



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

Par :

Faredj CHIKHI

Imane HAMEL

Hamza REZZAG

Thème

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

Jury :

M. BENBRAHIM F.

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Encadreur

M. GHARIB T.

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Co- Encadreur

M. AGOUN M.S.

Maître Assistant B

Univ. Ghardaïa

Examineur

Année universitaire 2012/2013

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ✚ ma très chère mère **Djamila** et mon cher père **Khider** qui m'ont encouragé à être ce que je suis, pour leur amour, leur temps, leurs sacrifices et leur support continu
- ✚ Tous mes frères **Kamal, Kamillia, Mohand** et **Souhila**
- ✚ Mon très cher neveu **Mohand said**
- ✚ Mes oncles et mes cousins
- ✚ Mes chers binômes **Hamza et Imène**
- ✚ Tous mes amis spécialement : **Abdeallah, hamide, hamza.E, hamza. C, hamza.K, mohamed el amine, abdou, moustaffa, Omar, Rabbeh, Baouz, Mouloud, Moula, Chibani, Didi, Sidi Ahemed, Mohamed, Marwa. Sabrina. Hamida, Amina Infal, Hanan, Rim, Hind, Amel, et groupe de Noumila.**

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 Ghardaia

En fin, je suis reconnaissante à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

faredj

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Ma très chère mère pour tout son amour et son dévouement, à mon père qui a toujours été là pour moi et qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance,

Mon cher frère pour son encouragement indéfectible,

Mes adorables sœurs : Zineb, Hadjer et Hiba pour leur soutien moral et leurs sacrifices tout au long de ma formation,

Mon promoteur Mr ben brahim,

Toute ma famille en particulier mon oncle Omar,

Mes chères collègues « Hamza et Faredj » et à leurs familles,

Tous mes amis et spécialement : Marwa, Hamida, Sabrine, Selma, Amel, Aicha, Meryama, Meriem, Abdou, Abdelkader et Abdelwahab ...et tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer,

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Imène

Dédicace

A ma mère qui a attendu avec patience et sans jamais se lasser les fruits de son éducation et ses efforts...Aucun terme et aucune langue ne peut exprimer mon amour et mes sentiments envers vous.

A mon père qui avait tant espéré me voir en ce jour...

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes...

A vous deux, qui n'avez jamais manqué d'avoir foi en moi, même dans ces moments où j'en étais à douter de ma personne... Votre amour, votre sens du sacrifice, votre patience et votre compréhension ont toujours fait preuve d'une troublante constance.

*A mon frère **Abbas** et mes sœurs **Kelthoum** et **Farida**, **Soumaia** et **Amel**, **Amina** et **Safaa**.*

*A **M.Fouzi Ben Brahim**, pour la confiance qu'il m'a accordé en acceptant d'encadrer ce travail, pour ses qualités humaines d'écoute et d'encouragement qui ont permis d'améliorer la qualité de ce mémoire de fin d'étude.*

*A **Faradj** et **Iman** Pour m'avoir supporté dans ces moments de détresse, mais aussi pour tous ces souvenirs et ces folies partagés que je ne revivrai certainement pas plus tard.*

Je ne sais comment vous remercier pour tout ce que vous m'apportez en termes de joie et de gaieté...

*A tous mes chers amis, **Mohammed** et **Hicham**, **Fateh**, **Abdelkader** et **Smail***

*Je n'oublie pas le petit ange **Safaa** et l'ange de mon cœur **Dj**.*

Merci pour tout, et ce travail vous y est dédié.

Remerciements

Parce que personne n'arrive jamais seul

Avant tout, nous remercions DIEU tout puissant, maitre des cieux et de terre, qui nous a permis de mener à bien ce travail.

*Tout d'abord on Tient surtout à adresser nos plus vifs remerciements au Monsieur **Benbrahim F.** maitre-assistant 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 Monsieur **Gharib T.** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa, d'avoir fait partie de l'encadrement de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à **Agoun M.S.** pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi **M.L.Le.Telli A.** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa, pour son aide et ces conseils*

*Nous remercions Monsieur **ben deb.M** vice président de LPC de Zelfana pour son aide et ces conseils*

Nous remercions sincèrement tous nos enseignants pour leurs efforts et leurs disponibilités tout au long de notre cursus de licence.

Nous remercions aussi nos amis de l'université de Ghardaïa auxquels nous nous sommes très reconnaissants.

Nous remercions le staff de l'administration et tout le personnel de l'université de Ghardaïa spécialement celui du département de biologie

Nous exprimons nos gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Résumés

Résumé

Les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture mondiale. En Algérie, Les sols agricoles sont, dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptible de l'être.

Notre travail, réalisé dans la région de Zelfana, porte sur un facteur limitant le développement de l'agriculture en zones arides. Ce facteur est la salinité des sols qui à été juge responsable de chute des rendements de cultures.

L'étude à été portée sur la caractérisation de la salinité d'un sol cultivé, un sol non cultivé sous palmeraie et un sol non cultivé hors la palmeraie 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 et représenté par des profils salins.

L'allure des profils salins à révélé deux type de profil salin, l'un caractérisé par une dynamique de sels influencée par l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation (lixiviation) (profil de type D) pour la parcelle cultivé.

L'autre caractérisé par une dynamique des sels influencée par une remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents (profil de type A) pour les parcelles non cultivé sous palmeraie et hors palmeraie.

Mots clés : Salinité, profil salin, parcelle cultivé, parcelle non cultivé, Zelfana.

المخلص

تحتل التربة المالحة مساحات كبيرة وتمثل مشكلة كبيرة بالنسبة للزراعة العالمية. في الجزائر غالبية الأتربة الزراعية متضررة من الملوحة.

عملنا تم في منطقة زلفانة على عامل يحد من تطوير الزراعة في المناطق القاحلة. هذا العامل هو الملوحة التي كانت السبب الرئيسي في انخفاض مردود المحاصيل.

ركزت الدراسة على تبين نسب الملوحة في تربة مزروعة بالنخيل وتربة غير مزروعة داخل النخيل وتربة غير مزروعة خارج النخيل للاستدلال على تأثير الري على تطور الملح في هذه المنطقة. معايير التقييم المختارة هي الملوحة و تعبر بواسطة الناقلية الكهربائية عند 25 درجة مئوية والتي تمثلها بالتشكيلات الملحية

شكل لمحات الملح كشف نوعين من التشكيلات الملحية ، واحدة تتميز بديناميكية الأملاح المتأثرة بنفاذية الأملاح القابلة للذوبان إلى العمق بواسطة مياه الري (الرشح) نوع (D) هذه بنسبة للأراضي المزروعة. و الآخر تتميز

بديناميكية الأملاح المتأثرة بالخاصية الشعرية للأملاح المتوحدة في الطبقات التحتية نوع (A) هذه بنسبة للأراضي غير المزروعة داخل النخيل و التربة غير المزروعة خارج النخيل .

كلمات البحث: الملوحة، لمحة الملح، الأراضي المزروعة والأراضي غير المزروعة, زلفانة.

Abstract

Saline soils occupy large surfaces and are constituted a big problem for global agriculture. In Algeria, Agricultural soils are in majority affected by salinity or likely to be.

Our work, carried out in the region of Zelfana, covers a factor limiting the development of agriculture in arid areas. This factor is salinity that has been head judge of falling crop yields.

The study has been focused on the characterization of the cultivated land salinity, uncultivated soil in palm and palm uncultivated out to deduce the impact of irrigation on the evolution of soil salt profiles in this region.

The evaluation criteria are salinity expressed by electrical conductivity at 25 ° C and represented by saline profiles.

The shape of the salt profiles revealed two types of salt profile, one was characterized by a dynamic of salts influenced by the training of soluble salts in depth by irrigation water (leaching) Profile (type D) for cultivated land, the second was characterized by a dynamic of salts influenced by capillary rise of the underlying horizons salts (profile type A) for non-grown palm and palm off plots.

Keywords: Salinity, salt profile, cultivated land, uncultivated land, Zelfana.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I	Répartition géographique des terres affectées par la salinité	3
Tableau II	Échelle salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5	8
Tableau III	Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols	9
Tableau IV	Classes du sol selon le pH de pâte saturée	10
Tableau V	Caractéristiques des sols salin et alcalin	11
Tableau VI	Superficies et nombre total de palmiers dattiers à travers le monde	24
Tableau VII	Localisation des palmeraies selon	26
Tableau VIII	Données météorologique de la Wilaya de Ghardaïa	38

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Schématisation de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure	21
Figure 2	Présentation schématique d'un palmier dattier	30
Figure 3	Limites administratives de la wilaya de GHARDAIA	36
Figure 4	Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 1996-2012	40
Figure 5	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER	41
Figure 6	Milieu physique de la wilaya de GHARDAIA	43
Figure 7	Esquisse hydrogéologique du M'Zab	44
Figure 8	Bassin versant de la région du M'Zab	45
Figure 9	Plan d'échantillonnage	48
Figure 10	Profil salin P1	50
Figure 11	Profil salin P2	51
Figure 12	Profil salin P3	51
Figure 13	Profil salin P4	52
Figure 14	Profil salin P5	52
Figure 15	Profil salin T1	53
Figure 16	Profil salin T2	54
Figure 17	Profil salin T3	54
Figure 18	Profil salin T4	55
Figure 19	Profil salin T5	55
Figure 20	Profil salin C1	56
Figure 21	Profil salin C2	57
Figure 22	Profil salin C3	57
Figure 23	Profil salin C4	58
Figure 24	Profil salin C5	58
Figure 25	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée	59
Figure 26	Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée sous palmiers	60
Figure 27	Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée hors palmiers	61

Liste des abréviations

B	Bore
C.E.C	Capacité d'échange cationique
Ca	Calcium
CE	conductivité électrique.
Cl	Chlore
cmol⁺/100g	Centimoles
CO₃	Carbonate
ds/m	déci Semence par mètre
ESP	Echangeable Sodium Pourcentage
g/l	Gramme par litre
H	Hydrogène
H₂PO₄	dihydrogénophosphate
ha	hectare
HCO₃	Bicarbonate
K	Potasse
KCl	chlorure de potassium
m	Mètre
Meq/l	Milli équivalente par mètre
Mg	Magnesium
MgSO₄	Sulfate de magnésium
mha	million d'hectare
mmhos	Milimohs
Mo	Molybdène
Na	Sodium
Na Cl	Chlorure sodium
Na₂CO₃	carbonate de sodium.
NaSO₄	Sulfate de sodium.
pH	Potentiel Hydrique
SAR	Rapport d'Adsorption de Sodium
SO₄	Sulfate

Table des matières

Introduction

01

Première partie :synthèse bibliographique

Chapitre I : les sols salés

I-1	Répartition géographique et importance de sols affectés par la salinité	03
I-2	Répartition de sols salés en Algérie	04
I-3	la salinisation des sols	04
I-3-1	Définition	05
I-3-2	Origines de la salinisation des sols	05
I-3-2-1	Salinisation primaire	05
I-3-2-2	Salinisation secondaire	05
I-3-3	Importance de la salinité	06
I-3-4	Les sols salés	07
I-3-5	Paramètres de caractérisation des sols salés	07
I-3-5-1	Salinité	07
I-3-5-2	Sodicité	08
I-3-5-3	pH du sol	09
I-3-3	Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation	10
I-3-7	Caractéristiques des sols salés	10
I-3-8	Conséquences de la salinité sur la qualité des sols	13
I-4	Les sels solubles	14
I-4-1	Principaux sels solubles	14
I-4-2	Mouvement des sels solubles dans le sol	15
I-4-2-1	Lixiviation	15
I-4-2-2	Remontée capillaire	16
I-4-2-3	Thermodialyse	16
I-4-3	Action des sels solubles	16
I-4-3-1	Action des sels solubles sur le sol	16
I-4-3-1-1	Structure	16
I-4-3-1-2	Perméabilité	17
I-4-3-1-3	Réaction du sol	17
I-4-3-2	Action des sels solubles sur le végétale	17
I-4-3-2-1	Stress salin	17
I-4-3-2-2	L'effet de la salinité sur la croissance	19
I-4-3-2-3	L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante	19
I-4-3-2-4	L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille	19
I-4-3-2-5	Effets spécifiques des ions	20
I-4-4	Mécanismes de résistance à la salinité	21
I-4-4-1	Exclusion	21
I-4-4-2	Inclusion	22
I-4-4-3	La réexcrétion	22

Chapitre II : la présentation palmier dattier

II-1	Généralités	23
II-2	Superficie et répartition géographique	23
II-2-1	Dans le monde	23
II-2-2	En Algérie	25
II-3	Description botanique	26
II-3-1	Taxonomie	26
II-3-2	Systématique	27
II-4	Biologie et morphologie du palmier dattier	27
II-4-1	Biologie	27
II-4-2	Morphologie	27
II-4-2-1	Système racinaire	28
II-4-2-2	Système végétatif aérien	28
II-4-2-3	Organes floraux	28
II-4-2-4	Fruit ou datte	28
II-5	Exigences écologiques	30
II-5-1	La température	30
II-5-2	La lumière	31
II-5-3	L'humidité de l'air	31
II-5-4	Les Vents	31
II-5-5	Le sol	32
II-5-6	L'eau	32
II-5-7	Le drainage	32
II-6	Importance économique	33
II-7	Les maladies et les ravageurs du palmier dattier	33
II-7-1	Le Bayoud (Fusarium)	33
II-7-2	Le Khamedj (Pourriture des inflorescences)	34
II-7-3	Le Boufaroua	34
II-7-4	La Pyrale de datte	34
II-7-5	La cochenille blanche	34

Deuxième partie : Matériel et méthodes

Chapitre III : présentation de la région de Ghardaïa

III-1	Situation géographique	35
III-2	Climat	35
III-2-1	Température	35
III-2-2	Précipitation	35
III-2-3	Humidité relative	37
III-2-4	Evaporation	37
III-2-5	Insolation	38
III-2-6	Vent	39
III-2-7	Classification du climat	39
III-2-7-1	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	39
III-2-7-2	Climagramme d'EMBERGER	40
III-3	Géomorphologie.	41

III-3-1	Chabka du M'Zab	42
III-3-2	Région des dayas	42
III-3-3	Région des Regs	43
III-4	Géologie	43
III-5	Hydrologie	44
III-6	Hydrogéologie	45
III-6-1	Nappe phréatique	45
III-6-2	Nappe du Continental Intercalaire	46
III-7	Pédologie	46
Chapitre IV: Matériels et Méthode		
IV-1	Approche méthodologique	47
IV-2	Caractéristiques du site d'étude	47
IV-3	Méthode d'échantillonnage	48
IV-4	Analyse au laboratoire	49
IV-5	Profils salin	49
Troisième partie : Résultats et Discussions		
Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie de Zelfana		
V-1	Résultats	50
V-1-1	Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée	50
V-1-1-1	Dynamique des sels dans le profil P1	50
V-1-1-2	Dynamique des sels dans le profil P2.	50
V-1-1-3	Dynamique des sels dans le profil P3	51
V-1-1-4	Dynamique des sels dans le profil P4	52
V-1-1-5	Dynamique des sels dans le profil P5	52
V-1-2	Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée sous palmier	53
V-1-2-1	Dynamique des sels dans le profil T1	53
V-1-2-2	Dynamique des sels dans le profil T.	53
V-1-2-3	Dynamique des sels dans le profil T3	54
V-1-2-4	Dynamique des sels dans le profil T4.	55
V-1-2-5	Dynamique des sels dans le profil T5	55
V-1-3	Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée hors palmeraie	56
V-1-3-1	Dynamique des sels dans le profil C1.	56
V-1-3-2	Dynamique des sels dans le profil C2.	56
V-1-3-3	Dynamique des sels dans le profil C3	57
V-1-3-4	Dynamique des sels dans le profil C4	58
V-1-3-5	Dynamique des sels dans le profil C5	58
V-2	Discussions	59
Conclusion		63
Références bibliographiques		65

Introduction

Introduction

Le sol est le lieu d'interaction entre l'atmosphère, la biosphère, la lithosphère et l'hydrosphère, il est donc un composant important de l'environnement à part entière et une partie intégrante du paysage appelée pédosphère.

Etant une ressource non renouvelable, du moins à l'échelle humaine, et sujette à des dégradations diverses, les sols constituent donc une ressource vulnérable qu'il devient primordial d'étudier, de connaître, de préserver et d'améliorer (DOUAOUI *et al*, 2004 ; SAIDI *et al*, 2004).

Dans les régions arides et semi-arides, les plantes doivent être irriguées afin de garantir les cultures et d'augmenter la production. La mauvaise qualité des eaux d'irrigation accompagnée d'un drainage insuffisant entraînent souvent une accumulation de sels dans le sol. La physiologie des plantes poussant dans des sols salés est ainsi altérée, ce qui réduit leur croissance et leur rendement (MUNNS *et al*, 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). Dans les régions sahariennes, l'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation. Cependant cette technique qui modifie considérablement les propriétés du sol, peut être dangereuse car les eaux d'irrigation qui sont très chargées de sels peuvent aggraver le problème de salinité (BEN BRAHIM, 2001).

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (AL-KARAKI, 2000 ; BAATOUR *et al*, 2004), et le rendement agricole (ZID *et* GRIGNON, 1991 ; ZHU, 2001). Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol (MUNNS *et al*, 2006) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (MEZNI *et al*, 2002). Elle provient également de l'irrigation, le plus souvent mal contrôlée (BEN NACEUR *et al*, 2001). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols, varient autour de 20 millions d'hectares dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'hectares de terres agricoles touchées par la salinité. Les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'hectares, soit 23% des terres cultivées dans le

monde (CHEVERRY, 1995). Selon SZABOLCS (1994), un milliard d'hectares est menacé, dont 3,2 millions d'hectares en Algérie (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

De nombreuses recherches ont été effectuées sur le problème de salinité en zones arides d'Algérie. Nous citons : MESKINE (1992), BOUZID (1993), BENZAHY (1994), OMEIRI (1994), OUSTANI (1994), TRAORE (1995), BENBRAHIM (2001) et BENBRAHIM (2006), mais peu de travaux sont réalisés dans la région de Ghardaïa et spécialement dans la région de Zelfana où les eaux d'irrigation sont chargées et le problème de salinisation constitue un fléau pour l'agriculture dans la région.

L'objectif du présent travail est de diagnostiquer l'état de la salinité dans une palmeraie à Zelfana et d'étudier la dynamique des sels dans le profil.

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

Ce travail comporte trois parties :

- La première 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

I.1. Répartition géographique et importance des sols affectés par la salinité

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).

La salinité est localisée en grande partie dans les régions d'Australie et d'Asie du nord et centrale avec respectivement 37,42% et 22,17% de sols salés. Cette classification fait suivre les régions d'Amérique du sud avec 13,53%. Les surfaces des autres régions sont relativement réduites puisqu'elles représentent des taux bien en dessous de 10%.

Tableau I : Répartition géographique des terres affectées par la salinité. (I.E.D, 1987)

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

I.2. 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 (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1973).

La superficie des sols salés augmente de plus en plus chaque année, plusieurs milliers d'hectares sont touchés par la salinité sur l'ensemble du pays avec 28 Wilayat sérieusement affectées par les sels (BAHAZ, BEN ABDERAHMANE, 2011).

Les sols salins sont très répondus 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 Melrhir. 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).

I.3. La salinisation des sols

La salinisation a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (FAO, 2006)

Dans les zones arides et semi-arides du monde, des ressources hydriques importantes sont disponibles mais elles sont de qualité médiocre (saumâtre). La salinisation des sols dans ces régions est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface (BEN NACEUR *et al*, 2001).

En Afrique, près de 40 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale. En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (DOUAOUI ET HARTANI, 2008), en Tunisie 25%, en Afrique du Sud environ 9%. Au Proche-Orient, près de 92 Mha sont touchés par la salinisation, soit environ 5% de la surface totale. Au Pakistan, plus de 25% des surfaces irriguées sont salinisées, aux USA 23%, en Inde près de 17%, en Chine près de 15% et (MASHALI *et al*, 2005. FAO, 2006)

I.3.1. Définition

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin. La salinisation peut aussi être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles. D'après MERMOUD (2006), la salinisation des sols est le processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire, qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'ensuit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol. La salinisation se produit généralement lorsque la quantité d'eau perdue par le sol par évapotranspiration dépasse celle provenant de l'infiltration des précipitations. La salinisation entraîne un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes, une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl^- , Na^+ , etc...) et une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la conductivité hydraulique...)

I.3.2. Origines de la salinisation 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 ont à l'origine de ce phénomène (MAILLARD, 2001)

I.3.2.1. Salinisation primaire

Près de 80 % des terres salées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- ✓ Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- ✓ Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- ✓ Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MERMOUD, 2006)

I.3.2.2. Salinisation secondaire

Près de 20% des terres salées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». L'irrigation est la principale cause anthropique de la salinisation des sols (FAO, 2006)

Dans environ la moitié des situations, le développement de l'irrigation s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation ou alcalinisation des sols d'importance variable. Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau.

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (MARLET, 2005).

I.3.3. Importance de la salinité

La teneur totale en sels est le seul plus important critère pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation, cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou encore 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, l'augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résulte d'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 des besoins de la culture et l'efficacité du lessivage.
- La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{2+} , HCO_3^- et SO_4^{2-} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol.
- La propriété physique du sol tel que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage, (ANTIPOLIS, 2003).

La salinité peut, suivant la dose, avoir un effet stimulateur distinct sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été montré par RUDOLFS (in BIDAI, 2001). La salinité à des niveaux très faibles (bien que non quantifiées par les auteurs) de NaSO_4 , NaCl , MgSO_4 et Na_2CO_3 (ASLOUM, 1990)

I.3.4. Les sols salés

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles « plus solubles que le gypse » ou par la richesse de leur complexe adsorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffuse. Ces deux caractères de ces sols modifient également et diminuent le développement de leur végétation et des cultures que l'on peut y faire. Certains sols salés n'ont qu'un de ces caractères, d'autres présentent les deux à la fois. (AUBERT, 1983)

I.3.5. 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).

I.3.5.1. 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.

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 (Tabl.II)

Tableau II. Échelle 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.

I.3.5.2. Sodicité

a. 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):

$$E.S.P. (\%) = ([Na^+] / C.E.C.) \times 100$$

[Na⁺] : Concentration de Na⁺ échangeable en cmol⁺/100g.

C.E.C. : capacité d'échange cationique exprimé en cmol⁺/100g 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).

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

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

Tableau III. 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) :

$$\text{S.A.R.} = [\text{Na}^+] / \sqrt{[\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]/ 2}$$

[Na⁺], [Ca⁺⁺], [Mg⁺⁺] Exprimés en cmol⁺/l

I.3.5.3. 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 (Tabl .IV).

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

pH	Classe du sol
≥ 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%
≤ 7,5	Ces sols ne contiennent jamais de Ca ⁺⁺ et Mg ⁺⁺
< 7	Ces sols contiennent des quantités significatives d'ion H ⁺ échangeable

I.3.6. 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).

I.3.7. Caractéristiques des sols salés

La formation des sols salés est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na⁺ sous l'une ou l'autre de ses formes : saline (NaCl, Na₂SO₄) ou échangeable, parfois les deux. Les sols salés sont riches en sels solubles (Sols salins) ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) :

- Les sols salins (Solontchaks) ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl, Na₂SO₄) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi - arides.
- Les sols alcalins (Solonetz) sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na₂CO₃ principalement)
Les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi-aride et sub-humide.

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 (Tabl V.)

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

Caractéristiques	Sols salins	Sols alcalins
Chimique	Dominé par des sels solubles neutres : chlorure 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 conductivité électrique (CE) de l'extrait de sol saturé de plus de 4 dS/m à 25°C est en général la limite acceptée. Cependant le "Soil Science Society of America" établit une limite à 2 dS/m.	Le pourcentage de Sodium échangeable (ESP) de 15% est la limite admise au-delà de laquelle le sol est qualifié d'alcalin. La CE 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.

	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 (SAR) de l'extrait de sol saturé.	Bonne relation entre le pH du sol et l'ESP ou SAR 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
Physique	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.
<i>Effet sur la croissance des plantes</i>	Toxicité des ions tels que les ions Na, Cl, B, etc.	A travers un pH élevé du sol causant des déséquilibres nutritionnels incluant notamment une déficience en Calcium.
<i>Amélioration du sol</i>	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
<i>Distribution géographique</i>	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

I.3.8. 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).

I.1. Les sels solubles

Le degré de toxicité des sels solubles est d'autant plus élevée pour les plantes que leur solubilité est supérieure à celle du gypse (HULLIN, 1983).

I.4.1. Principaux sels solubles

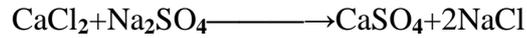
Nous distinguons trois grands groupes de sels solubles : les chlorures, les carbonates et les sulfates (HULLIN, 1983)

4.1.1. 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 (HULLIN, 1983)

- Chlorure de sodium (NaCl) : C'est le sel le plus répandu. Sa solubilité (300g/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 élevée.

4.1.2. Carbonates

D'après FAO-UNESCO, (1967 in BENBRAHIM, 2001), 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 (Na₂CO₃) : C'est un sel très toxique par sa solubilité et son pouvoir alcalinisant.
- Carbonates de potassium (K₂CO₃) : 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 NaCO₃.

4.1.3. 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 BENBRAHIM, 2001). Nous pouvons citer :

- Sulfates de calcium (CaSO₄) : Le gypse (CaSO₄, 2 H₂O) 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.

I.4.2. 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.

I.4.2.1. 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.

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).

I.4.2.2. Remontée capillaire

La remonté 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).

I.4.2.3. Thermo-dialyse

La thermo-dialyse 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.

I.4.3. Action des sels solubles

I.4.3.1. Action des sels solubles sur le sol

I.4.3.1.1. 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 $[Na^+] / [Ca^{++}]$ influe sur la dispersion des colloïdes. Cette dispersion apparaît dès que la quantité de sodium échangeable dépasse celle du calcium échangeable, lorsque le rapport Na^+/Ca^{++} dépasse la valeur de 1.

I.4.3.1.2. 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).

I.4.3.1.3. Réaction du sol

La réaction du sol est affectée par la présence des sels solubles, cela est dû à l'existence des sels acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4 , sulfures), et d'autres alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3 ,...)(DEMELON, 1966).

I.4.3 .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).

I.4.3.1.1. 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 *al*, 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*, 2000b 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)

I.4.3.1.2. L'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 chez la tomate (Ajouni M 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).

I.4.3.1.3. L'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).

I.4.3.1.4. L'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 (*Ipomoeabatatas*) (MITSUYA et *al*, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

I.4.3.1.5. 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 :

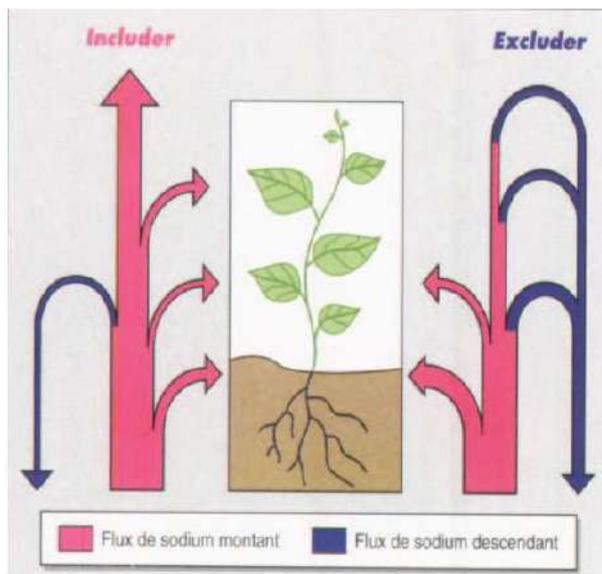
- Chlorures : Leur action se manifeste par l'apparition des brûlures à l'extrémité des feuilles. Ce sont les végétaux ligneux qui sont les plus sensibles (arbres fruitières).
- Sulfates : L'intoxication par les sulfates se marque par des marbres jaunâtres ou bronzées dans les feuilles. Ils provoquent 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 son 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)

I.4.4. 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 (Fig.01), 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 tolérant 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).



Chez les plantes de types includer, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type excluder, 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.

Figure 01 : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes includer ou excluder (LEVIGNERON et *al*, 1995).

I.4.4.1. 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 réexcréter 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).

I.4.4.2. 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).

I.4.4.3. La réexcrétion

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 réexcréter 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

II.1. Généralités

Le Palmier dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semi-arides chaudes de l'ancien monde. Il fut propagé en dehors de son aire d'extension et de culture, non seulement comme arbre fruitier, mais également comme essence ornementale. Il était introduit dans le nouveau monde, au début de XVI^{ème} siècle (MUNIER, 1973).

D'après certains hiéroglyphes (4000 ans avant notre ère) 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'Égypte (REYNES, 1997). La domestication et la sélection naturelle ont amélioré la qualité de la taille de fruit (BOUGUEDOURA, 1991).

Le dattier est une espèce xérophile, il ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds et son aire de culture s'étale dans l'hémisphère nord entre les parallèles 9° (Cameroun) et 39° (Elche en Espagne), où il bénéficie d'une situation particulière lui permettant de murir ses fruits (AMORSI, 1975). Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie (HILGEMAN, 1972 in MATALLAH, 2004).

II.2. Superficie et répartition géographique

II.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 monostipe (FERRY, 1996 in TELLI 2009).

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 les USA ont 600.000 palmiers dattiers, suivi par l'Europe (principalement Espagne) avec 32.000 et l'Australie avec 30.000 palmiers dattiers.

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 (II) 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, 2002 in TELLI, 2009).

Tableau VI : Superficie set nombre total de palmiers dattiers à travers le monde (FERRY, 1996 ; ZAID et WET, 2002 in TELLI, 2009)

Pays	Nombre de palmiers (x 1.000)	Partie de la totale de monde(%)	Superficies (x1, 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).

II.2.2. En Algérie

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 in TELLI, 2009).

En ce qui concerne l'âge des palmeraies, près de 30% des palmiers ont dépassé l'âge limite de production, d'environ 60 ans (IBRAHIM et KHALIF, 1998 in TELLI, 2009), et affichent des rendements égaux ou inférieurs à 15 kg par arbre. Environ 50% des palmiers seulement constituent la capacité actuelle de production en ayant des rendements de 35-45 kg/arbre.

La structure par âge des palmeraies montre que la reconstitution a été insignifiante (1% par an). Ceci est la conséquence des faibles moyens alloués à la sauvegarde et au rajeunissement des plantations (MESSAR, 1996 in TELLI, 2009).

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 in TELLI, 2009). Par conséquent, 75% de la production sont concentrés dans le Sud-Est et 15% dans le Sud-Ouest (MESSAR, 1996 in TELLI, 2009).

Tableau VII : Localisation des palmeraies selon (MESSAR 1996 in TELLI, 2009).

Wilaya	Palmiers en 1985 (milliers d'individus)	Palmiers en 1994 (milliers d'individus)	% 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

II.3. Description botanique

II.3.1. 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 phoinix, nom du dattier chez les Grecs. *dactylifera* vient du latin dactylus dérivant du grec daktulos, 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 et 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).

II.3.2. 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.

II.4. Biologie et morphologie du palmier dattier

II.4.1. 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, 1981b).

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).

II.4.2. Morphologie

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

II.4.2.1. 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.

II.4.2.2. 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).

II.4.2.3. Organes floraux

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

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 spathe sont de forme allongée. Celles des inflorescences mâles sont plus courtes et plus renflées que celles des inflorescences femelles (TOUTAIN, 1972).

II.4.2.4. 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.

- **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.

- **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.

- **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.

- **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 toute fois 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.

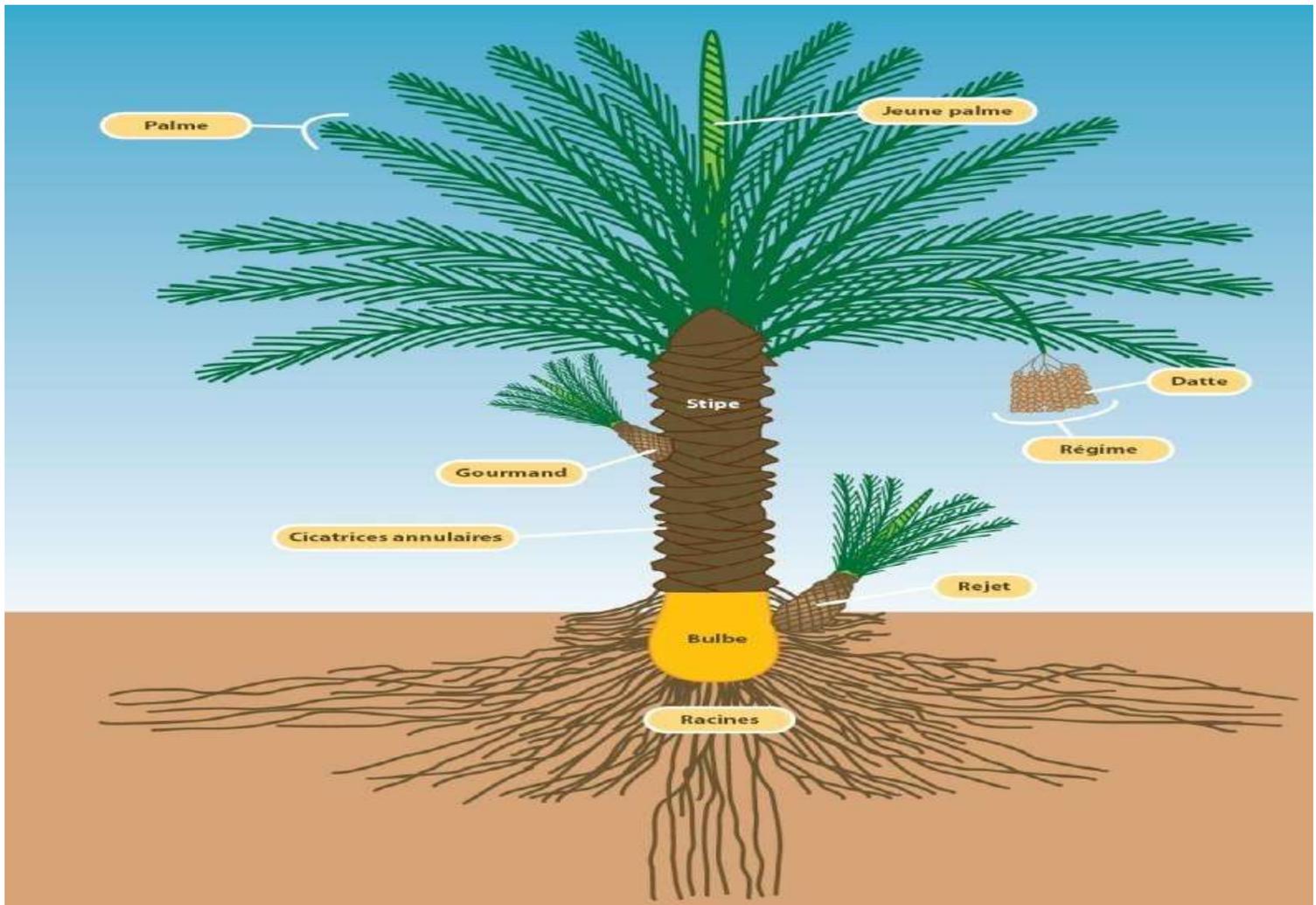


Figure 02 : Présentation schématique d'un palmier dattier (SBIAI.A 2011)

II.5. 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).

II.5.1. La 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 étés 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).

II.5.2. La 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).

II.5.3. L'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).

II.5.4. Les 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).

II.5.5. Le 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).

II.5.6. L'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 m³d'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).

II.5.7. Le 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).

II.6. Importance économique

Le nombre de palmiers dattiers dans le monde est estimé à plus de 130 millions d'arbres (ACOURENE, 2000). L'Algérie a un effectif de plus de 12 millions de palmiers, dont plus de 4 millions de la variété Deglet-Nour (M.A.D.R, 2001) et de 800 variétés, cultivées sur plus de 96000 ha (BEDRANI et BENZIOUCHE, 2000). L'essentiel du patrimoine est situé dans la partie septentrionale Est et Centre du Sahara Algérien : Les Zibans, Oued Righ, le Souf, la cuvette de Ouargla, le Mzab et El-Goléa. Avec ce potentiel, l'Algérie se place en quatrième position mondiale avec plus de 70 % constitués de variétés Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beida et Mech-Degla (ACOURENE et al, 2004). Du point de vue production, l'Algérie est classée au sixième rang mondial avec une production moyenne annuelle évaluée à plus de 420.000 tonnes de dattes (BELGUEDJ et al, 2002) ; au 5^{ème} rang pour ses exportations et le premier pour sa qualité des fruits exportés, grâce à sa production de dattes « Deglet-Nour » (GUESSOUM et DOUMANDJI, 2004).

II.7. Les maladies et les 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).

II.7.1. Le Bayoud (*Fusarium*)

C'est la maladie cryptogamique la plus grave du palmier dattier, causée par un champignon *Fusarium oxysporum* forme spéciale *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).

II.7.2. Le Khamedj (Pourriture des inflorescences)

Cette maladie est causée par un champignon : *Asperginiellascaetiae* 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).

II.7.3. Le Boufaroua

Son nom scientifique est "*Oligonychusafrasiaticus* 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 0,28 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).

II.7.4. La Pyrale de datte

Sont représentés essentiellement par les espèces du genre *Cadra*, *Plodiainerpunctella* 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).

II.7.5. La 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 a). 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 a).

Deuxième partie



Matériels
et
Méthodes

Chapitre III



*Présentation de la
région de Ghardaïa*

Chapitre III : Présentation de la région de Ghardaïa

III.1. Situation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara Algérienne. À environ 600Km de la capitale Alger. Ses coordonnées géographiques sont (BICHI et BEN TAMER, 2006) :

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

La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.560 km², elle est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d El-Bayadh (350 Km) (D.P.A.T, 2009).

III.2. Climat

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (A.N.R.H., 2007).

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 16 ans entre 1996-2012 ; à partir des données de l'Office Nationale de Météorologie (Tableau 01).

III.2.1. Température

La température moyenne annuelle est de 22,58°C, avec 33,63°C en Août pour le mois plus chaud, et 12,34°C en Janvier pour le mois plus froid.

III.2.2. Précipitation

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.

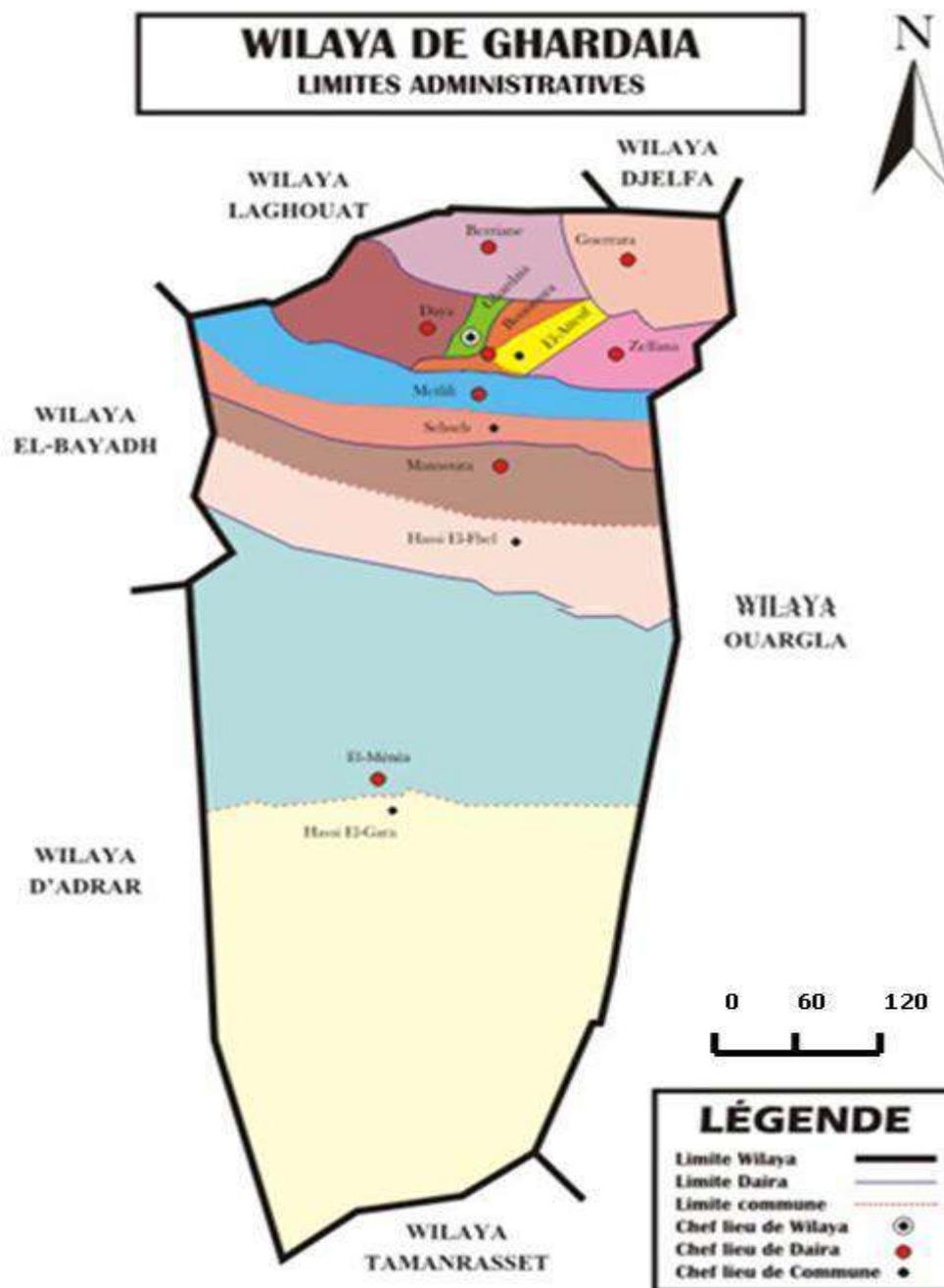


Figure 03 : Limites administratives de la wilaya de GHARDAIA (Atlas, 2004)

III.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).

III.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).

Tableau VIII : 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	77,01	699.42*	527.62*	37,77	6,63

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

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

III.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).

III.2.6. Vent

Ils sont de deux types :

- Les vents de sables en automne, printemps et hiver de direction nord –ouest.
- Les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction sud-nord ; sont très sec et entraînent une forte évapotranspiration (BENSEMAOUNE, 2007).

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.

III.2.7. Classification du climat

III.2.7.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Selon le tableau 1 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.

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté (Fig.2) :

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

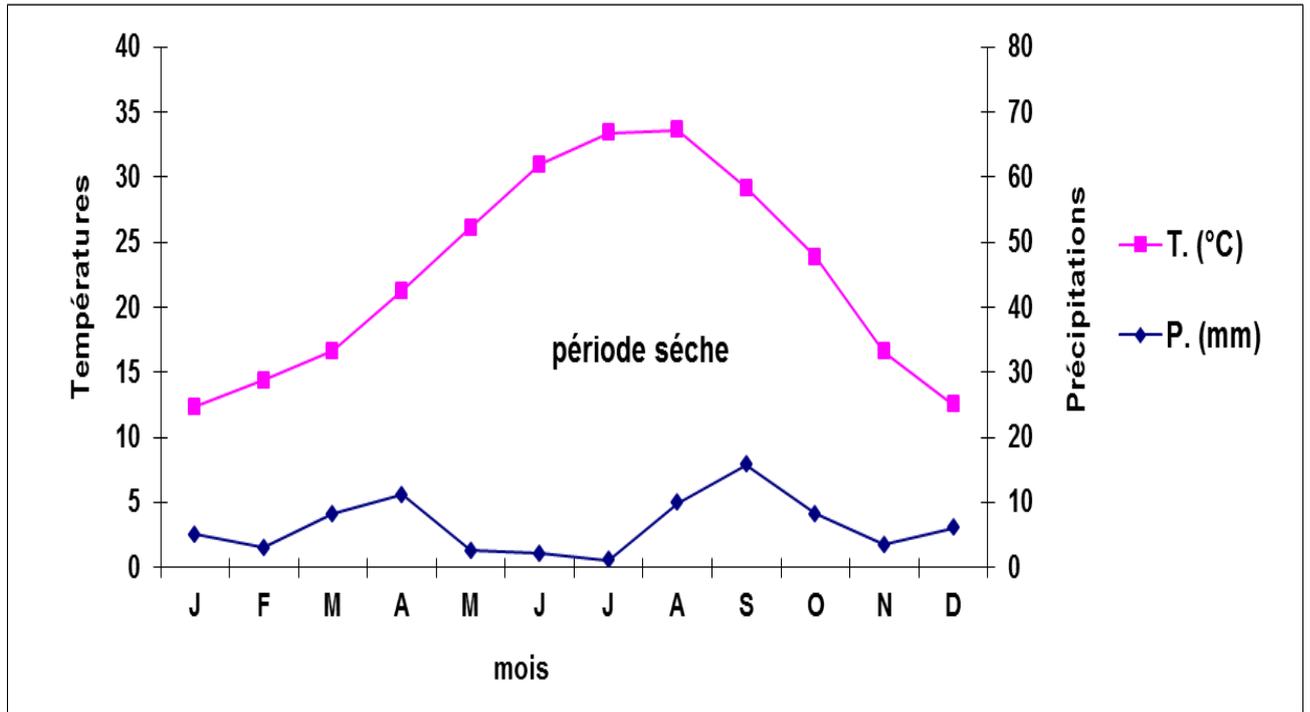


Figure 04 : Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 1996-2012.

III.2.7.2. 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 :

$$Q2 = 3,43 \frac{P}{Mm}$$

Q2 : quotient thermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm $Q2 = 3,43 \frac{P}{Mm}$

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 (3), Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q2) est de 7,57.

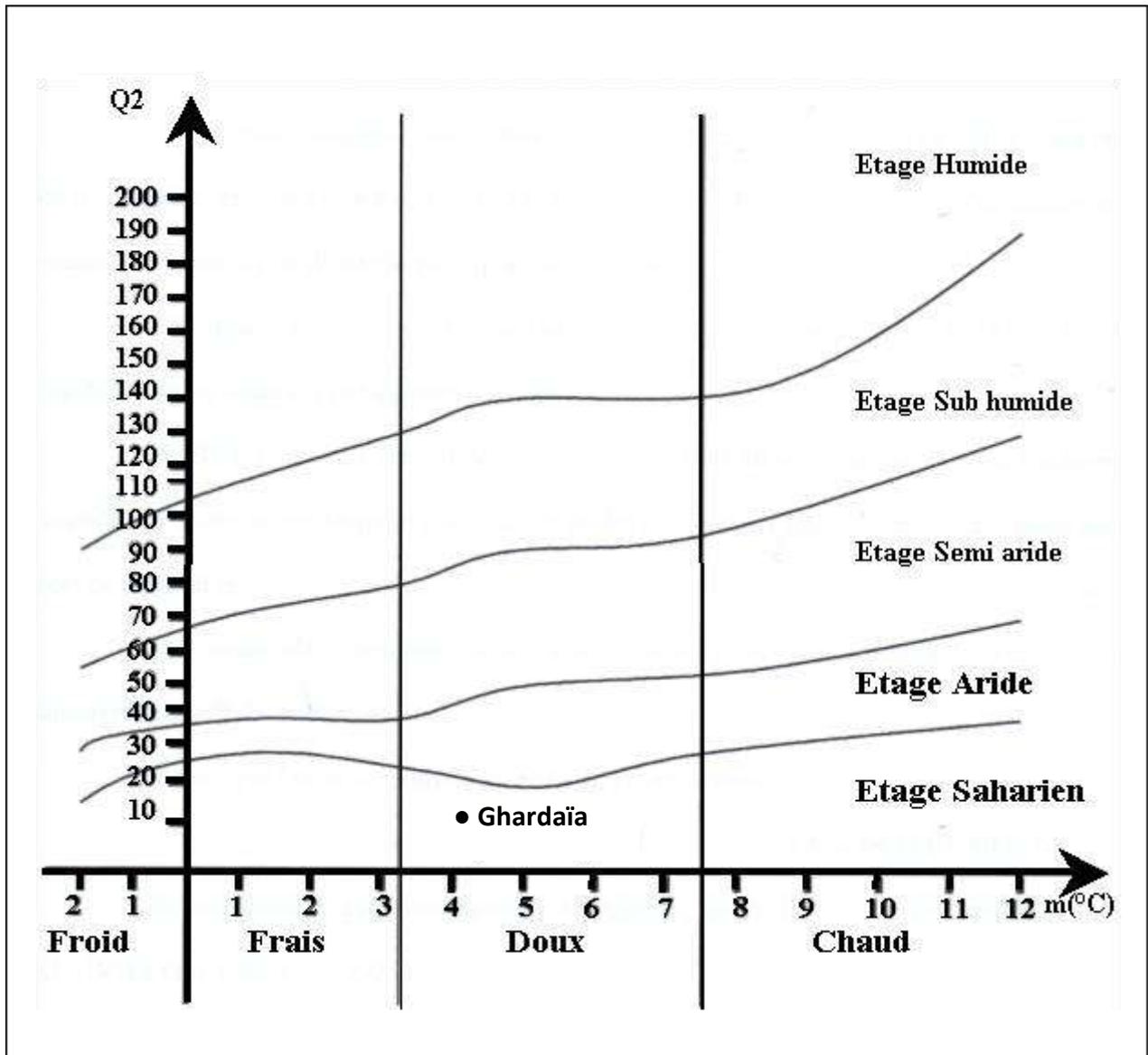


Figure 05 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER.

III.3. Géomorphologie

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques (fig.4) (D.P.A.T., 2005).

- La Chabka du M'Zab.
- La région des dayas.
- La région des Ergs.

III.3.1. Chabka du M'Zab

C'est un plateau créacé 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.

III.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.

De substratum géologique miopliocène, 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).

III.3.3. Région des Regs

Située 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).

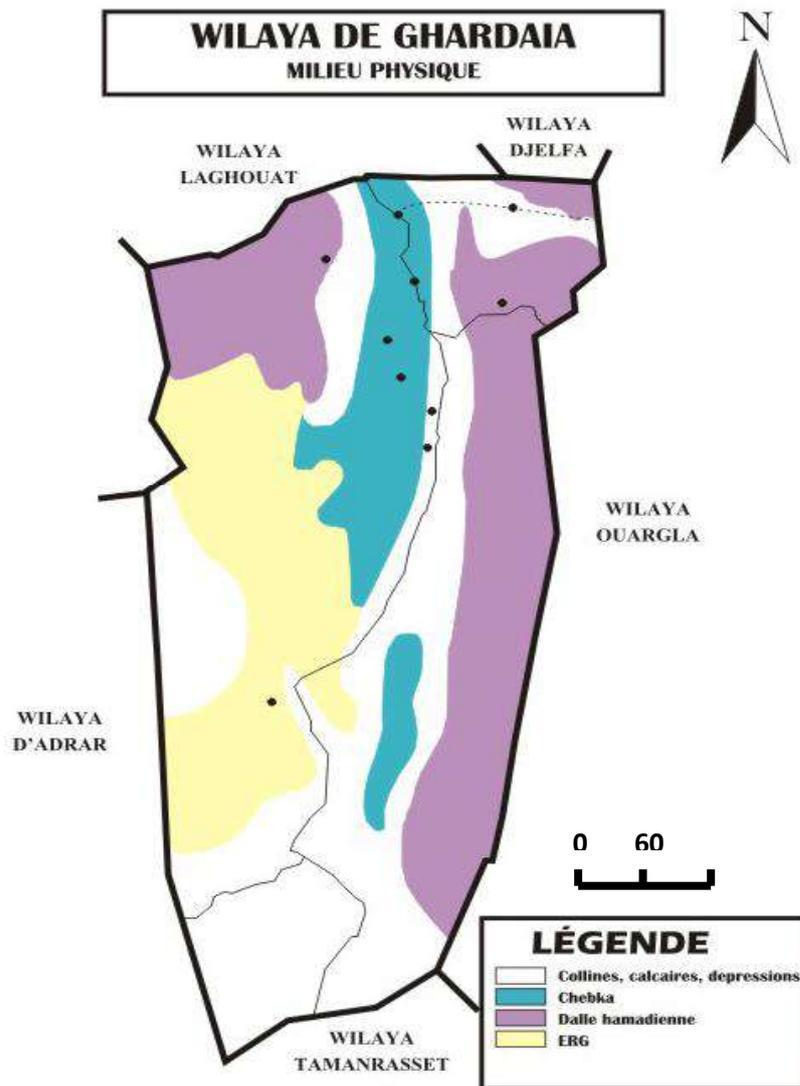


Figure 06 : Milieu physique de la wilaya de GHARDAIA (Atlas, 2004).

III.4. 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) (fig.5) (A.N.R.H, 2007).

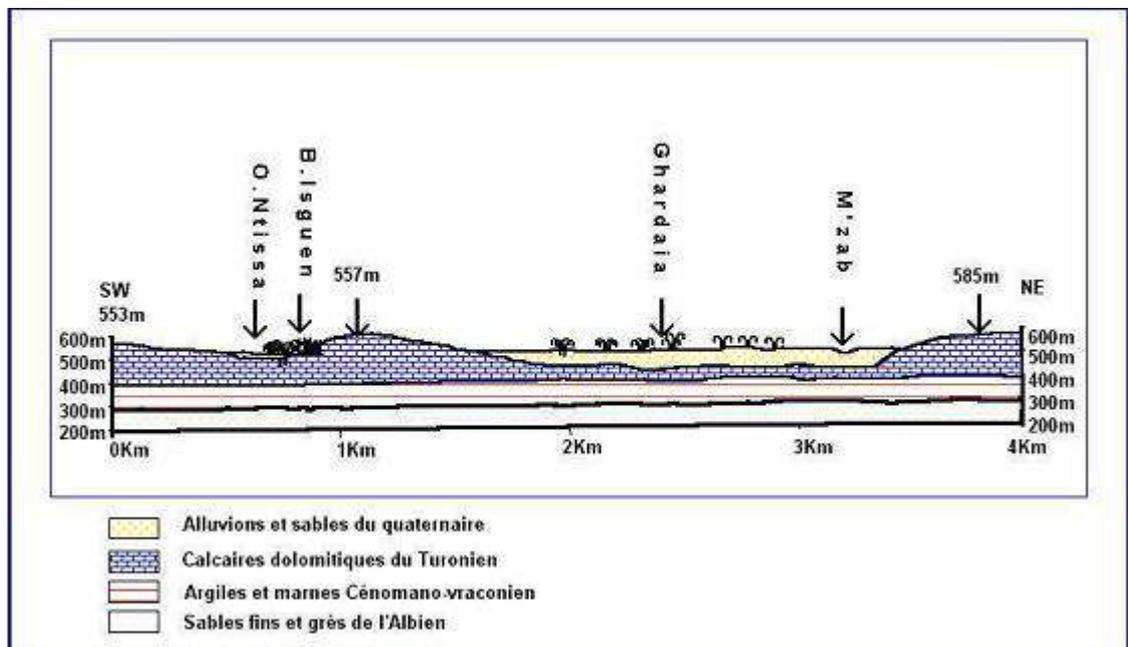


Figure 07 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab.

III.5.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 (fig.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.

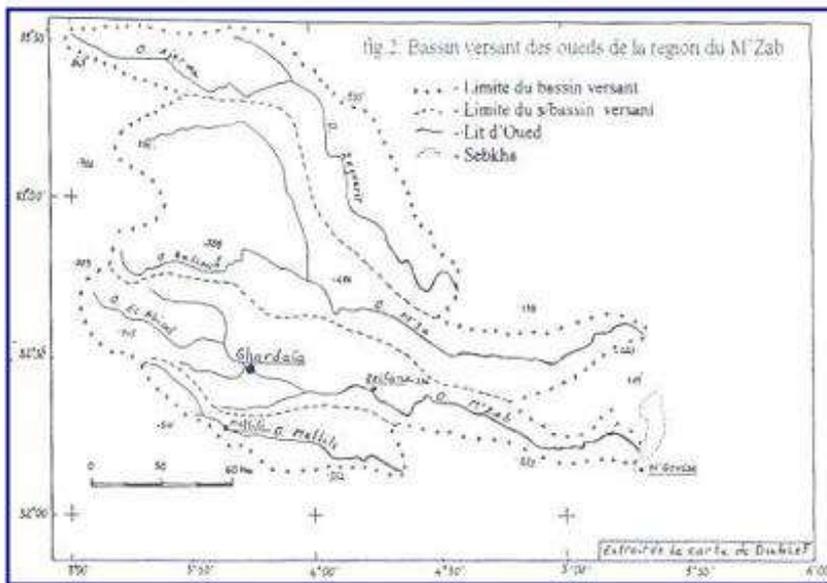


Figure 08 : Bassin versant de la région du M'Zab

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).

III.6. Hydrogéologie

III.6.1. Nappe phréatique

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

La qualité chimique des eaux est comme suit :

- à l'amont, elle est bonne à la consommation.
- à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H, 2007).

III.6.2. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grésos-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

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

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (A.N.R.H, 2007).

III.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).

Chapitre IV



*Matériels
Et
Méthodes*

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Approche méthodologique

La salinité des sols constitue un problème majeur des sols cultivées 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 aptitudes à la mise en valeur et de prendre les précautions nécessaires en vue d'une bonne pratique d'irrigation et de drainage.

L'approche méthodologique choisie permet de caractériser la salinité d'un sol cultivé, un sol non cultivé sous palmier et un sol non cultivé hors palmier dans la région de Zelfana afin de déduire l'impact de l'irrigation sur l'évolution des profils salins dans cette région.

Les critères d'évaluation étant la salinité exprimée par la conductivité électrique à 25°C et représentée par le profil salin.

IV.2. Caractéristiques du site d'étude

La ville de Zelfana se situe à 65 Km du Chef-lieu de la wilaya (Ghardaïa), et à 40 Km à l'Est de la route de l'Unité Africaine, et à 5,5 Km au R.N 49.

Elle est limitée :

- Au nord : Par la commune de Guerara.
- Au sud : Par la commune de Metlili.
- A l'ouest : Par la commune d'El Ateuf.
- A l'est : Par la commune d'Ouargla.

Le territoire de Zelfana couvre une superficie de 2.220 Km².

La seule ressource de l'eau dans la commune de Zelfana est la nappe albienne, cette nappe est caractérisée par une salinité moyenne qui varie de 1,65 à 2,35 dS/m à 25°C avec une moyenne de $1,96 \pm 0,25$ dS/m à 25°C (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011).

Selon le diagramme de REVERSIDE modifié par DURAND (1958), les eaux albienne de Zelfana appartiennent aux classes C3 et C4 caractérisés par :

➤ **La classe C3**

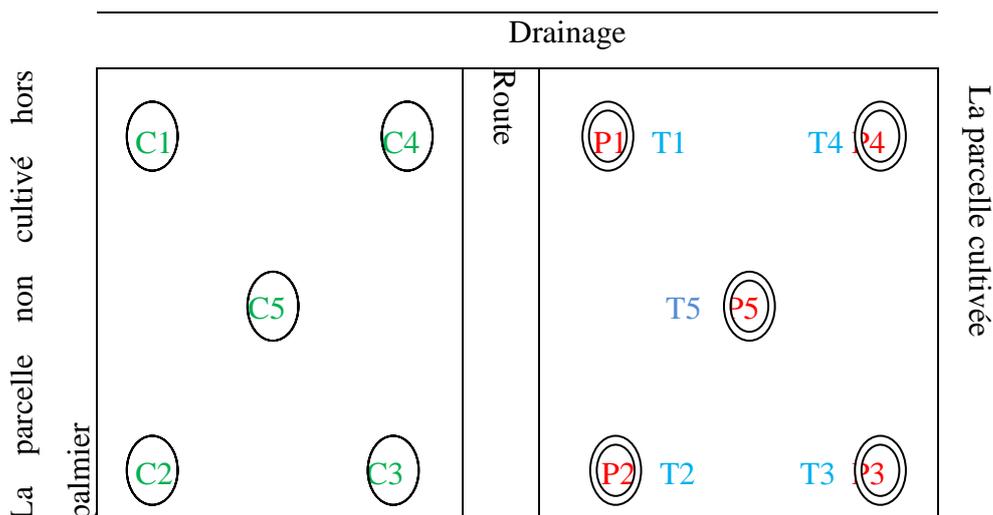
C.E. à 25°C comprise entre 0,75 et 2,25 dS/m : eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes peuvent être cultivées.

➤ **La classe C4**

C.E. à 25°C comprise entre 2,25 et 5 dS/m : eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et avec une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels. Les eaux thermales de cette nappe se caractérisent par une température moyenne de plus de 46 °C et une salinité moyenne de 1 g/l. (OUALI et al, 2007).

IV.3. Méthode d'échantillonnage

La description de l'état de la salinité dans la région de Zelfana a été réalisée en faisant un échantillonnage systématique comme le montre la fig(09). Le nombre de profil étant quinze dont cinq dans la parcelle cultivée, cinq dans la parcelle non cultivée sous palmier et cinq dans la parcelle non cultivée hors palmier.



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

Figure 09 : Plan d'échantillonnage

IV.4. Analyse au laboratoire

Les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm. En suite nous avons réalisé au laboratoire un extrait dilué avec un rapport terre/eau de 1/5 pour chaque échantillon. Les analyses ont porté sur la Conductivité électrique (C.E à 25°C), mesurée au conductimètre.

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

IV.5. Profils salin

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

Troisième partie



Résultats
et
discussion

Chapitre V



**Etude de la salinité
du sol dans la
palmeraie de
Zelfana**

Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie de Zelfana

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

V.1. Résultats

V.1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée

V.1.1.1. Dynamique des sels dans le profil P1

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P1 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de l'horizon P1H1 de 1,09 dS/m, de 1,14 dS/m pour l'horizon P2H2 et de 1,90 dS/m pour l'horizon P1H3. L'allure du profil salin P1 est montrée dans la figure (10).

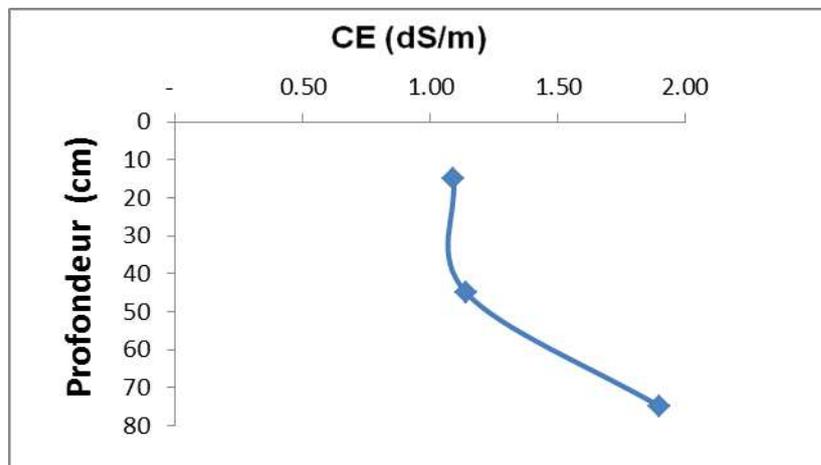


Figure 10 : Profil salin P1

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.

V.1.1.2. Dynamique des sels dans le profil P2

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P2 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de l'horizon P2H1 de 0,95 dS/m, de 1,36 dS/m à l'horizon P2H2 et de 1,03 dS/m pour l'horizon P2H3. L'allure du profil salin P2 est montrée dans la figure (11).

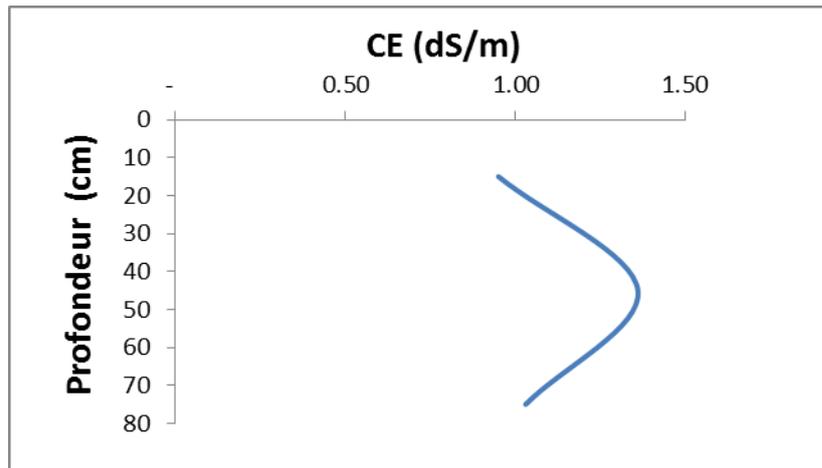


Figure 11 : Profil salin P2

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P2 est de type (B), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche médiane.

V.1.1.3. Dynamique des sels dans le profil P3

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P3 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de 0,99 dS/m à l'horizon P3H1, de 0,77 dS/m à l'horizon P3H2 et de 0,80 dS/m à l'horizon P3H3. L'allure du profil salin P3 est montrée dans la figure (12).

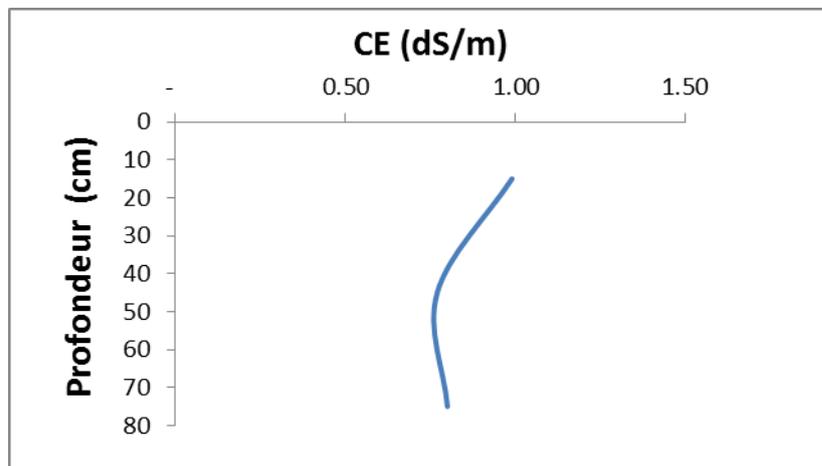


Figure 12 : Profil salin P3

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P3 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

V.1.1.4. Dynamique des sels dans le profil P4

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P4 a montré que la salinité du sol varie de peu salé pour les horizons P4H1 (CE de 0,65 dS/m à 25°C) et P4H2 (CE de 0,63 dS/m à 25°C) à non salé pour l'horizon T4H3 (CE de 0,59 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin P4 est montrée dans la figure (13).

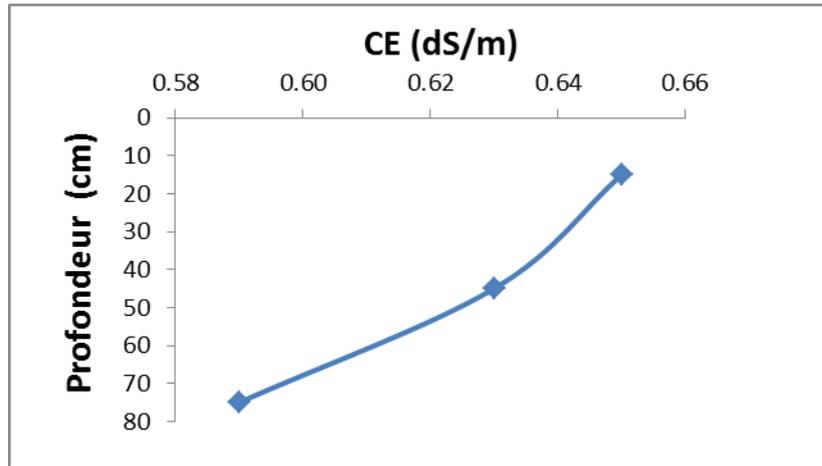


Figure 13 : Profil salin P4

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P4 est de type (A), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche superficielle.

V.1.1.5. Dynamique des sels dans le profil P5

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P5 a montré que les horizons du profil sont peu salés avec une CE à 25°C de l'horizon P5H1 de 0,95 dS/m, de 1,29 dS/m dans l'horizon P5H2 et de 1,23 dS/m dans l'horizon P5H3. L'allure du profil salin P3 est montrée dans la figure (14).

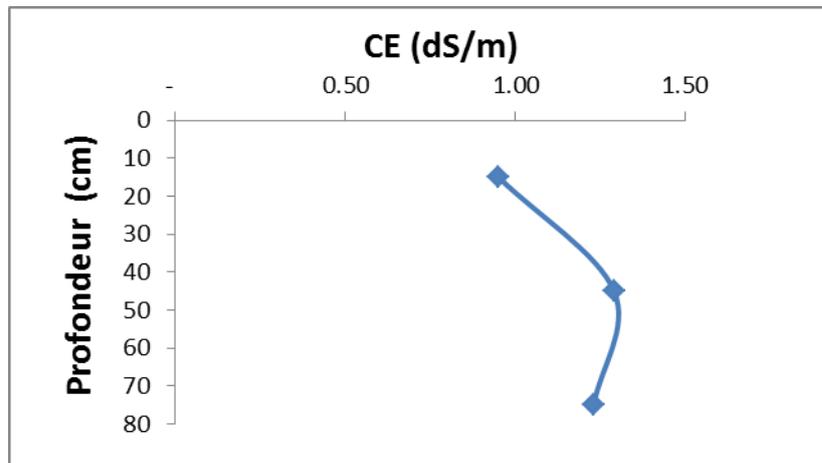


Figure 14 : Profil salin P5

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin P5 est de type (B), caractérisé par un maximum de salinité dans la couche médiane.

V.1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée sous palmier

V.1.2.1. Dynamique des sels dans le profil T1

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil P5 a montré que les horizons du profil sont très salés avec une CE à 25°C de l'horizon T1H1 de 4,36 dS/m, de 3,87 dS/m à l'horizon T1H2 et de 5,51 dS/m à l'horizon T1H3. L'allure du profil salin T1 est montrée dans la figure (15).

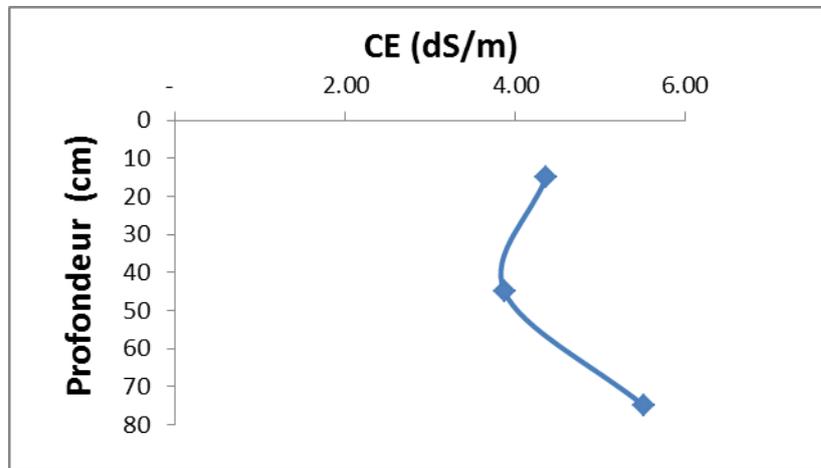


Figure 15 : Profil salin T1

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.

V.1.2.2. Dynamique des sels dans le profil T2

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil T2 a montré que la salinité du sol varie de très salé pour l'horizon T2H1 (CE de 5,32 dS/m à 25°C) à salé pour les horizons T2H2 (CE de 2,79 dS/m à 25°C) et T2H3 (CE de 2,21 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin T2 est montrée dans la figure (16).

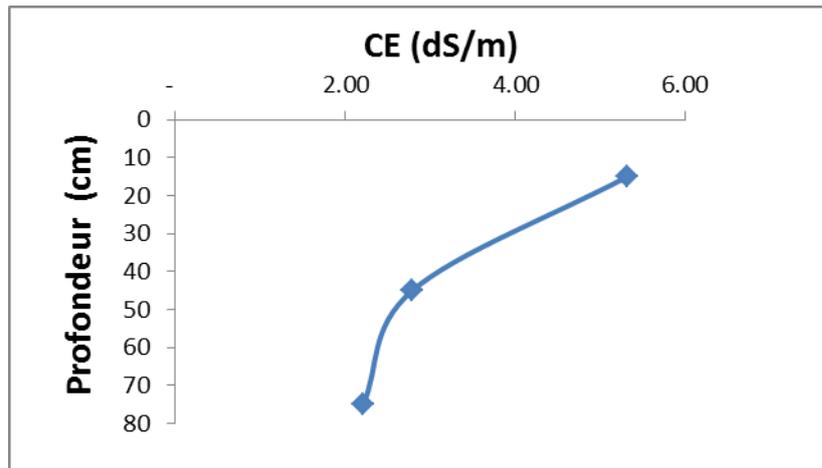


Figure 16 : Profil salin T2

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.

V.1.2.3. Dynamique des sels dans le profil T3

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil T3 a montré que la salinité du sol varie de très salé pour les horizons T3H1 (CE à 25°C de 4,95 dS/m) et T3H3 (CE à 25°C de 3,81 dS/m) à extrêmement salé pour l'horizon T3H2 (CE à 25°C de 7,43 dS/m). L'allure du profil salin T3 est montrée dans la figure (17).

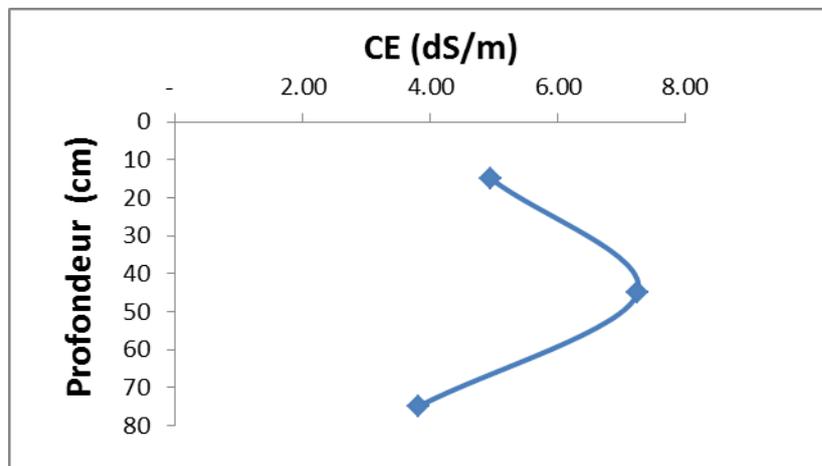


Figure 17 : Profil salin T3

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.

V.1.2.4. Dynamique des sels dans le profil T4

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil T4 a montré que la salinité du sol varie d'extrêmement salé pour l'horizon T4H1 (CE de 7,43 dS/m à 25°C) à très salé pour l'horizon T4H2 (CE de 3,10 dS/m à 25°C) et peu salé pour l'horizon T4H3 (CE de 1,88 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin T4 est montrée dans la figure (18).

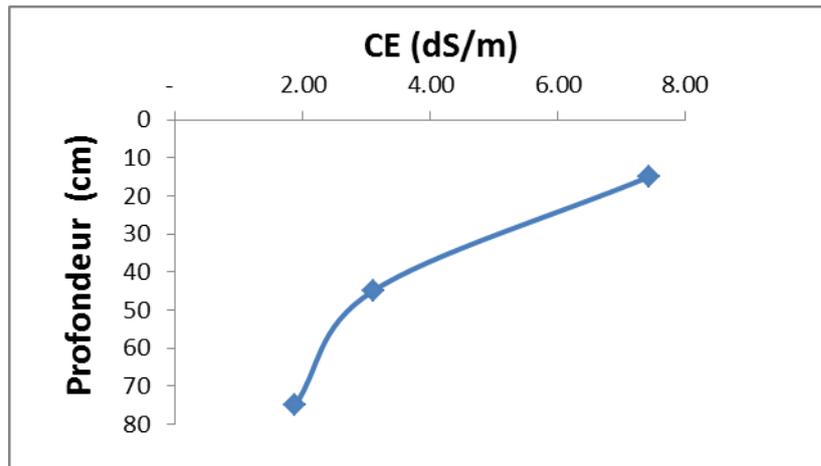


Figure 18 : Profil salin T4

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.

V.1.2.5. Dynamique des sels dans le profil T5

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil T5 a montré que la salinité du sol varie d'extrêmement salé pour l'horizon T5H1 (CE de 6,11 dS/m à 25°C) à très salé pour l'horizon T5H2 (CE de 2,86 dS/m à 25°C) et peu salé pour l'horizon T5H3 (CE de 2,34 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin T5 est montrée dans la figure (19).

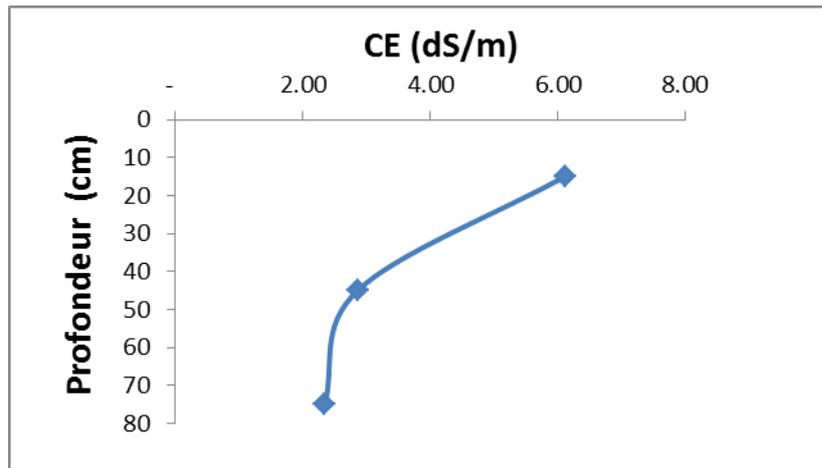


Figure 19 : Profil salin T5

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 superficiel.

V.1.3. Dynamique de la salinité dans la parcelle non cultivée hors palmeraie

V.1.3.1. Dynamique des sels dans le profil C1

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil C1 a montré que la salinité du sol varie de salé pour l'horizon C1H1 (CE de 2,01 dS/m à 25°C) à peu salé pour l'horizon C1H2 (CE de 0,85 dS/m à 25°C) et très salé pour l'horizon C1H3 (CE de 2,54 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin C1 est montrée dans la figure (20).

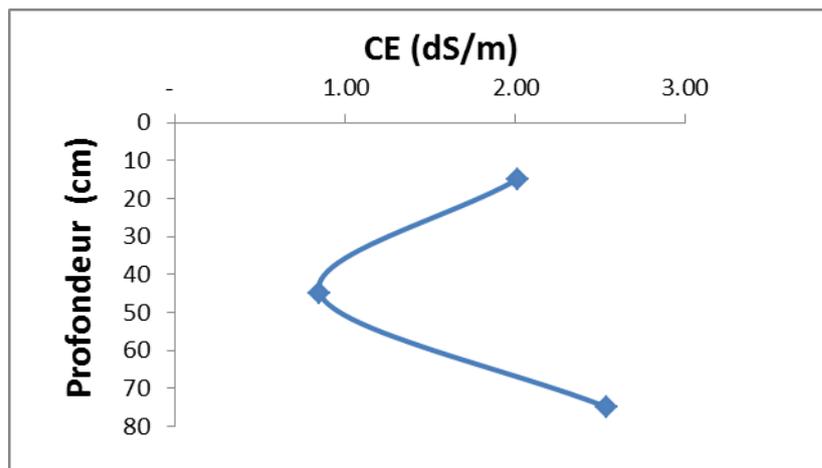


Figure 20 : Profil salin C1

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.

V.1.3.2. Dynamique des sels dans le profil C2

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil C2 a montré que la salinité du sol varie de très salé pour les horizons C2H1 (CE de 2,50 dS/m à 25°C) et C2H2 (CE de 4,02 dS/m à 25°C) à extrêmement salé pour l'horizon C2H1 (CE de 24,54 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin C2 est montrée dans la figure (21).

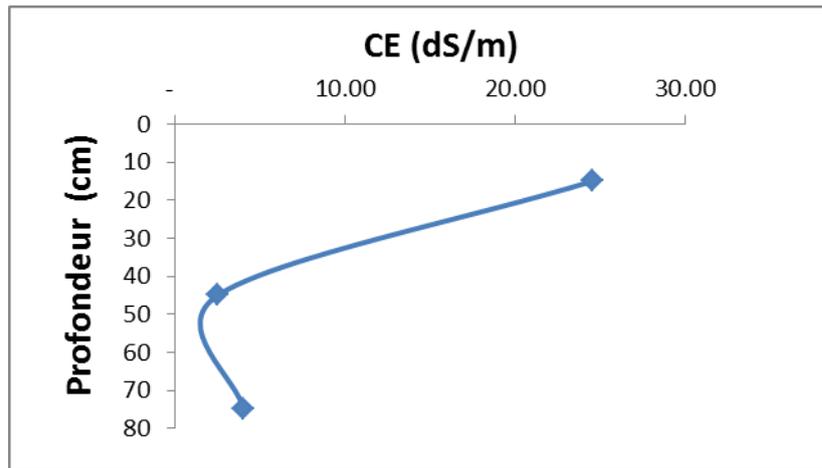


Figure 21 : Profil salin C2

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.

V.1.3.3. Dynamique des sels dans le profil C3

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil C3 a montré que la salinité du sol varie d'extrêmement salé pour l'horizon C3H1 (CE de 14,66 dS/m à 25°C) à très salé pour l'horizon C3H2 (CE de 3,89 dS/m à 25°C) et salé pour l'horizon C3H3 (CE de 2,35 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin C3 est montrée dans la figure (22).

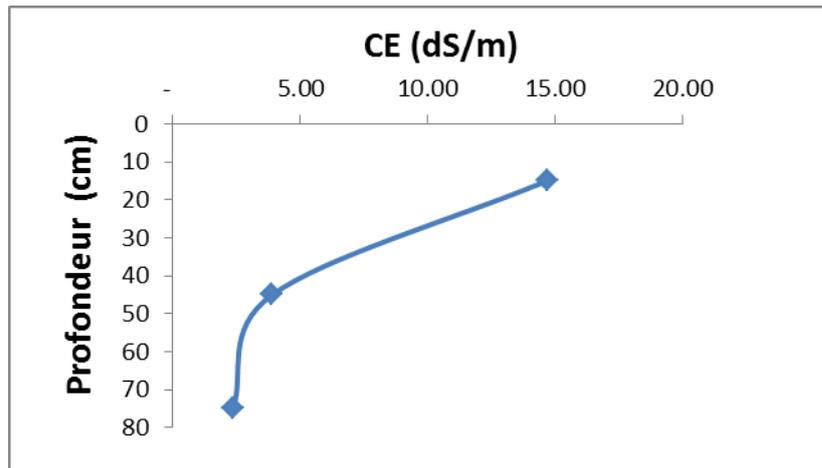


Figure 22 : Profil salin C3

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.

V.1.3.4. Dynamique des sels dans le profil C4

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil C4 a montré que les horizons du profil sont extrêmement salés avec une CE à 25°C de l'horizon C4H1 de 22,25 dS/m, de 24,51 dS/m à l'horizon C4H2 et de 7,67 dS/m à l'horizon C4H3. L'allure du profil salin C4 est montrée dans la figure (23).

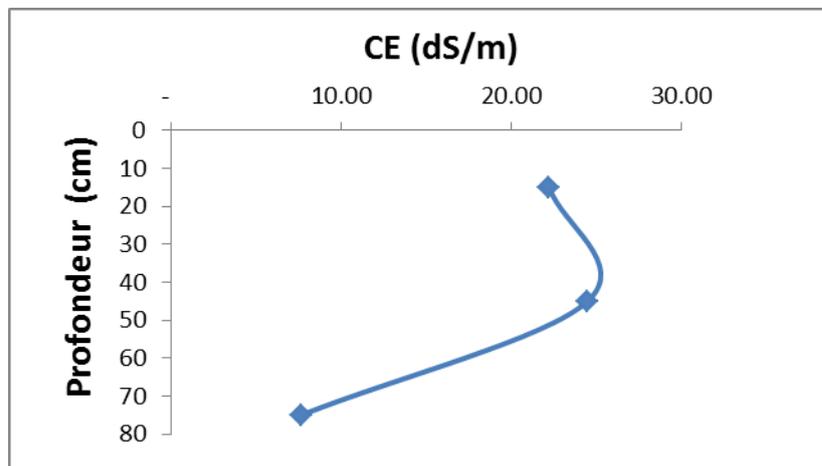


Figure 23 : Profil salin C4

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.

V.1.3.5. Dynamique des sels dans le profil C5

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil C5 a montré que la salinité du sol varie d'extrêmement salé pour les horizons C5H1 (CE de 1,33 dS/m à 25°C) et C5H2 (CE de 14,56 dS/m à 25°C) à salé pour l'horizon C5H3 (CE de 2,32 dS/m à 25°C). L'allure du profil salin C5 est montrée dans la figure (24).

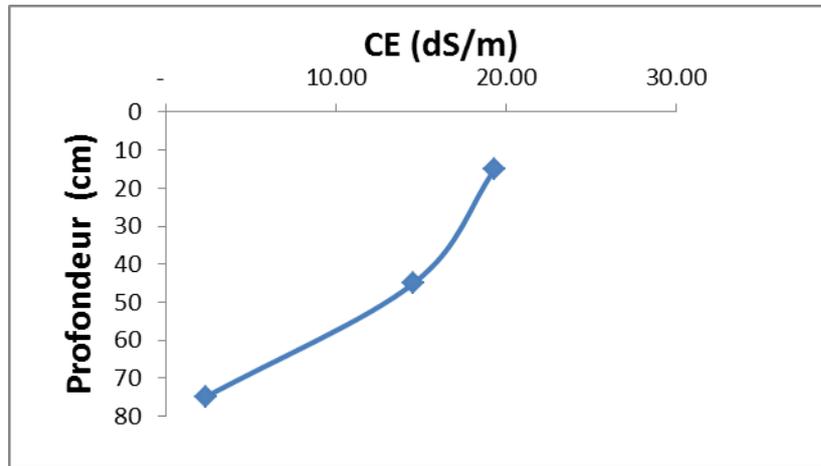


Figure 24 : Profil salin C5

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.

V.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 (Fig.25) avec une CE_{moy} à 25°C de 0,92 dS/m pour l'horizon de surface, de 1,03 dS/m pour l'horizon de moyenne profondeur et de 1,11 dS/m pour l'horizon profond.

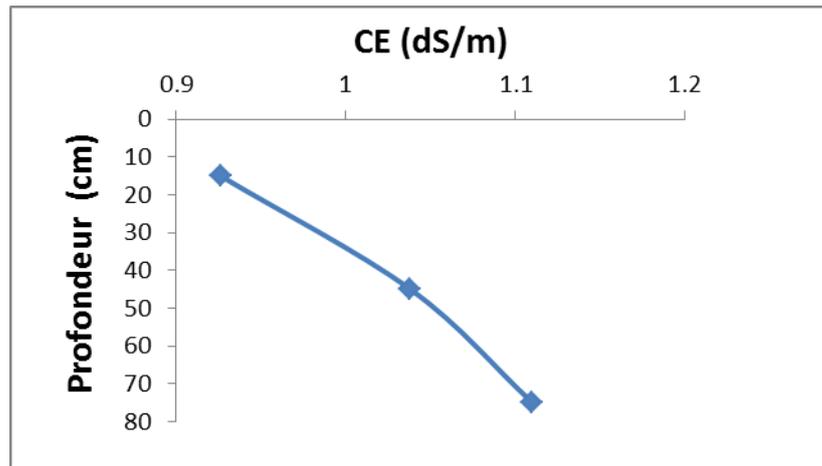


Figure 25 : Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée

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 de Zelfana varie de 1,65 à 2,35 dS/m à 25°C avec une moyenne de $1,96 \pm 0,25$ dS/m à 25°C (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011). 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 salin P3 et P4 sont de type A, caractérisés par un maximum de salinité en surface, cela montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la dynamique ascendante des sels dans le sol qui se produit dans notre cas après les irrigations.

Les profils salins P2 et P5 sont de type B, avec un maximum 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.

Le profil P1 est de type D, caractérisé par un maximum en profondeur, cela est forcément due à lixiviation des sels par l'eau d'irrigation (après les irrigations).

Dans la parcelle non cultivé sous palmiers, le sol est très salé pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle (Fig.26) avec une CE_{moy} à 25°C de 5,63 dS/m pour l'horizon de surface, de 3,97 dS/m pour l'horizon de moyenne profondeur et de 3,15 dS/m pour l'horizon profond.

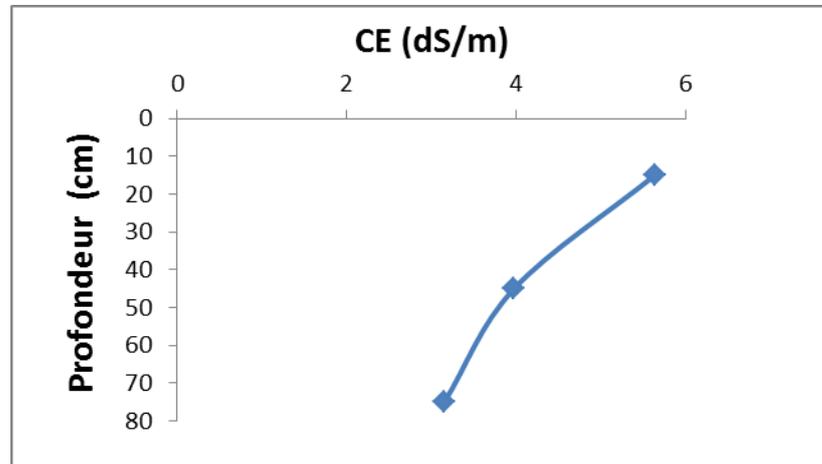


Figure 26 : Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée sous palmiers

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 pF des horizons de surface déclenchant ainsi la dynamique ascendante de la solution du sol par succion.

Les profils salins T2, T4 et T5 sont de type A, caractérisés par un maximum de salinité en surface. Il s'agit d'une dynamique ascendante de salinisation.

Le profil T3 est de type B, caractérisé par un maximum de salinité dans la couche médiane. Dans notre cas, c'est une alternance entre une dynamique ascendante et descendante des sels. Les sels entraînés en profondeur dans les planches d'irrigations rejoignent la nappe phréatique, pour ensuite remontés par capillarité, suite à l'évaporation élevée du sol hors de ces planches (dans l'espace non cultivé entre palmiers).

Le profil T1 est de type D, caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, ce qui est probablement due la variation spatiale des propriétés intrinsèques du sol.

Dans la parcelle non cultivé hors palmiers (Fig27.), le sol varie du très salé pour l'horizon de surface du profil caractéristique de la parcelle (CE_{moy} de 3,78 dS/m à 25°C) à extrêmement salé dans l'horizon de moyenne profondeur (CE_{moy} de 16,56 dS/m à 25°C) et l'horizon profond (CE_{moy} de 9,26 dS/m 25°C).

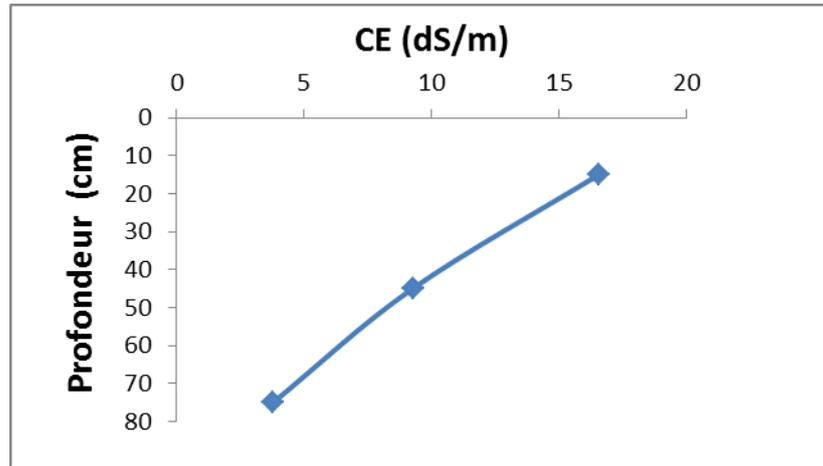


Figure 27 : Profil salin caractéristique de la parcelle non cultivée hors palmiers

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 pF des horizons de surface déclenchant ainsi la dynamique ascendante de la solution du sol par succion.

Les profils salins C2, C3 et C5 sont de type A, caractérisés par un maximum de salinité en surface.

Le profil salin C4 est de type B caractérisé par 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.

Le profil C1 est de type D, caractérisé par un maximum de salinité en profondeur. Cela est probablement dû à la variation spatiale des propriétés intrinsèques du sol.

Conclusion

Conclusion

L'étude de la dynamique des sels dans la palmeraie de Zelfana a été réalisée en faisant un échantillonnage systématique de quinze (15) profils, cinq dans les planches d'irrigations (parcelle cultivée), cinq entre les planches d'irrigations (parcelle non cultivée sous palmiers) et cinq hors palmiers (parcelle non cultivée hors palmiers). 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 à 25°C de 0,92 à 1,11 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 cultivée sous palmiers, le sol est très salé (CE à 25°C de 3,15 à 5,63 dS/m) avec un profil salin caractéristique de type A, caractérisé par un maximum de salinité en surface, ce qui montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents.

Dans la parcelle non cultivée hors palmiers, le sol varie de très salé à extrêmement salé (CE à 25°C de 3,78 à 16,56 dS/m), avec un profil salin caractéristique de type A, caractérisé par un maximum de salinité en surface, ce qui 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 ces trois parcelles permet de tirer les conclusions suivantes :

- L'irrigation par une eau saline pour une longue période (58 ans dans notre cas) engendre une salinisation secondaire du sol.
- 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.
- Le sol non irrigué hors palmier est plus salé que le sol non irrigué sous palmier, ce qui montre l'effet du microclimat sur la remontée des sels, sachant que l'évaporation à

la surface du sol est faible sous couvert végétale, ce qui provoque le ralentissement du phénomène de remontée capillaire sous palmiers, ainsi que le dysfonctionnement du système de drainage.

Enfin, ce travail sur la salinité du sol dans la région de Zelfana reste insuffisant et mérite d'être complété 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

Références bibliographiques

ACOURENE S., 2000 : Effets des types de pollen et de ciselage sur le rendement et la qualité de la datte de trois variétés (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beida) de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Thèse de magister Sc. Agro., Inst. nat. agro, El- Harrach, 133 p.

ACOURENE S., ALLAM A., TAMA M. et TALEB B., 2004: Evaluation de la qualité de la de la datte des différents cultivars de palmier datier (*Phoenix dactylifera*L.) des régions des Zibans, Oued Souf et Oued-Righ. *Revue des régions arides, n° spécial « Séminaire international aridoculture et cultures Oasiennes, Djerba 22 – 25 Novembre 2004», Tome 2, pp. 723-728.*

ALEM C., 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 : 20-31.

AL-KARAKI G N., 2000: Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 23, No. 1: 1- 8.

AMORSI G., 1975 - Le palmier dattier en Algérie, Ed, Tlemcen, 131p.

M.A.D.R., 2001: Statistiques agricoles - Superficies et productions. Direction des statistiques et des systèmes d'informations – sous-direction des statistiques agricoles, Série "A», Ministère de l'agriculture et de développement rural,

A.N.R.H., 2007-Inventaires Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya De Ghardaïa. Ed. A.N.R.H ,18 P

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

AUBERT G., 1978 - Méthodes d'analyse des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille, 189 p.

AUBERT G., 1983. Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sal sodiques. *Cah O.R.S.T.O.M. série de pédologie*. Vol 20.N°I. 73-78pp.

AZZI G., 1954: *Ecologie agricole*. Nouvelle encyclopédie agricole, Paris, pp. 51 – 52.

BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004 : Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrussativus*) à la salinité du milieu. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No. spécial : 346- 358.

BAHAZ F, BEN ABDERAHMANE M, 2011, Etude de l'effet du stress salin sur les caractéristiques biométriques de l'orge: « *Hordeumvulgare* », centre universitaire de Ghardaïa, p 62.

BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953 - Saison sèche et indice xérothermique, Volume I. Carte des productions végétales, art. 8, Toulouse, 47p.

BALACHOWSKY A., 1937: Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord d'Afrique et du Bassin méditerranéen - Caractères généraux des cochenilles - Morphologie externe. Edition HERMANN et Cie, Paris. 67 p.

BALACHOWSKY A., 1953 a : 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 : 400-407.

BEDRANI S. et BENZIOUCHE S.E., 2000: Etude de la filière dattes - Cas des Daïrate; Djamaa et Mghaier - *Congrès scientifique arabe sur l'apport de la recherche scientifique et des techniques nouvelles dans le développement et la mise en valeur des régions arides et semi-arides - Recueil des actes du congrès, CRSTRA, El-Oued*, pp. 383 – 417.

BELGUEDJ M., ACOURENE S., ALLAM AEK., BELABBACI H., MAANANI F., HEBBA A., et CHAOUKI S.2002 : *Caractéristiques des cultivars de dattier dans les palmeraies du Sud-est Algérien. Les ressources génétiques du palmier dattier, 3 D, Dossier N° 1, Revue annuelle N° 01/2002, INRAA, 289 p.*

Belkaid F., Néfidsa K, 2009, évolution spatio-temporelle de la salinité des sols de la plaine du Bas-Chélif établissement d'une base de données. mémoire d'ingénieur Université Hassiba Ben Bouali Chlef.

BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004: Réponse des graines d'*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* n°4, vol 15, pp 331-334.

Belouazeni A., 2010. Bian hydrosalin à l'échelle de la parcelle et d'une zone homogène drainée dans le Bas-Chélif. Thèse de Magister prévue soutenir septembre 2010.

BEN ABDELLAH A., 1990: La phoeniciculture. *Options méditerranéennes Serie A: Séminaires méditerranéens, n° 11, Les systèmes agricoles oasiens, CIHEAM, pp. 105 - 120.*

BEN NACEUR, M., RAHMOUNE, C., SDIRI, H, MEDDAHI, M. L. ET SELMI, M. (2001) Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sciences et changements planétaires/ sécheresse*. Vol. 12, n° 3, pp. 74-167.

BEN BRAHIM, 2001, Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette de Ouargla (Cas de l'exploitation de l'I.A.S.) Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en agronomie saharienne Ouargla, centre universitaire de Ouargla institut d'agronomie saharienne, 2001, 119.

BENSEMAOUNE, 2007- Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (S.A.G.E.)- cas de la région de Ghardaïa. Thèse. Mag. Univ, Ouargla .96p

BENZAHI Y., 1994 - Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie. Thèse Ing. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 111 p.

BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY 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., CASSE F., 2003: Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. EMBO Journal, Vol. 22: 2004- 2014.

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., 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, 123–132.

BOUGUEDOURA N., 1979: Contribution à la connaissance du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. ; Etude des productions axillaires. Thèse de docteur de troisième cycle en sciences biologiques, Université des sciences et de la technologie d'Alger, 64 p.

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.

CALCAT A., 1961: Cours d'agriculture saharienne Phoeniculture Ministère d'Etat - Sahara-Départements et Territoire d'Outre-Mer, pp. 1- 2.

CHARTZOULAKIS K., KLAPAKI G. (2000): Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hortic. 86, 247–260

CHEVERRY C., 1995: Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'ACAD d'AGRIC De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2) : 42-46.

DAOUD Y., HALITIM A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse 5 (3), pp. 151-160.

DJERBI M., 1986 : Les maladies du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). Projet du centre régional de recherche sur le palmier dattier et la datte au Moyen Orient et en Afrique du Nord, 127 p.

DJERBI M., 1992 : *Précis de phoeniciculture* F.A.O. Rome, 191 p.

DJERBI M., 1994- *Le précis de la phoeniciculture*. Ed. FAO, Rome, 191 p.

D.P.A.T., 2005 - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142 P.

DOGGAR, 1992 in BENZAHI, 1994). Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie. Thèse Ing. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 111 p.

DOUADI A., 1996 : Evaluation de la variabilité intra et inter cultivars du palmier dattier dans les régions de Ouargla, Oued Righ et Souf. Mémoire d'ing. agr., INFS/AS. Ouargla, 99 p.

D.P.A.T., 2009- Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia,

DOUAOUI A. GASCUEL-ODOUX C., WALTER CH., 2004 : Infiltrabilité et érodibilité de sols salinisés de la plaine du Bas Chélif (Algérie). Mesures au laboratoire sous simulation de pluie. EGS, Vol. 11, N°4, 2004, 379-392.

DOUAOUI, A. ET HARTANI, T. (2008) Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Cheliff. Scientificcommons. Vol. 2, no3, p. 9

DOUAOUI A., 2005. Variabilité spatial de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Cheliff. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doctorat d'état, INA-Alger .225p

DOUMANDJI MITICHE B, 1983 : Contribution à l'étude bio-écologique des parasites de la pyrale des caroubes *Ectomyeloisceratoniae* Zeller (Lepidoptera- Pyralidae) en Algérie en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse. Doc. Etat. Es-Scien. Nat., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 253 p.

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, pédogénèse et classification, Masson, 447p. Etude et Gestion des Sols, 137-148.

DUCHAUFOR P., 1977 - Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome I, Ed. Masson, Paris, 477 p.

DURAND J.H., 1983 - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imprimerie Boudin, Paris, 339 p.

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

FAO (2006) Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et 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 (FAO). Rome, 2006, 12 p.

FERRY M, 1996 : la crise du secteur phoenicicole dans les pays méditerranéens, quelles recherches pour y répondre ? actes des séances phénières des journées internationales d'Elche, 25-27 avril 1995, option méditerranéennes, séé. A/28, CHEAM.

GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G., 1991: Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.

GRISVARD P., CHAUDUN V., CHOUARD P. et GUILLAUMIN A., 1964: *Le bon Jardinier* 152^e édition. Tome 2, Encyclopédie Horticole. La maison rustique, Paris (6^e), 1410 p.

GUERRIDA K, al, 2012, Diagnostic de l'état de la salinité dans un sol non cultivé dans la région de Zelfana (Ghardaïa) centre universitaire de ghardaia, p35.

GUESSOUM M. et DOUMANDJ B. , 2004 : Bioécologie du boufaroua *Oligonychus afrasiaticus* (Mac Gregor) dans les palmeraies Algériennes. *Revue des régions arides n° spécial « Séminaire international aridoculture et cultures Oasiennes, Djerba 22 – 25 Novembre 2004 »*, Tome 2, pp. 711 – 716.

GUESSOUM M., 1986: Approche d'une étude bio-écologique de l'acarien *Olygonichus afrasiaticus* (Boufaroua) sur palmier dattier. *Ann. Inst. nat. agro. , El-Harrach , vol 10, n°1, pp. 153 – 166.*

HALITIM A., 1973 - Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leu

HALITIM A., 1988 - Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p. r mise en culture. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Rennes, 176 p.

HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2007: Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, Vol. 11, N° 3 : 235- 244.

HOPKINS W G., 2003: Physiologies végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.

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, 102 p.

JONES H G, FLOWERS T J, JONES M B, 1989 : *Plants Under stress*. Cambridge, Cambridge University Press.

LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995: Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*. 4 (4): 263-273.

LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002: Botanique. 3^{ème} édition, Tec et Doc Lavoisier, Paris: 439- 450.

MAILLARD, J. (2001) Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.

MAILLARD, J. (2001) Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.

MARLET, S. (2005) Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40, pp. 12-23.

MATALLAH M., 2004 - Contribution à l'étude de la conservation des dattes de la variété Deglet-Nour : Isotherme d'adsorption et de désorption. Mémoire. Ing. Agro, I.N.A. El Harrach. Alger. 81 p.

MELONI D.A., OLIVA M.A., RUIZ H.A., MARTINEZ C.A. (2001): Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J.PlantNutr. 24, 599–612.

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

MESSAR E. M., 1996: Le secteur phoenicole algérien: Situation et perspectives à l'horizon 2010. *Série A: Séminaire Méditerranéennes, n° 28, Options méditerranéennes, CIHEAM.*

MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., HAMZA M., 2002: Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .Agronomie. 22: 283-291.

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. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larousse. Paris, 221 p.

OMEIRI N., 1994 - Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette d'Ouargla. Mém. Ing. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 72 p.

OUELD H'MALLA M., 1998- *Effet de la date de ciselage sur la production dattière chez deux cultivars : DegletNour et Ghars dans la région de Ouargla.* Mémoire Ing. Agr. I.H.A.S. Ouargla, 125 p.

OZENDA P, 1977: *Flore du Sahara.* Editions du CNRS, Paris. 622 p.

PARIDA A.K., DAS A.B. (2005): Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349.

REYNES M., 1997- Influence d'une technique de désinfestation par micro-ondes sur les critères de qualités physico-chimiques et biochimiques de la datte. Thèse doctorat de l'INPL (institut national polytechnique de lorraine).182p.

SAIDI D., LE BISSONNAIS Y., DUVAL O., DAOUD Y., HALITIM A., 2004 : Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie).

SMIRNOFF W.A., 1954 a : La cochenille blanche parasite du palmier dattier en Afrique du Nord .Dir .agr. et des forêts, service de la végétation, 42 p.

SUMNER M.E., 1993. Sodicsoils – new perspectives. *Aust. J. of Soil Res*, 31, 683 –750pp.

SZABOLCS I., 1994 : Soils and salinization. In: Pessaraki, M. (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York: 3-11.

TOUTAIN G., 1972- Observations sur la reprise végétative du palmier dattier. *Al Awania*, 43 : 81-94.

VILARDEBO A., 1975:Enquête et diagnostique sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattier du Sud- Est Algérien. *Bulletin d'agronomie saharienne*, vol. 1, n° 3, pp. 1 – 23.

WANG Y, 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, 623–627.

ZAID A, 2002- date palm cultivation, chapitre 1et2 téléchargés à partir de web site FAO : www.FAO.org à 12/2/2008.

Références électroniques :

[1] :[http:// www.dgroups.org/groups/Fao/salinization-conf/](http://www.dgroups.org/groups/Fao/salinization-conf/)