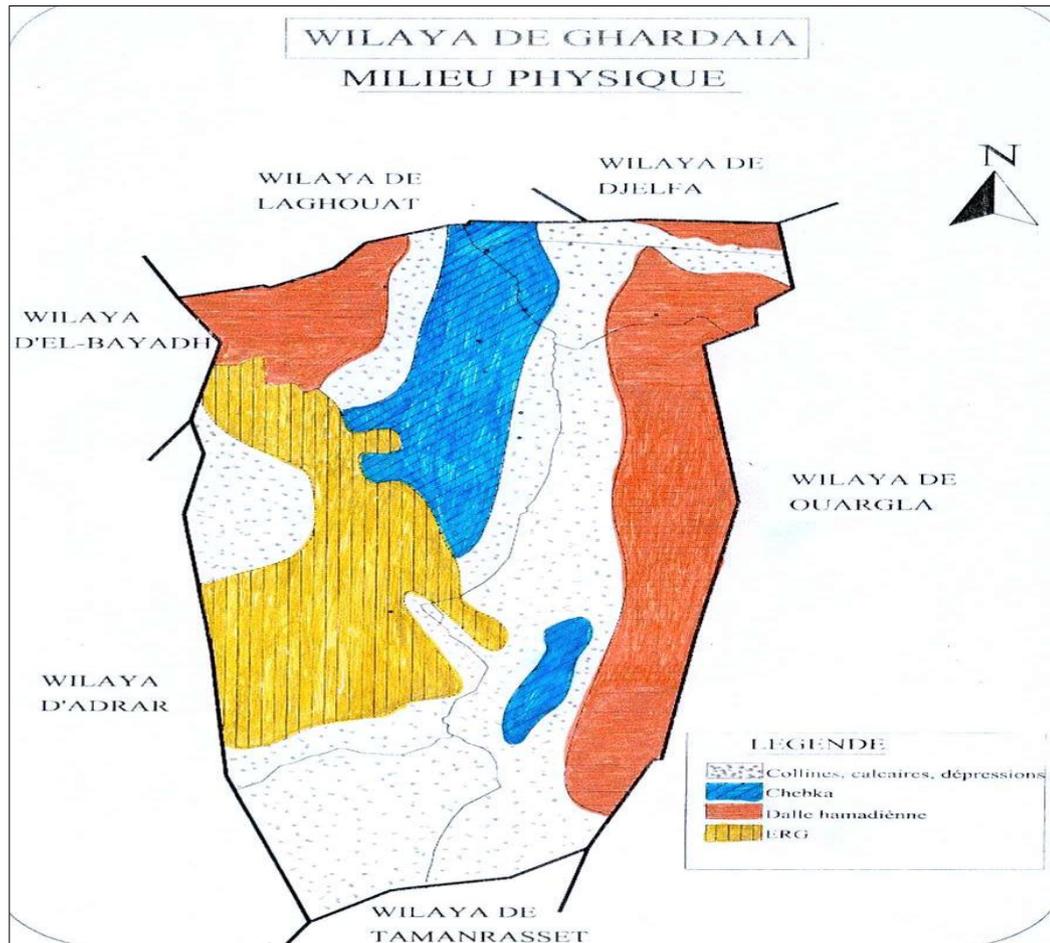


Figure 9 : Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (DPAT, 2005)

4. Hydrogéologie

Comme toutes les villes de désert, les ressources en eau de surface sont très rares. Seule une forte pluie de plusieurs heures peut provoquer la crue de l'Oued et cela n'arrive qu'une fois tous les deux ou trois ans en moyenne. Quant aux eaux souterraines, elles sont plus abondantes et il en existe deux nappes :

- Une nappe phréatique, située entre 40 et 70 m de profondeur (pouvant remonter jusqu'à 20 m). Elle est exploitée par un système de pompage utilisant jadis la traction animale puis maintenant l'énergie électrique. La nappe phréatique présente plusieurs contraintes : étendue limitée, potentialités réduites étant la nature de la roche réservoir (calcaires fissurés) et débits très faibles donné (phénomène aggravé par la concentration des puits). En fin, plus récemment, la nappe connaît une pollution importante à cause du rejet des déchets organiques en son sein.

- Une nappe albienne captive beaucoup plus importante mais difficile à exploiter par ce qu'elle se situe à 400 m de profondeur. Elle est exploitée depuis les années 50 et fournit à ce jour l'essentiel de l'eau de consommation (DELTA, 2005).

Tableau 10 : Mobilisation et affectation des eaux

Commune	Eaux mobilisées		Affectation %			Origine de la ressource F - P ou S	Dotation L/H/J A.E.P	% de logements raccordés au réseau	
	Eaux de Surface	Eaux sous terraines (Hm3) An	AE P	% A.E.I	Irrigation			AE P	Assainis
Ghardaïa	/	15.242	76	0	24	F	200	95	80
Daya	/	8.09	45	0	55	F	200	93	10
El-Atteuf	/	8.828	43	7	50	F	200	92	95
Bounoura	/	7.4	62	19	19	F	200	93	97

F : Forage P : Puits S : Source

Source: DPAT

5. Géologie

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite ; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques) (figure.10) (A.N.R.H, 2007).

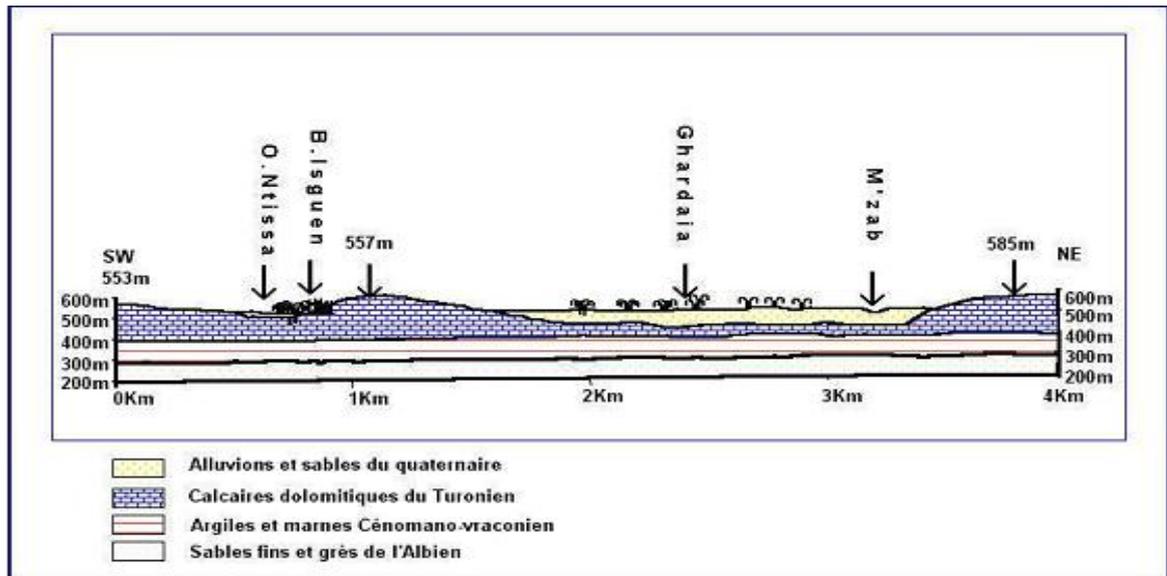


Figure 10: Esquisse hydrogéologique du M'Zab.

6. Hydrologie

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.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (figure.6), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région.

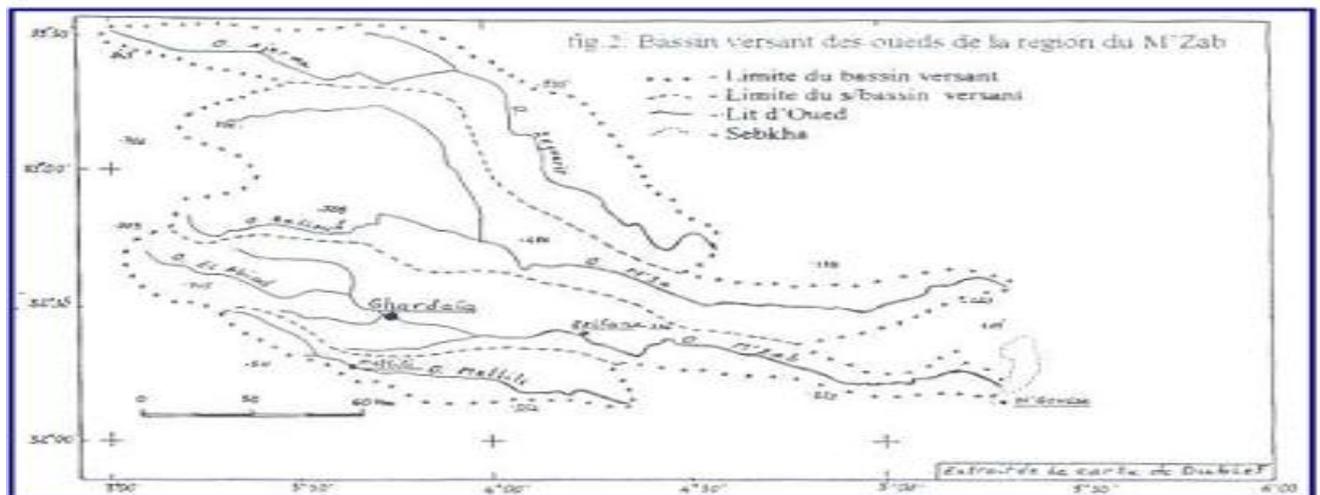


Figure 11: Bassin versant de la région du M'Zab.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces Oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. Une étude des crues de l'Oued Mzab a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s (A.N.R.H, 1994).

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'Oued M'Zab et Metlili où chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations (A.N.R.H, 2007).

7. Pédologie

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur à 1 %) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8 % en volume d'eau disponible (DAOUD et HALITIM, 1994).

8. Données sur l'activité agricole de la Wilaya :

Les terres utilisées par l'agriculture couvrent 1.370.911 Ha dont (DPAT, 2005) :

- Surface agricole utile (S.A.U.) : 18,219 ha en irrigué en totalité.
- Pacages et parcours : 1.352.520 ha.
- Terres improductives des exploitations agricoles : 172 ha.
- Matériels agricoles : 374 tracteurs, 04 Moissonneuses batteuses et 2,929 motopompes et pompes.

Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation :

- Oasien.
- APFA (Accession à la propriété foncière agricole).

Chapitre IV



Matériels
Et
Méthodes

Chapitre IV. Matériels et méthodes

1. Approche méthodologique

La salinité des sols constitue un problème majeur des sols cultivée au Sahara algérien surtout dans les dépressions par la suite d'irrigation continue accompagnée par un mauvais drainage.

La connaissance du niveau de salinité des sols est indispensable afin de déterminer leurs aptitude a la mise en valeur et de prendre les précautions nécessaire en vue d'une bonne pratique d'irrigation et de drainage.

L'approche méthodologique choisie permet de caractériser la salinité d'un sol cultivé, et un sol non cultivé (témoin) dans la région d'EL-Atteuf afin de déduire l'impact de l'irrigation sur l'évolution des profils salin dans cette région.

Les critères d'évaluation étant la salinité exprimée par la conductivité électrique à 25°C est représenté par le profil salin

2. Caractéristiques du site d'étude

El Atteuf, a été fondé en 1012 en aval de la vallée du M'Zab. Ce Ksar constitue le point de départ et l'enclenchement du processus d'urbanisation de la vallée (D.P.A.T,2005).

La ville d'EL-Atteuf est une région du Nord saharien, située dans la wilaya de Ghardaïa, à 550 km au Sud d'Alger. Elle abrite approximativement 360 000 habitants. Elle est limitée :

- Au Nord : Par la commune de Berrianeet GUERRARA
- Au Sud : Par la commune de Metlili.
- A l'Ouest : Par la commune de Ghardaïa.
- A l'Est : Par la commune de Zelfana.

La ressource de l'eau dans la commune est la nappe albienne et la nappe phréatique

- ❖ La nappe albienne : Correspond à la formation du Continental Intercalaire avec une profondeur de 200 à 700 m. La production d'eau est entièrement d'origine souterraine, à partir des forages effectués dans les nappes profondes des couches géologiques de

l'Albien. Divers moyens traditionnels et modernes sont utilisées pour accéder à ces puits, y compris les poulies et pompes à moteur (MEDDI, 2006 ; MUTIN, 2000).

- ❖ La nappe phréatique : est présentée dans la région en raison de la nature des roches et de l'érosion qui constitué un réseau de vallées profondes à fond plat. L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profonde (Albien) de certain forage destiné pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. Le nombre des puits exploitants la nappe n'est pas exactement connu (MEDDI, 2006 ; MUTIN, 2000).

Tableau 11 : La composition chimique des eaux albiens des eaux d'El Atteuf

Lieu 2003/2012	El-Atteuf	Lieu 2003/2012	El-Atteuf
T°(C°)	34.1	Mg ²⁺ mg/l	44.27
	5 30		77.76
Ph	7.43	TH mg/l	574.2
	7.3		712
Cond ms/cm ²	2.470	Cl ⁻ mg/l	-
	2.250		397.02
Sal	1.2	HCO ₃ ⁻ mg/l	117
	-		132
TDS mg/l	1525	K ⁺ mg/l	10.6
	-		9.16
Résidu sec à 105°C mg/l	-	Na ⁺ mg/l	310
	1808		256.25
Résidu sec à 525°C mg/l	0.42	O.PO ₄ mg/l	0.038
	-		0.002
Ca ²⁺ mg/l	157.11	NO ₂ ⁻ mg/l	00
	125.3		00
NH ₄ ⁺ mg/l	-	NO ₃ ⁻ mg/l	7.382
	0.057		-

3. Méthode d'échantillonnage

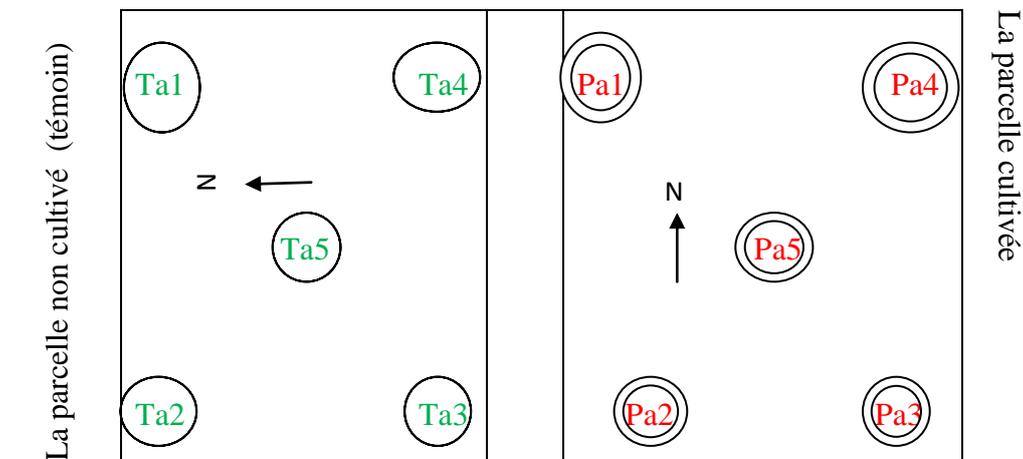
La description de l'état de la salinité dans la région d'EL Atteuf a été réalisée en faisant un échantillonnage en diagonale comme le montre la figure 12. Le nombre de profil étant cinq dans la parcelle cultivée, et cinq dans la parcelle non cultivée hors palmier.



Figure 12 : Parcelle cultivée

Figure 13 : Prélèvement de l'échantillon par la tarière

Figure 14 : Parcelle non cultivée (témoin)



- P : échantillon prélevé dans la parcelle cultivée (dans la planche d'irrigation)
- T : échantillon prélevé dans la parcelle non cultivée hors palmier

Figure 15 : Plan d'échantillonnage.

4. Analyse au laboratoire

Les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm.



Figure 16 : Séchage des échantillons.



Figure 17 : Tamisage des échantillons.

Les analyses ont portés sur la conductivité électrique (C.E à 25°C), mesurée au conductimètre sur un extrait dilué avec un rapport sol/eau de 1/5.



Figure 18 : Pesée du sol .



Figure 19 : Agitation de l'extrait .



Figure 20 : Conductimètre.

Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire de géologie de l'université de Ghardaïa.

5 . Profils salins

Afin d'étudier la dynamique des sels, nous avons tracé les profils salins de chaque point échantillonné ainsi que les profils salins caractéristiques et qui correspond au profil moyen de chaque parcelle.

Troisième partie



Résultats
et
discussions

Chapitre V



**Etude de la salinité
du sol dans la
palmeraie de EL
Atteuf**

Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie d'El Atteuf

La classification de la salinité du sol a été réalisée en fonction de l'échelle d'AURBERT (1978)

1. Résultats

1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée

1.1.1. Dynamique des sels dans le profil PA1

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil PA1 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de l'horizon PA1H1 de 0,89 dS/m, de 0,59 dS/m pour l'horizon PA1H2, de 1,60 dS/m pour l'horizon PA1 H3 et de 1,28 dS/m pour l'horizon PA1H4. L'allure du profil salin PA1 est montrée dans la figure (21).

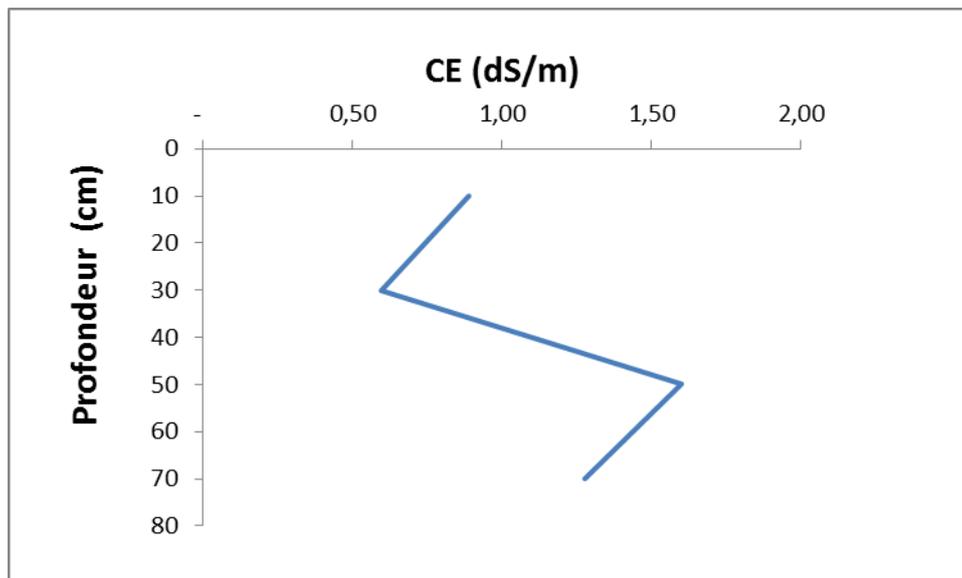


Figure 21: Profil salin PA1.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin PA1 est de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur.

1.1.2. Dynamique des sels dans le profil PA2

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil PA2 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de l'horizon P2H1 de 1,41 dS/m, de

0,55 dS/m à l'horizon P2H2 et de 0,57 dS/m pour l'horizon P2H3 et de 0,51 dS/m pour l'horizon PA1H4. L'allure du profil salin PA2 est montrée dans la figure (22).

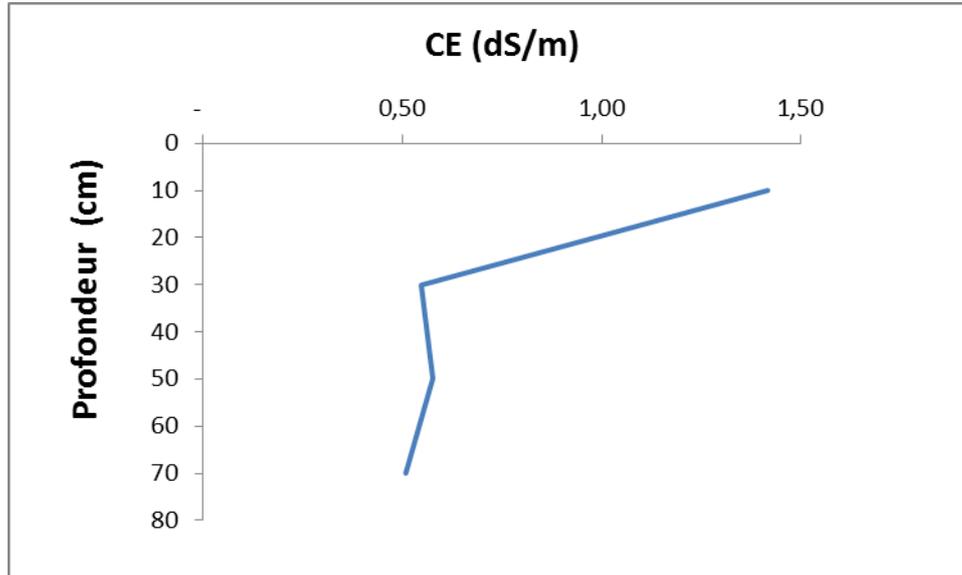


Figure 22 : Profil salin PA2.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P1 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle..

1.1.3. Dynamique des sels dans le profil PA3 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil PA3 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon P2H1 de 0,45 dS/m, de 0,32 dS/m à l'horizon P3H2 et de 0,43 dS/m pour l'horizon PA3H3 et de 0,59 dS/m pour l'horizon PA3H4. L'allure du profil salin PA3 est montrée dans la figure (23).

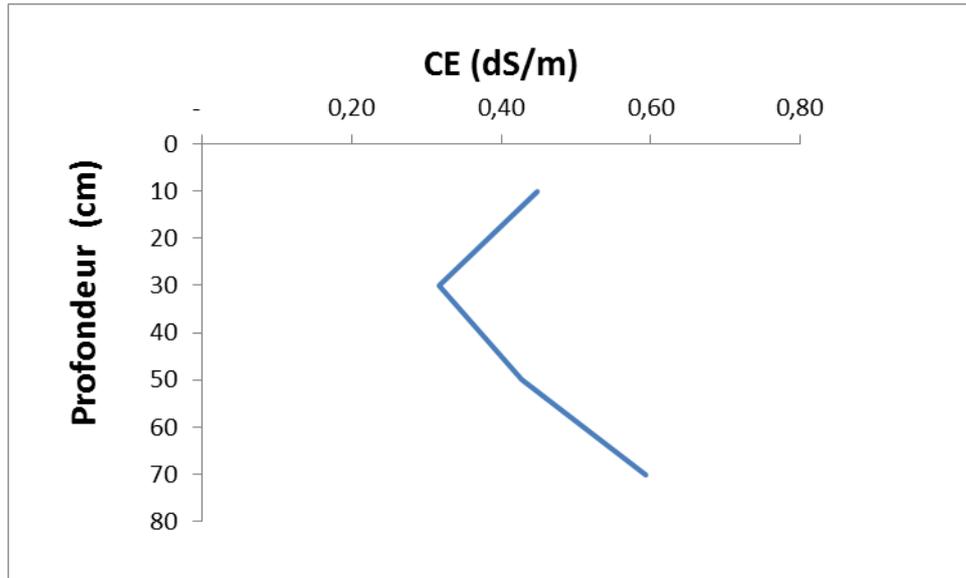


Figure 23: Profil salin PA3

Selon la classification des profils Salin de SERVANT (1978), le profil salin PA3 est de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur.

1.1.4. Dynamique des sels dans le profil PA4

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil PA4 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon P4H1 de 0,14 dS/m, de 0,24 dS/m à l'horizon PA4H2, de 0,21 dS/m pour l'horizon PA4H3 et de 0,16 dS/m pour l'horizon PA4H4. L'allure du profil salin PA4 est montrée dans la figure (24).

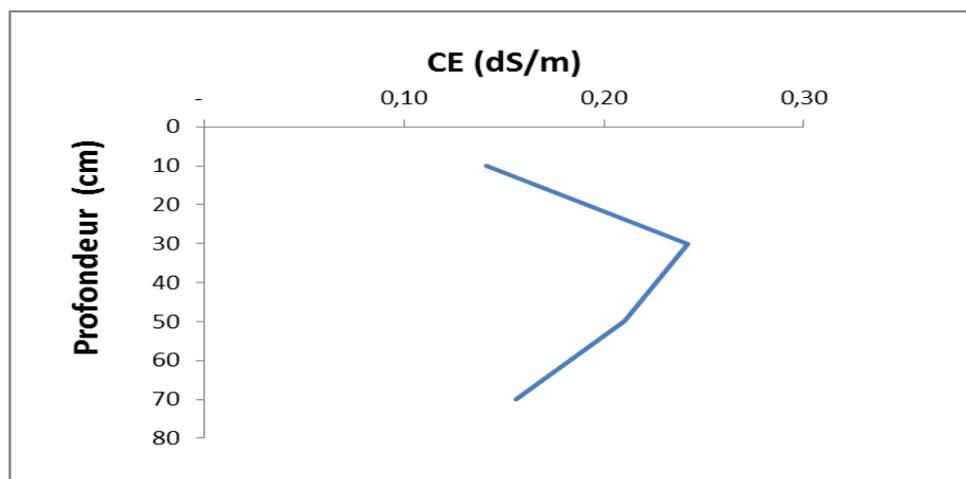


Figure 24 : Profil salin PA4.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P1 est de type (B), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche médiane.

1.1.5. Dynamique des sels dans le profil PA5

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil PA5 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon PA5H1 de 0,30 dS/m, de 0,34 dS/m à l'horizon PA5H2, de 0,41 dS/m pour l'horizon PA5H3 et de 0,78 dS/m pour l'horizon PA5H4. L'allure du profil salin PA5 est montrée dans la figure (25).

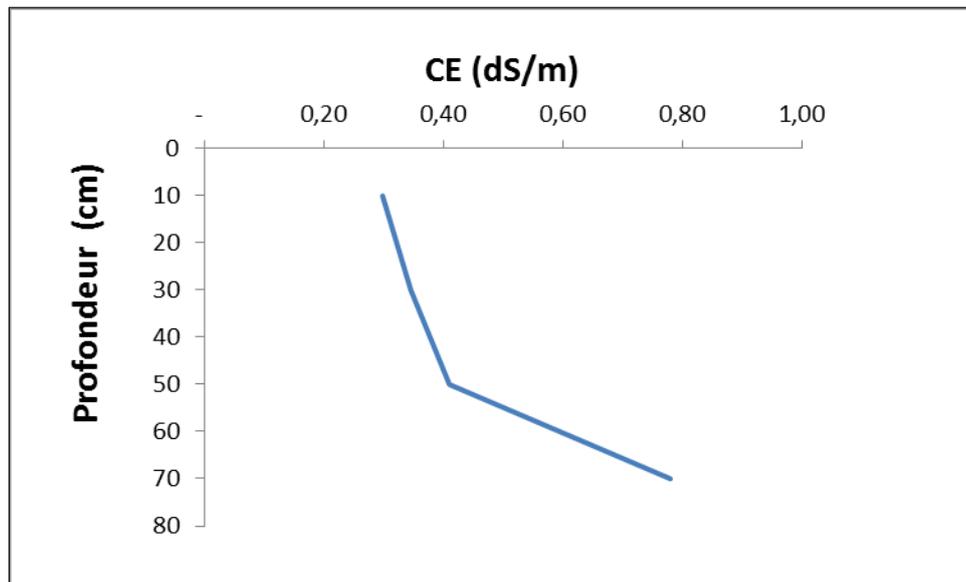


Figure 25 : Profil salin PA5.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P1 est de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur.

1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée (témoin)

1.2.1. Dynamique des sels dans le profil T41

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil TA1 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon TA1H1 de 0,70 dS/m, de 0,42 dS/m à l'horizon TA1H2, de 0,42 dS/m pour l'horizon TA1H3 et de 0,33dS/m pour l'horizon TA1H4. L'allure du profil salin TA1 est montrée dans la figure (26).

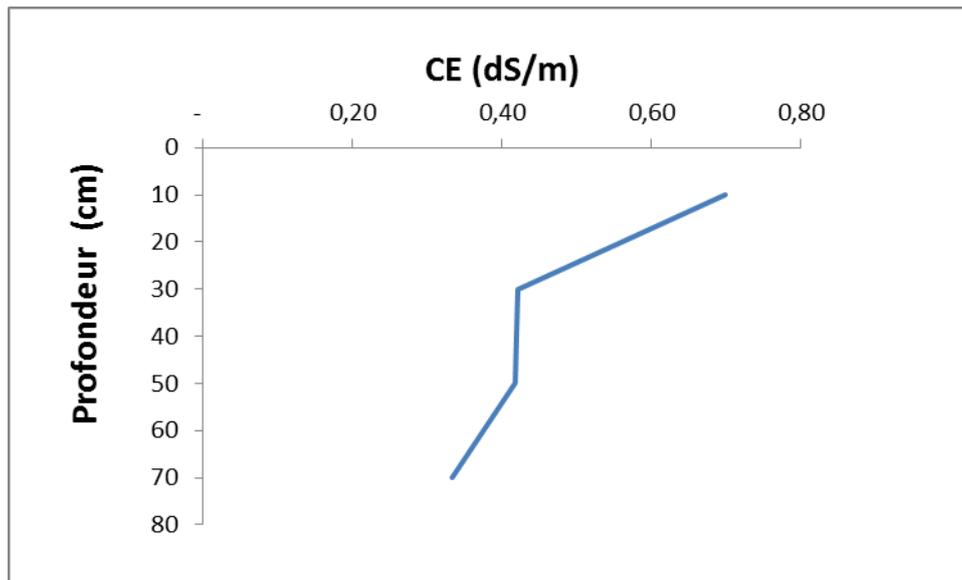


Figure 26 : profil salin TA1.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P1 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface.

1.2.2. Dynamique des sels dans le profil TA2

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil TA2 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon TA1H1 de 0,44 dS/m, de 0,32 dS/m à l'horizon TA1H2, de 0,25 dS/m pour l'horizon TA1H3 et de 0,30 dS/m pour l'horizon TA1H4. L'allure du profil salin TA2 est montrée dans la figure (27).

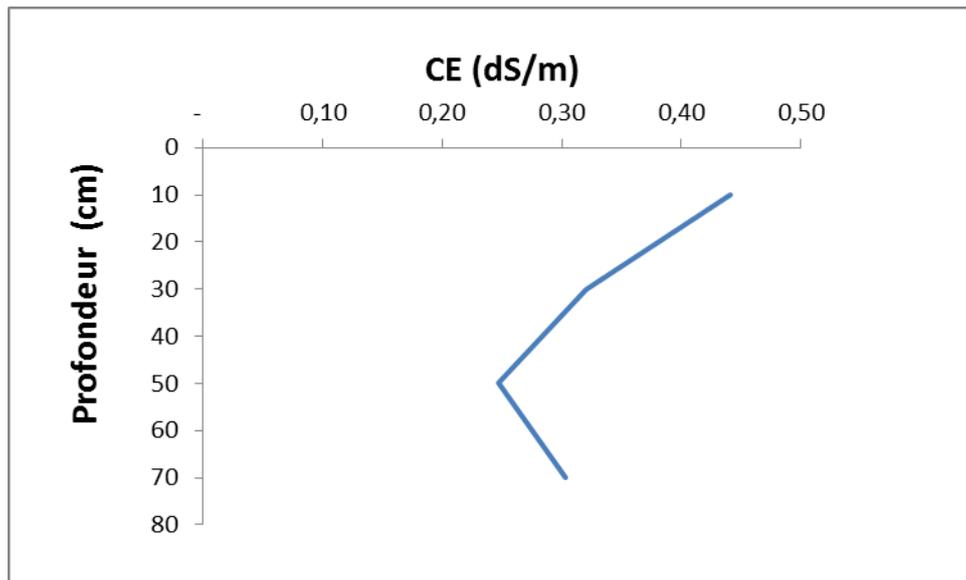


Figure 27 : profil salin TA2.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin TA2 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

1.2.3. Dynamique des sels dans le profil TA3

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil TA3 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon TA3H1 de 0,26dS/m, de 0,20 dS/m à l'horizon TA3H2 et de 0,20 dS/m pour l'horizon TA3H3 et de 0,24 dS/m pour l'horizon TA3H4. L'allure du profil salin TA3 est montrée dans la figure (28).

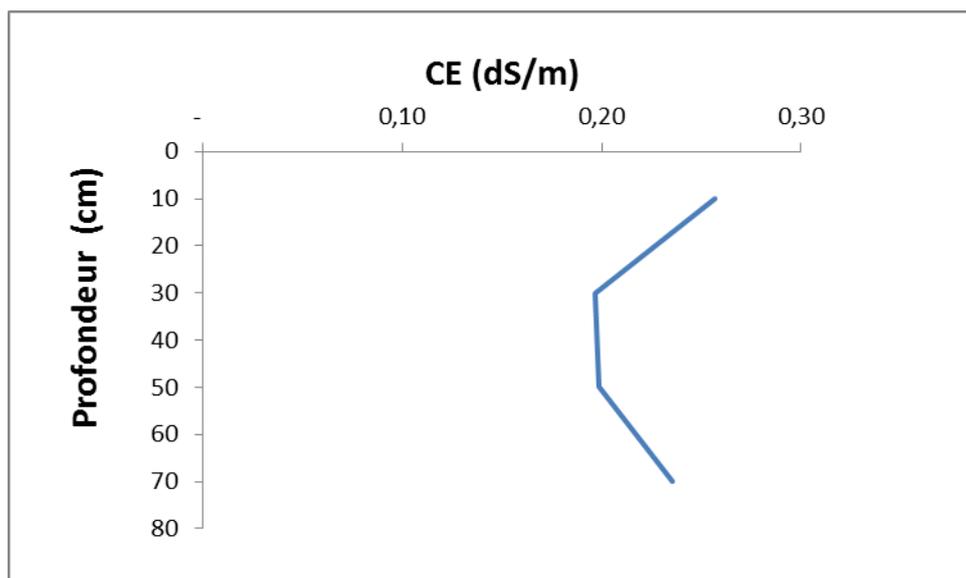


Figure 28 : Profil salin TA3.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin TA3 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

1.2.4. Dynamique des sels dans le profil TA4

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil TA4 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon TA4H1 de 0,41 dS/m, de 0,42 dS/m à l'horizon TA4H2 et de 0,22 dS/m pour l'horizon TA4H3 et de 0,22 dS/m pour l'horizon TA4H4. L'allure du profil salin TA4 est montrée dans la figure (29).

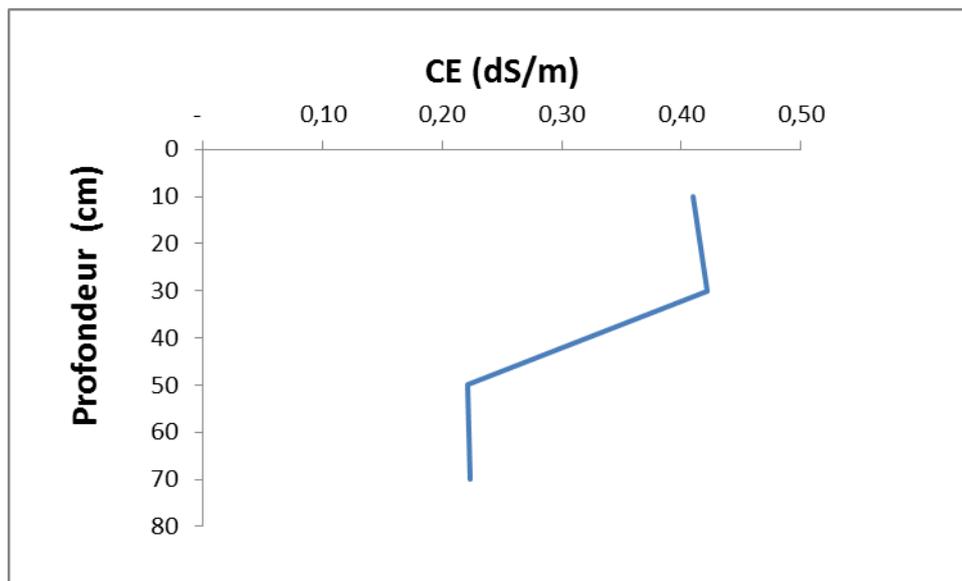


Figure 29 : Profil salin TA4.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin TA4 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

1.2.5. Dynamique des sels dans le profil TA5

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil TA5 a montré que les horizons du profil sont non salés avec une CE à 25°C de l'horizon TA5H1 de 0,29 dS/m, de 0,34 dS/m à l'horizon TA5H2 et de 0,22dS/m pour l'horizon TA5H3 et de 0,24 dS/m pour l'horizon TA5H4. L'allure du profil salin TA5 est montrée dans la figure (31).

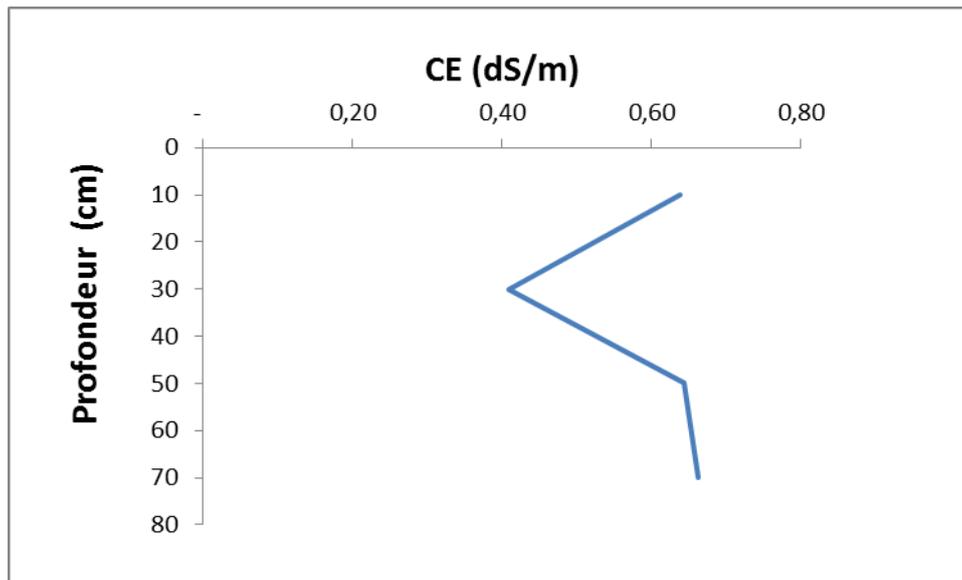


Figure 30 : Profil salin TA5.

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin TA5 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

2. Discussions

Afin de faciliter la discussion des résultats obtenus, nous avons tracé les profils salins caractéristiques de chaque parcelle sur la base de la moyenne de la conductivité électrique de chaque horizon.

Dans la parcelle cultivée, le sol est peu salé pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle avec une CE_{moy} à 25°C de 0,64 dS/m pour l'horizon de surface, de (0,41-0,64 dS/m) pour les horizons de moyenne profondeur et de 0,66 dS/m pour l'horizon profond. L'allure du profil salin PA est montrée dans la figure (31).

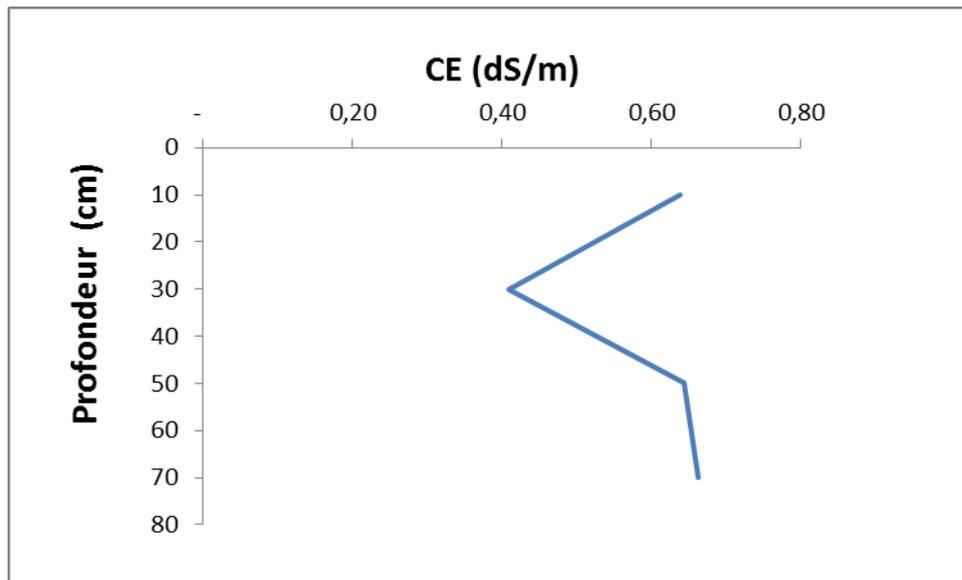


Figure 31 : Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée.

Il s'agit de type (D), caractérisé par un maximum en profondeur, ce qui signifie une désalinisation permanente, due à l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation (lixiviation).

Les sels accumulés dans le sol proviennent probablement de l'eau d'irrigation sachant que la salinité de l'eau d'irrigation de la région d'El Atteuf varie de 2,44 dS/m à 25°C. Selon le diagramme de REVERSIDE modifié par DURAND (1958), Ces eaux appartiennent à la classe C3, caractérisées par une forte salinité. Elles sont inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées (DURAND, 1958).

Les profils salins PA1 et PA2, sont de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle suite à la dynamique ascendante des sels dans le sol qui se produit dans notre cas après l'irrigation.

Le profil salin PA4 est de type (B), avec un maximum de salinité dans la couche médiane, Il s'agit dans notre cas d'une alternance entre une dynamique ascendante et descendante des sels, c'est à dire une désalinisation temporaire suite à l'entraînement des sels par l'irrigation et la remontée capillaire de ces derniers après irrigation.

Les profils salins PA3 et PA5 sont de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, cela est due à la lixiviation des sels par l'eau d'irrigation.

Dans la parcelle non cultivée (témoin), le sol est non salés pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle avec une CE_{moy} à 25°C de 0,42 dS/m pour l'horizon de surface, de 0,34 dS/m pour le deuxième horizon, de 0,26 pour l'horizon de moyenne profondeur et de 0,27 dS/m pour l'horizon profond. L'allure du profil salin TA est montrée dans la figure 32.

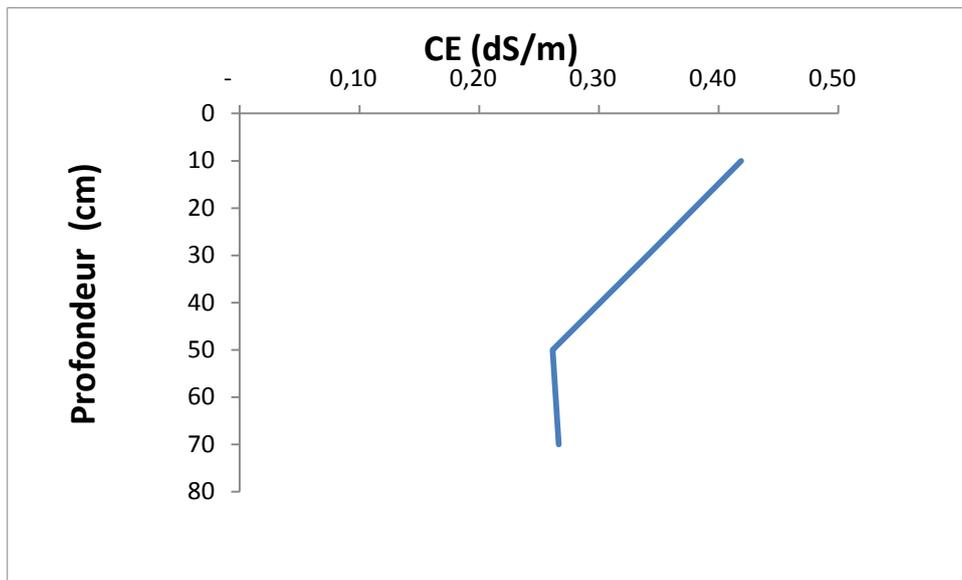


Figure 32 : Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée (témoin).

Il s'agit de type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface, cela montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents, ce phénomène se produit suite à une évaporation élevée provoquant une augmentation du potentiel hydrique (pH) des horizons de surface déclenchant ainsi la dynamique ascendante de la solution du sol par succion.

Les profils salins TA1, TA2, TA3, TA4 et TA5 sont de types (A), caractérisés par un maximum en surface. Il s'agit d'une dynamique ascendante de salinisation.

Conclusion

Conclusion

L'étude de la dynamique des sels dans la palmeraie de EL ATTEUF a été réalisée en faisant un échantillonnage en diagonale de dix (10) profils, cinq dans les planches d'irrigations (parcelle cultivée), et cinq hors palmiers (parcelle non cultivé témoin). L'évaluation de la salinité a concerné la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5, ensuite la réalisation des profils salins.

Dans la parcelle cultivée, le sol est peu salé (CE_{moy} à 25°C de 0,64 dS/m) avec un profil salin caractéristique de type D caractérisé par un maximum en profondeur, ce qui signifie une désalinisation permanente, due à l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation (lixiviation).

Dans la parcelle non cultivé hors palmiers, le sol est non salés (CE_{moy} à 25 °C de 0,42 dS/m) avec un profil salin caractéristique de type A caractérisé par un maximum de salinité en surface, cela montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents

L'étude de la salinité dans les deux parcelles à permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le profil salin dans le sol irrigué est de type descendant suite à l'entraînement des sels en profondeur par les eaux d'irrigation.
- Le profil salin dans le sol non irrigué est de type ascendant suite à la remontée capillaire des sels en surface à cause de forte évaporation.

Ce qui montre l'origine secondaire de la salinité dans la parcelle cultivée suite à l'irrigation avec une eau saline de classe C3.

Enfin, ce travail sur la salinité du sol dans la région d'El Atteuf reste insuffisant et mérite d'être compléter en tenant compte des éléments suivants :

- L'étude pédologique détaillée en vue d'une bonne interprétation des résultats d'analyses.
- Le suivi de la variation saisonnière de la salinité afin de bien cerner son évolution.

Le suivi de la salinisation des sols dans la région sera un moyen très efficace pour prévoir toute augmentation de cette dernière.

Références bibliographiques

- A.N.R.H., 2007. Inventaires Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya De Ghardaïa A N R H. P 18.
- ALBANO G., 2004. Situazioni a-didattiche in ambienti di e-learning. Proceedings of Convegno di didattica della matematica . pp 113-116.
- ALEM C. et AMRI A., 2005. Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Reviews in Biology and Biotechnology, Vol. 4, No. 1 pp 20-31.
- ANTIPOLIS S., 2003. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranée étude bibliographique ; les cahiers du pleur bleu 2. pp 44-48.
- ASLOUM H., 1990. Elaboration d'un Système de production maraîcher (tomates) .
- AUBERT G., 1975. Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'I.N.A., Alger, 6 (1), pp. 185-195.
- AYERS R S. et WESTCOT D.W., 1988. La qualité de l'eau en agriculture. Bull FAO. Irrig Drain., 29, Rome, 97 p.
- AZZI G., 1954. Ecologie agricole. Nouvelle encyclopédie agricole, Paris, pp. 51 – 52.
- BABA SIDI-KACI S., 2010. Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique.
- BACI L., 1984 . Contribution à l'étude de la salinisation des sols du Hodna (M'sila). Mémoire d'Ingénieur. INA, 98 p.
- BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Volume I. Carte des productions végétales, art. 8, Toulouse, 47p.
- BALACHOWSKY A., 1953. Monographie des *Coccidoidea – Diaspidinae*. Odomaspidini, Parlatorini. Actuel. Soc. et Jind., n° 1202, Hermann et Cie. Ed., Paris, 207 p.
- BEAL J M., 1937. Cytological studies in the genus Phoenix. Botanical Gazette, 99 : pp 400-407.
- BEN ABDELLAH A., 1990. La phoeniculture. Options méditerranéennes. Serie A : Séminaires méditerranéens, n° 11. Les systèmes agricoles oasiens, CIHEAM, pp. 105 – 120.
- BENKENZOU D. ; CHEGMA S. ; MERAKCHI F. et ZIDANE B., 2007. Monographie de la wilaya de Ghardaïa, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T.). 122.
- BERTHOMIEU P.; CONÉJÉRO G.; NUBLAT A.; BRACKENBURY W J.; LAMBERT C. ; SAVIO C. ; UOZUMI N. ; OIKI S. ; YAMADA K. ; CELLIER F. ; GOSTI F. ; SIMONNEAU T. ; ESSAH P.A. ; TESTER M. ; VERY A A. SENTENAC H. et CASSE F., 2003. Functional analysis of *athkt1* in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. Embo Journal 22, 2004-2014 Biotechnology 16, pp 123 132.

- BIDAI Y., 2001. Le métabolisme de la proline chez L'ARTRIPLEX H L. Stressé à la salinité. Mémoire de Magistère en Physiologie Végétale, Université d'Oran Senia, 83p.
- BOUGUEDOURA A N., 1991. Connaissance de la morphologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera. L*) in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Thèse doctorat. Université d'Alger. Algérie.
- BOUGUEDOURA N ., 1979. Contribution à la connaissance de palmier dattier *pbloenix dactylifera . L* Etude des production axillaires . Thèse de Doctorat troisième cycle UST d'Alger.
- BOUTTELI M H.,2012. Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkhha de Bamendil , caractérisation et conséquences sur l'environnement.
- BRESLER, E.; NICNEAL,B L . et CARTER D L., 1982. Sa/ire ard Sodic Sors. ftirchles, Dynatics Madelling Advanced Series n Agfre!ltural Sciences10. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New york.
- C.E.S., 2006. Cours de physique de sol, maîtrise se la salinité de sol.
- CALCAT A., 1961. Cours d'agriculture saharienne Phoeniculture Ministère d'Etat - Sahara-départements et territoire d'Outre-Mer, pp 1- 2.
- CALVET R., 2003. le sol propriétés et fonction, Tome 2, phénomènes physiques et chimique Applications agronomique et environnementales, édition France Agricole
- CHABRA, R. 1996. Irrigation and salinity conlro . In Soil saline and water qualu. R. Chhabra (Editor), Oxiord & IBH Publishing chargee par des fibres de palmier dattier. effet de l'oxydation au tempo sur les fibres.
- CHARTZOULAKIS K., KLAPAKI G., 2000. Response of two green- house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. pp 247-260.
- CHEVERRY C., 1995 Extension et diversité des phénomènes mettant en jeu les sels solubles. Comptes rendus. Académie d'agriculture de France, pp 2- 42-46-81.
- CHEVERRY C., 1995. Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'acad d'argric de France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2). pp 42-46.
- CHIKHI F. ; HAMEL I ., et REZZAG H., 2013. Etude de l'impact de l'activité agricole sur la salinité du sol dans la région de Ghardaïa (cas de la palmeraie de Zelfana).
- DEMELON A., 1966 . Dynamique du sol. Tome I. 5^{ème} Ed. Dund, Paris, 520 p.
- DERDOUR H., 1981. Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium échangeable sur le comportement au compactage. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 146 p.
- DIANE A.; BUCKMAN V.; PERRY'S T., 1965. Supreme court of New York, appellate division, third department.
- DJERBI M., 1992 . Précis de phoeniculture F.A.O. Rome, 191 p.
- DJERBI M., 1994. Précis de phoeniculture. Pub. FAO, 191 p.

- DOGGAR, 1992. in BENZAHY, 1994. Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie. Mémoire d'ingénieur I.N.F.S.A.S., Univ. Ouargla, 111 p.
- DOUAOUI A. et HARTANI T., 2005. Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif .
- DOUAOUI A. ; GASCUEL-ODOUX C. et WALTER CH., 2004. Infiltrabilité et crédibilité de sols salinisés de la plaine du Bas Chélif (Algérie). Mesures au laboratoire sous simulation de pluie. EGS, 11, (4) : pp 379-392.
- DUBIEF J., 1959 . Le climat du sahara. Mém., Inst. Rech. Saha., Alger.
- DUBOST D., 1972. Le Bayoud en Algérie - Histoire et pronostics revue de la recherche agronomique n°01, I.N.R.A.A. pp. 33- 39.
- DUCHAUFOR P., 1977 . Pédologie ; Pédogenèse et classification, Paris, Masson, XVI et 477 p, 16 pi. phot, 17 x 24,5 cm, cartonné toile, 160 FF.
- DURAND J H . et RENTY Y., 1983. Les sols irrigables Etude pédologique. 190p.
- DURAND J.H., 1958. Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp 324-349.
- FAO., 2006. Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation.
- FERRY M., 1996. La crise du secteur phoenicicole dans les pays méditerranéens, quelles recherches pour y répondre ? actes des séances phéniciennes des journées internationales d'Elche, 25-27 avril 1995, option méditerranéennes, sée. A/28, CHEAM.
- GAUCHER G., et BURDIN S., 1974 Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés.
- GHAZOUANI W., 2009. De l'identification des contraintes environnementales à l'évaluation des performances agronomiques dans un système irrigué collectif. Cas de l'oasis de Fatnassa Nefzaoua, sud tunisien. Thèse de doctorat Agro. Paris Tech.
- GOBAT J M.; ARAGNO M.; MATTHEY W., 2010. Le sol vivant. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 817 p.
- GRIME J P., 1979. Plant strategies and vegetation processes New York.
- HALITIM A., 1973. Étude expérimentale de l'alimentation des sols sodiques de l'Algérie. Thèse Doct. U.E.R. Des sciences biologiques.170 p.
- HALITIM A., 1988 . Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p. r mise en culture. Thèse Doct. 3^{ème} cycle. Univ. Rennes, 176 p.
- HALITIM A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger, 384p.
- HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL HADJ S., 2007. Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore(Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais du chiendent. Biotechnology. Agron. Soc. Environ. pp 235-244.
- HOPKINS W G., 2003. Physiologies végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.

- HULLIN M., 1983. Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés. Cours photocopie, Vol. 3, I.N.A., Alger, 139 p.
- IDDER M A., 1992. Aperçu bioécologique sur *Parlatoria blanchardi* Targ.1905 (Homoptera- Diaspidinae) en palmeraies à Ouargla et utilisation de son ennemi *Pharos-cymnus-semiglobosus* Karsh. (Coleoptera-Coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique. Thèse de magister Sc. agro, Inst. nat. agro, El- Harrach.
- JEAN-OLIVIER J. ; JOSE-LUIS G B. et MIGUEL R G., 1997. Détermination précise de la salinité des sols par conductivimétrie électromagnétique
- JONES H G.; FLOWERS T J. et JONES M B.; 1989. Plants under stress. Cambridge. Cambridge University Press.
- KHADRAOUI A., 2007. Sols et hydrauliques agricole dans les oasis algériennes.
- LAHLOU M., 2002. Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils.
- LAVELLE P., 2013. Les sol , livret de l'environnement.
- LEVIGNERON A. ; LOPEZ F. ; VANSUYT G. ; BERTHOMIEU P. ; FOURCROY P. et CASSE-DELBART F., 1995 . Les plantes face au stress salin. Cahiers agricultures. pp 263-273.
- MAILLARD J., 2001. Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International.
- MAILLARD, J. 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001,p 34.
- MARLET, S., et J.O. Job, 2006. Processus et gestion de la salinité des sols. In TIERCELIN J R Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. ISBN-13: 978-2743009106
- MONTORO J.P., 1997. Conductivité électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol. Application à un sol sulfaté acide salé de Basse-Casamance (Sénégal). Etude et Gestion des Sols, 4 (4), 279-298.
- MORSLI B., 2007. Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols : cas des zones côtières d'Alger Est. Acte des JSIRAUF.
- MUNIER P., 1973. Le palmier-dattier, Paris, G.P. Maisonneuve et Larose, Coll. Techniques Agricoles et Productions Tropicales n XXIV, 221 p.
- OMEIRI., 1994. Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Ing. INFSAS, Ouargla, 72 P.
- OUELD H'MALLA M., 1998. Effet de la date de ciselage sur la production dattière chez deux cultivars : Deglet Nour et Ghars dans la région de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur Agr. I.H.A.S. Ouargla, 125 p.
- OZENDA P., 1977. Flore du Sahara. Editions du CNRS, Paris. 622 p.
- PARIDA A K.et DAS A B., 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants review. Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York: 3-11. Report, University Paris VI COGIT.
- REYNES JL., 1997. Selection du reseau routier en vue de la selection . DESS

- SAIDI D. ; LE BISSONNAIS Y. ; DUVAL O. ; DAOUD Y. et HALITIM A., 2004. Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie).
- SAIDI M N.; HORS C M C. et CONG N V., 1981. Sheep gene mapping by somatic cell hybridization. Four synthetic groups, ENOI - PGD, LDHB - TPI and G6PD - PGK - GALA. Cytogenetics and Cell Genetics 30 : pp 193-204.
- SBIAI A., 2011. MATERIAUX COMPOSITES A MATRICE EPOXYDE
- 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. Stratégies de prévention et réhabilitation. Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome,12p.
- SUMNER M E., 1993. Sodic soils – new perspectives. Aust. J. of Soil Res, 31, 683 – 750pp.
- SZABOLCS I., 1994 . Soils and salinization. In : PESSARAKLI, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York: pp 3-11.
- SZABOLCS I., 1994 : Soils and salinization. In Pessarakli M. (Ed.), Handbook.
- SZABOLCS, I. (1989) Salt affected soils, Boca Raton, CRC Press.
- TOUTAIN G., 1972. Observations sur la reprise végétative du palmier dattier. Al Awania, 43. pp 81-94.
- TREMBLIN G., 2000. Comportement autoécologique de *Halopeplis amplexicaulis* : plante pionnière des Sebkhass de l'Ouest Algérien. pp 9-16.
- UNESCO., 1972. Recherche et formation en matière d'irrigation avec les eaux salées.
- United State Salinity Laboratory (U.S.S.L), 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook n°60, U. S. Gov. Print. Office, Washington DC.
- WANG Y. et NIL N., 2000 . Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75, pp 623–627.

Annexe

Annexe 01 :analyse de variance à un facteur des paramètres étudiée

Tableau :PH

Paramètre statistique de la parcelle

Paramètre statistique de la témoin

ECHANTILLON	pH	Profondeur			
PA1h1	8,42	10	TA1H1	8,89	10
PA1H2	8,39	30	TA1H2	8,99	30
PA1H3	8,27	50	TA1H3	9,01	50
PA1H4	8,17	70	TA1H4	9,04	70
PA2H1	8,15	10	TA2H1	8,95	10
PA2H2	8,44	30	TA2H2	9,06	30
PA2H3	8,47	50	TA2H3	9,17	50
PA2H4	8,47	70	TA2H4	9,09	70
PA3H1	8,48	10	TA3H1	9,34	10
PA3H2	8,60	30	TA3H2	9,39	30
PA3H3	8,77	50	TA3H3	9,38	50
PA3H4	8,63	70	TA3H4	9,23	70
PA4H1	9,04	10	TA4H1	9,14	10
PA4H2	8,80	30	TA4H2	9,04	30
PA4H3	9,07	50	TA4H3	9,21	50
PA4H4	9,14	70	TA4H4	9,21	70
PA5H1	8,69	10	TA5H1	9,23	10
PA5H2	8,69	30	TA5H2	9,27	30
PA5H3	8,63	50	TA5H3	9,36	50
PA5H4	8,52	70	TA5H4	9,31	70

Tableau : ph Moyenne

ECHANTILLON	P1	P2	P3	P4	P5	CE dS/m	Profondeur
PAh1	8,42	8,15	8,48	9,04	8,69	8,56	10
PAH2	8,39	8,44	8,60	8,80	8,69	8,58	30
PAh3	8,27	8,47	8,77	9,07	8,63	8,64	50
PAh4	8,17	8,47	8,63	9,14	8,52	8,58	70
TAH1	8,89	8,95	9,34	9,14	9,23	9,11	10
TAH2	8,99	9,06	9,39	9,04	9,27	9,15	30
TAH3	9,01	9,17	9,38	9,21	9,36	9,22	50
TAH4	9,04	9,09	9,23	9,21	9,31	9,18	70

Tableau :conductivité mètre

ECHANTILLON	P1	P2	P3	P4	P5	CE dS/m	Profondeur	
PAh1	0,89	1,42	0,45	0,14	0,30	0,64	10	PS
PAH2	0,59	0,55	0,32	0,24	0,34	0,41	30	NS
PAh3	1,60	0,57	0,43	0,21	0,41	0,64	50	PS
PAh4	1,28	0,51	0,59	0,16	0,78	0,66	70	PS
TAH1	0,70	0,44	0,26	0,41	0,29	0,42	10	NS
TAH2	0,42	0,32	0,20	0,42	0,34	0,34	30	NS
TAH3	0,42	0,25	0,20	0,22	0,22	0,26	50	NS
TAH4	0,33	0,30	0,24	0,22	0,24	0,27	70	NS

C.E. (dS/m à 25°C)	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < C.E. \leq 2$	Sol peu salé
$2 < C.E. \leq 2,4$	Sol salé
$2,4 < C.E. \leq 6$	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé