

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen

**Faculté des Sciences de la nature et de la vie et Sciences de la terre et
de l'univers**

Département d'Agronomie



MÉMOIRE

Présenté par

HEDDAR MOHAMMED WALID

REKKAB MOHAMMED ABDERRAHIM

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER en Protection des Végétaux

Thème

**Contribution à l'étude de la salinité du sol dans le périmètre
irrigué de la région d'étude de Ben Amar, (Région semi-aride
dans la région de Naama)**

Soutenu en Juillet 2021 devant le Jury composé de :

Mr. BENDI DJELLOUL Mouncif charaf eddin, MCA	Université Tlemcen	Président
Mr. AMRANI Sidi Mohamed, Professeur	Université Tlemcen	Encadreur
Mr. ELHAITOU Ahmed, MCA	Université Tlemcen	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

« Au nom du dieu et tout clément, le tout miséricordieux louange à dieu seul unique, et bénédiction et paix, sur le dernier des prophètes, sur sa famille et ses compagnons ainsi que sur tous ceux qui suivent sa voies » .

On tient à témoigner nos gratitudes et nos remerciements à notre encadreur de mémoire **Mr. AMRANI Sidi Mohamed**, Professeur au département d'Agronomie à l'Université de Tlemcen, de nous avoir aidés à la réalisation de ce travail, pour son encadrement. On le remercie d'avoir toujours été présent pour répondre à nos questions, ainsi pour le temps qu'il a consacré pour nous écouter et de nous avoir apporter de précieux conseils.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements **Mr. BENDI DJELLOUL Moncif**, d'avoir accepté de présider le jury, ainsi qu'à **Mr. ELHAITOU Ahmed** pour avoir accepté d'examiner notre travail et pour le temps consacré à lire ce manuscrit et pour toutes les remarques constructives qu'il a pu apporter.

Enfin, on tient à exprimer nos gratitudes pour tous ceux que on n'a pas cités et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ma famille qui mon toujours encouragée et soutenue durant toutes ces années et qui mon permis d'aller au bout de mon projet. Merci d'avoir cru à mes choix d'étude et de m'avoir donné les moyens d'accomplir ce travail dans les meilleures conditions.

A

Ma Mère, je n'aurai jamais pu réaliser et terminer ce travail sans toi
et sans votre soutien,

A

Mon Père, celui qui a toujours sacrifié tout pour me voir réussir.

A

Mes frères présents dans mon cœur et pour toujours :

ANWAR sans oublier sa femme et ces adorables enfants « Yasmine et Abderrahmane »,

FATIMA ZOHRA et **ZAHRO**,

Je vous dis merci à vos conseils, soutien, et encouragements

A

IHEB SID AHMMED NOUR, la fidélité d'un ami est la sureté de nos secrets, elle est
comme une pierre précieuse.

HEDDAR Mohammed Walid

Je dédie ce modeste travail.

À mes très chers parents que j'aime beaucoup

À mes chers professeurs et cheïkhs

À mes très chers frères et sœurs

À mes adorables amis

*À l'union nationale d'étudiants Algérien Direction régionale de
Tlemcen. À toutes ses branches pédagogiques et sociales*

À l'association chomoue de Tlemcen

À « l'académie طلاب المعالي »

Au «Microbio Students Club»

*À Madame la Doyenne MOKHETARI SOLIMANE Nassima
AMEL*

REKKAB MOHAMMED ABDERRAHIM

Table des matières

Liste des tableaux	i
Liste des figures	ii
Liste des photos	iii
Liste des abréviations	iv
Introduction générale.....	1
Partie théorique	4
Chapitre I Présentation de la zone d'étude	5
I. Introduction.....	6
I.1 Localisation	6
I.2 Géologie.....	6
I.3 Hydrogéologie	7
I.4 Géomorphologie	8
I.4.1 Dépressions	8
I.5 Aperçu pédologique.....	9
I.5.1 Les sols calcimagnésiques	9
I.5.2 Les sols gypseux	9
I.5.3 Les sols salés.....	10
I.5.4 Les sols cultivés :	10
I.6 Etude climatiques	13
I.6.1 Cartes des précipitations	13
I.6.2 Précipitations.....	14
I.6.3 Température	15
I.6.4 Les vents	16
I.6.5 La gelée.....	17
I.7 Synthèse climatique	17
I.7.1 Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité	17
I.7.2 Indice de sécheresse estivale :.....	18
I.7.3 Indice d'aridité de De Martonne (1923).....	18
I.7.4 Indice d'aridité annuel (I)	18
I.7.5 Indice d'aridité mensuel (i) :	19
I.7.6 Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN :	19
I.7.7 Quotient pluviométrique et climagramme d'EMBERGER (1955)	20

I.7.8	Evapotranspiration (ETP)	21
	Conclusion.....	22
	Chapitre II Les sols salés.....	23
II.	Introduction.....	24
II.1	Les sols salés (définitions et pédogenèse)	24
II.2	Répartition de la salinité du sol	26
II.2.1	Les sols salés dans le monde	26
II.2.2	Les sols salés en Algérie	28
II.3	Facteurs de la salinisation des sols	30
II.3.1	Climat	30
II.3.2	Source de sels	31
II.3.3	Drainage	32
II.3.4	Intrusion d'eau de mer	32
II.4	Aspect pédologique de salinisation, salinisation primaire ou secondaire.....	33
II.5	Signes d'un sol salé.....	33
II.6	Normes d'interprétation de la salinité du sol	34
II.7	Classification des sols salés	34
II.8	Ecologie des sols salés.....	35
II.9	L'utilisation agricole des sols salés :.....	37
II.10	Amendements et mise en valeur des sols salés.....	39
II.10.1	La restauration par lessivage	40
II.10.2	Traitements chimiques	41
	Conclusion.....	43
	Chapitre III Les sels dans les sols salés.....	44
III.	Introduction	45
III.1	Les principaux sels responsables de la salinité.....	45
III.1.1	Les carbonates	45
III.1.2	Les chlorures	46
III.1.3	Le chlorure de potassium : K Cl.....	47
III.1.4	Les sulfates	47
III.2	Les caractères principaux des sels dans le sol	48
III.2.1	La solubilité.....	48
III.2.2	La mobilité	49
III.3	Sols hydromorphe :.....	50
III.3.1	SOLS A PSEUDOGLEY :.....	50

III.3.2	SOLS A GLEY	52
III.3.3	GENERALITÉ DES PHENOMENES D'HYDROMORPHIE	52
III.4	SOLS HALOMORPHES	53
III.4.1	SOLONTCHAKS	53
III.4.2	SOLS A ALCALIS	53
III.4.3	SOLONEIZ	54
III.4.4	SOLOTHS	54
Conclusion.....		55
Partie expérimentale		56
I.	Etudes du sol et de l'eau d'irrigation :	57
I.1	Introduction :	57
I.2	Choix de la région d'étude :	57
I.3.	Localisation de la région d'étude :	58
I.4	Analyse du sol	59
I.4.1	Description du terrain :	59
I.4.2	La situation générale du périmètre irrigué	60
I.4.3	Echantillonnage :	61
Essais expérimentaux		61
II.	Mode expérimentale :	62
II.1	Matériel végétal utilisé :	62
II.1.1	Pomme de terre :	63
II.1.2	Carotte :	63
II.1.3	Pastèque :	64
II.3	Mode d'irrigation :	64
Résultats et discussion.....		67
I.	Rendement de la carotte	68
II.	Rendement de la pomme de terre :	69
III.	Discussion :	69
Conclusion générale et perspective		72
BIBLIOGRAPHIE		74
<u>Résumé</u> :		80

Liste des tableaux

Tableau 1 Répartition de la S.A.U par commune (31-12- 2018)	11
Tableau 2 Répartition des superficies mise en valeur par commune	12
Tableau 3 Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm)	15
Tableau 4 Régime saisonnier des précipitations	15
Tableau 5 Valeur moyenne mensuelles des températures	15
Tableau 6 Station de Mécheria : Direction des vents selon leurs fréquences en %	16
Tableau 7 Station d'Ain Sefra : Direction des vents selon leurs fréquences en %	16
Tableau 8 Indice de continentalité	17
Tableau 9 Indice de sécheresse estivale	18
Tableau 10 Indice d'aridité mensuel de De Martonne	19
Tableau 11 Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) et des températures	19
Tableau 12 Valeur de Q2 et étage bioclimatique	20
Tableau 13 La superficie affectée par la salinité dans différentes régions du monde	27
Tableau 14 le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U	29
Tableau 15 Le degré de solubilité	48
Tableau 16 La solubilité des principaux sels selon DURANT (1958)	48

Liste des figures

Figure 1 Pluviométrie moyenne annuelle dans les hautes plaines sud Oranaises.....	14
Figure 2 Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la commune de Naâma.....	20
Figure 3 climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Naâma (2012-2018).....	21
Figure 4 Carte montre les sols salés et sodiques en 17 états de l'union européenne.....	28
Figure 5 carte montre la répartition des sols satins du nord de l'Algérie.....	30
Figure 6 Action du gypse sur la substitution du sodium par le calcium au niveau du complexe adsorbant.	42
Figure 7 les sols hydromorphes (d'après DUCHAUFOR).....	51
Figure 8 Les sols halomorphes (d'après DUCHAUFOR).....	53
Figure 9 Carte satellitaire montre la localisation du périmètre irrigué de la zone d'étude	59

Liste des photos

Photo 1	une photo montre la présence de la salure qui élimine la végétation.....	57
Photo 2	Cristaux de sels au tour d'une halophyte	58
Photo 3	la dégradation de la structure du sol après l'irrigation.....	60
Photo 4	photo montre la présence des sels au sol	61
Photo 5	photo montre l'irrigation par aspersion.	65
Photo 6	photo montre l'irrigation par micro-aspersion.....	66
Photo 7	photo montre l'irrigation par submersion.....	66

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
A.P.F.A	Accession à la Propriété Foncière Agricole
CAH	Complexe Argilo-Humique
CE	Conductivité électrique
CEC	Capacité d'Echange Cationique
DSA	Direction des Services Agricoles
ESP	Evapotranspiration Potentielle
FL	Fraction Lessivée
I.e	Indices de sécheresse
INSID	Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage
MAPM	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Martine 'Maroc'
MO	Matière Organique
ONTA	Office Nationale des terres Agricoles
PE	Précipitation Estivale
RDT	Rendement
SAR	Ration de Sodium Absorbé
SAU	Surface Agricole Utile
UQCN	Union Québécoise pour la Conservation de la Nature
URFA	Union Régionale des Forets d'Auvergne

Introduction générale

En Algérie, il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol.

Les sols salins, qui contiennent ou ont contenu aux premiers stades de leur évolution un excès de sel soluble, sont très répandus dans le Tell algérien (plaines de la Mléta et de l'Habra en Oranie, notamment, où la salinité des sols est le principal problème de la mise en valeur) et dans les Hautes Plaines où ils forment de vastes placages aux alentours des chotts. Ce sont surtout des solonchaks où les chlorures de sodium sont en quantités telles que la végétation naturelle de la région laisse place à une végétation halophile qui disparaît elle-même lorsque la proportion de sel augmente trop.

L'origine des sels peut être variée. Ils proviennent souvent de la décomposition de roches salifères sous l'influence des agents climatiques et des facteurs biologiques. Très nombreux sont les affleurements de roches salifères en Algérie : gypse triasique grès du Crétacé moyen ; marnes sénoniennes dans le Sud-Constantinois ; poudingues, grès et limons rougeâtres de l'Oligocène continental (Aquitainien) ; poudingues et grès cartésiens ; argiles, grès et poudingues helvétiques ; gypse, marnes et calcaires du Sahélien ; grès du Pliocène continental (bassins fermés des Hautes Plaines) ; formations quaternaires des plaines littorales, des basses plaines oranaises et des dépressions fermées. (Benchetrit M ; 1956).

Pour les chimistes un sel est le produit qui résulte de l'action d'un acide sur une base.

Selon G. AUBERT (1976) et de façon générale « les sols sodiques en Afrique du Nord proviennent principalement d'une action de la mer (pas actuelle) ou de la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux repartis dans l'échelle stratigraphique depuis le Tertiaire jusqu'au Quaternaire.

Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres.

D'après SZABLOCS (1989) 3,2 millions d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une partie des terres est localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire de l'absence de drainage efficace.

Ce phénomène est observé (voir carte) dans les plaines et vallées de l'Ouest de pays (Mina, Cheliff, Sig, Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux bords des Chotts et de Sbkhas (Chott Ech Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkha d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbiet Chergui, etc...) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc...). (INSID.2008).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récents, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente.

Beaucoup de substances chimiques sont donc des sels. Pour l'agronome, un sel est une substance dont la solubilité dans l'eau est suffisante pour gêner la croissance de plantes. (Jean-Paul Legros ; 2009).

L'effet défavorable d'une trop forte quantité de sel sur les plantes est de deux ordres ; le sel empêche les plantes de recevoir suffisamment d'eau, même lorsque le sol est bien arrosé, les plantes sont alors rabougries et ont fréquemment une couleur caractéristique bleu-verdâtre. Si le sol est réparti également dans le champ, tous les plantes seront rabougries. La baisse des rendements peut atteindre jusqu'à 25% ; le sel a un effet toxique direct sur les plantes. La plupart des arbres fruitiers sont sujet à des dégâts lorsque la quantité de sel est élevée. Il en résulte des brûlures caractéristiques des feuilles qui ensuite tombent. Les arbres peuvent mourir lorsque se fait une accumulation d'une quantité de sel nocive de sodium ou de chlorure. (Agency for international development; food production and nutrition; soil fertility, fertilizers, and plant nutrition; 1862).

Les sels dissous dans la solution du sol ont des effets indirects sur les végétaux par leur action sur la structure du sol et la circulation des fluides et de l'oxygène en particulier. Elles ont des effets indirects sur la croissance et le développement des plantes, certaines sont adaptées à ces concentrations par différents mécanismes physiologiques, ce sont les plantes halophytes, mais les plantes cultivées ne le sont pas. (Raoul Calvet ; 2003).

Un sol est considéré comme salé lorsque sa conductivité électrique est supérieure à 4 mmhos/mm à 25°C (BENNACER et MORSLI, 1988/1989).

D'une manière générale et quelle que soit la plante, la récolte décroît plus ou moins linéairement avec la conductivité électrique mesurée par exemple, la récolte de la luzerne chute de 7,3%

mmhos/cm supplémentaire dès que la conductivité dépasse 2,0 mmhos/cm (Jean- Paul Legros, 2007).

Les sols salés peuvent être améliorés au moyen d'amendement chimique, par lessivage du sol et par l'emploi de pratiques culturales qui rétablissent la structure du sol.

La menace de la salinisation des terres est sérieuse, les sols à réhabiliter sont considérables, même en zone agricole, ce qui justifie la détermination exceptionnelle à entreprendre ; il reste en effet, à dégradé les techniques et les méthodes d'interventions des acteurs.

L'objectif de ce travail est d'évaluer le degré de la salinité su sol dans le périmètre irrigué de la région d'étude (qui se trouve dans un Mekmen situé dans le Sud-ouest de l'Algérie, la Wilaya de Naâma, commune de Mekmen Ben Amar) et contribuer à améliorer le rendement des plantes cultivées dans ces sols par des pratiques culturales (lessivage du sol, amendement organique, prégermination...).

Partie théorique

*Chapitre I Présentation de la zone
d'étude*

I. Introduction

Dans la région sud-ouest on trouve un grand nombre de dépressions (Chotts, Mekmènes et Dayas) localisé dans l'Est et ouest de la région oranaise qui présentent des sols salés.

Les sols salés ont une grande extension en Algérie, dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hauts plains au sud de Setif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Merlrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà. Elle est due aux conditions arides ou semi-arides d'une grande partie de ce pays où les possibilités d'évaporation sont considérables et les précipitations pluviales limitées ; à la présence fréquente de dépôts géologiques salifères, par exemple du Trias, du Miocène, du Pliocène ou même du Quaternaire... et de nappes phréatiques ou artésiennes salées, à la succession des événements, variations climatiques et phénomènes de sédimentation, au cours des Temps quaternaires. (AUBERT G ; 1976).

I.1 Localisation

La zone concernée par cette étude est la partie sud-ouest des hautes plaines oranaise. Elle se trouve administrativement à la wilaya de Naâma, Daïra de Mekmene Ben Amar (géographie Coordonnées : 33°43' 00"N 0° 43' 37" W Superficie 3270 Km²) où se trouve un périmètre irrigué caractérisé par la salure du sol où les agriculteurs de la région souffrent de la chute des rendements des cultures pratiquées dans ces sols. Dans cette zone nous distinguons les dépressions salées, Chottes ElGharbi, les Dayas et les Mekmenes.

I.2 Géologie

La zone d'étude fait partie de la région des hauts Plateaux ouest, c'est une zone steppique à climat semi-aride, les terrains de Mekmen Ben Amar se situent dans la partie occidentale des hauts plateaux, ces terrains se caractérisent par une structure à deux étages :

- Un Mésozoïque (Jurassique-Crétacé) fortement plissé à la base
- Un étage présenté par la puissante formation néogène-Quaternaire, des couches presque horizontales au sommet.

Après les informations de base qui sont plissés, il y a un arrêt (une période de transgression) c'est la transgression Néogène-Pliocène.

Lithologiquement on peut trouver la formation de base :

- un paléozoïque présent probablement par des schistes fortement plissés,
- Un mésozoïque présenté par des marnes et calcaire du Jurassique inférieur (Aalénien-Toarcien) et par des dolomies gris foncé, compactes du Bajot-Bathonien, surmontée par des grès et argiles jaune du Callovo-Oxfordien.
- Au-dessus vient probablement l'Albien présent des grès quartzitique et des argiles sableuse ; le crétacé supérieur est présent par des argiles rouges avec une stratification de calcaires Cénomanienne.
- Au-dessus de ce Mésozoïque reposent des dépôts de remplissage

Du Néogène observe sur tout le territoire, du sable brun à grains fins avec des blancs d'argiles et calcaires lacustres. Dans certains points l'épaisseur de Néogène est de 250 m à 260 m ; les dépôts Quaternaires sont présents par des limons bruns avec une forte croûte calcaire d'origine chimique (Carapace calcaire).

I.3 Hydrogéologie

Certains forages d'exploitation réalisé dans la région de Mekmen Ben Amar, nous ont fait connaitre certains horizons aquifères.

1. Un aquifère du Néogène

2. Un aquifères du Crétacé inférieur

- Aquifère du Néogène : Cet aquifères s'est développé certainement dans les conglomérats du Miocène dans des intercalations de sables à grains fins et les calcaires lacustres suivant le degré de fissuration.

- Aquifère du Crétacé inférieur est observé dans le forage II33 dont la profondeur est de 330 réalisé à Ben Amar a relevé des grés quartzeux et argiles sableuses rouges d'âge Albien (ce forage H33 a traversé, ces grés Albien sur 30 m).

On peut espérer un autre aquifère dans le Jurassique moyen et supérieur présent par des dolomies du Bajo-Bathonien et des grès du Callovo-Oxfordien ; Cette zone est susceptible d'être un bon réservoir d'eau si les dolomies sont fissurées.

I.4 Géomorphologie

La majeure partie de l'espace de la wilaya est occupée par une plaine plus ou moins plane dans l'altitude augmente sensiblement le sud (1000 à 1330m). Elle est truffée de nombreuses petites cuvettes de dimension et d'origine différentes (Sebkha, Dayas, cuvettes hydro-éoliennes dénommées localement Mekmene, oplat ou haoud)

I.4.1 Dépressions

Les eaux de ruissellement empruntent les lits d'oueds à plat largement encaissé pour s'accumuler finalement dans des dépressions endoréiques. Dans cette zone nous distinguons les dépressions salées (Chott Chergui, Chott el gharbi, Sebkhata) et les dayas et les mekmènes où s'accumulent les eaux de surfaces non salées.

I.4.1.1 Sebkhata

Sebkha, mot arabe qui désigne les plaines salines soumises à des inondations périodiques. Dans les dépressions ne sont occupées que temporairement par de l'eau. Une forte évaporation conduit à la formation caractéristique d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions.

I.4.1.2 Dayas

Les dayas sont de petites dépressions peu profondes. Les sols de dayas sont généralement plus profonds par rapport aux glacis encroûtés et ils sont occupés par l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* : Chih). Toutefois, la céréaliculture trouve sa place dans ces dépressions ainsi que sur les rebords. Elles sont mises en culture après avoir été défoncées ou routées pour rompre la croûte.

I.4.1.3 Chotts et Mekmens

En arabe lexique, le terme « Chott » désigne le mot français « bordure ». Dans ce sens, le « Chott » comprend uniquement la bordure verte. Etant donné que seule cette partie intéresse le pasteur, la partie de cette même zone humide appelée « Sebkha », équivalente à lac salé, est automatiquement comprise dans le Chott. Ainsi le Chott inclut toujours une sebkha. Mais le contraire n'est pas vrai.

Dans cet espace on trouve deux endoréismes qui constituent la zone, il s'agit du Chott Gharbi (1317 km²) à l'Ouest et du Chott Chergui à l'Est (12216 km²).

Les Mekmens se sont des dépressions beaucoup plus grandes que les dayas et plus petit que les chotts, on trouve une dizaine de Mekmens dispersés entre les deux Chotts à titre d'exemple : Mekmen Ben Ammar, Mekmen Labiahd, Mekmen Laarich... etc.

I.5 Aperçu pédologique

Un certain nombre de travaux déjà réalisés ont été pris en compte (Durand, 1958 ; S.O.G.R.E.A.H, 1961 ; Pouget, 1976 ; Beraud et al, 1975 ; Belouah et al, 1974 et Boyadgiev, 1975).

Les sols seront classés en fonction du niveau des sels :

-Les sols calci-magnésiques

-Les sols gypseux

-Les sols salés.

I.5.1 Les sols calcimagnésiques

La nature des sols et leur répartition sont en étroite relation avec les unités géomorphologiques. Une plus grande superficie est occupée par les sols calcimagnésiques.

La classe de sols calcimagnésiques occupe la majeure partie de la zone d'étude. Elle est représentée par plusieurs types de sols : les rendzines, sols bruns calcaires et sols calciques.

I.5.2 Les sols gypseux

Les formations pédogénétiques du gypse sont couramment rencontrées dans les zones arides du Maghreb (Durand, 1953, 1954 ; Bureau et Roederer, 1961 ; Vielleton, 1966 Mori, 1967 ; Pouget, 1968 et Dutil, 1971).

Les dépôts gypseux occupent de vastes surfaces et existent dans la plupart des couches géologiques, ils peuvent même continuer à se former à l'heure actuelle mais ils sont les plus abondants dans le Trias, l'Eocène et le Mio-Pliocène.

L'origine des encroûtements gypseux dans la zone steppique est lagunaire, apport par l'eau de ruissellement ou le vent, apport par les eaux de nappes et redistribution au niveau du profil sans intervention de nappes.

I.5.3 Les sols salés

I.5.3.1 Les sols salés à structures non dégradées :

Deux grandes catégories de sols sont présentes dans la zone : les sols à caractère salé uniquement (Solontchak calci-magnésiques, Ca, Mg) et les sols salés et sodiques (Solontchak à complexe sodique, Na, Mg).

llypersolontchak (Solontchak calci-magnésique) à profil salin ascendant de type A, nappe phréatique à environ 1,5-2m, présence d'encroûtement gypseux).

- Cryptosolontchak (Solontchak calci-magnésique) à profil salin descendant de type D, nappe phréatique supérieure à 2m, absence d'encroûtement.
- Hypersolontchak à profil de type A, (Solontchak á complexe sodique), nappe phréatique à 2m de profondeur.
- Solontchak modaux avec un profil salin de type C, un premier maximum de salinité en surface et un second en profondeur, nappe phréatique a plus de 2m, présence d'encroûtement

I.5.3.2 Les sols salés à structure dégradée :

Ce sont des sols à alcali qui ont le caractère salé et alcali. On distingue deux types de sols en fonction de la salinité :

- Les sols peu à moyennement salés, avec une conductivité inférieure à 10-15 mmho/cm qui augmente en surface.
- Les sols très salés, qui assurent la transition avec les sols à complexe sodique.

I.5.3.3 Sols hydromorphes ou sols à Gley :

Se trouvent dans les dépressions interdunaires avec une nappe peu salée, superficies restreintes dans les fonds des dépressions lorsque la nappe phréatique est proche.

I.5.4 Les sols cultivés :

Les terres destinées à la production agricole sont désignées sous deux appellations :

-La superficie agricole utile (S.A.U), qui correspond aux terres agricoles traditionnellement cultivées dans la région ;

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

-Les terres de mise en valeur, dont la mise en culture remonte aux trois dernières décennies, et plus précisément à la date de la promulgation sur loi relative à l'accèsion à la propriété foncière agricole (A.P.F.A) en 1983 et au lancement du programme de la concession agricole en 1997.

Globalement, ces terres occupent 51 012 ha, dont 30 052 ha de terres mises en valeur (58,91%) et 20 960 ha de S.A.U (41,09%).

I.5.4.1 La Surface agricole utilisée :

La wilaya de Naâma s'étend sur une superficie totale de 2 951 414 ha, dont seulement 20 960 ha sont déclarés par les services de DSA comme surface agricole utile (SAU), soit 0,71%. Les surfaces irriguées sont de 12 200ha, ce qui correspond à 58,21% de la SAU. Rapportée à la population totale de la wilaya, cette S.A.U n'est que de 0,18 ha par habitant, ce qui demeure très faible par rapport à la moyenne nationale (0,26 ha en 2003), celle-ci étant elle-même considérée comme très insuffisante comparée à d'autres pays. Par ailleurs, la répartition de la SAU par zone et par commune s'établit comme suit :

Tableau 1 Répartition de la S.A.U par commune (31-12- 2018)

ZONE	Commune	SAU Totale (ha)	%	Dont SAU Irriguée	%
	Ain-Ben-Khelil	3 684	17.58	1 775	
	El-Biodh	3 239	15.45	1 132	
	Naâma	2 784	13.28	914	
	Mecheria	2 769	13.21	621	
	Kasdir	917	4.38	224	
	Mekmen B. A	850	4.06	260	
S/T		14 243	67.96	4 926	42.48
	Ain-Sefra	2 080	9.93	2 080	
	Sfissifa	1 480	7.06	1 202	
	Asia	1 066	5.08	1 247	
	Tiout	1 058	5.04	1 121	
	Moghrar	653	3.12	660	
	Djenien-Bourezg	380	1.81	360	
S/T		6.717	32.04	6 669	57.52
TOTAL		20 960	100	11 595	100

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Source : D.S.A (2018)

Le tableau ci-dessus permet de relever que :

Les six communes de la partie nord de la wilaya (communes steppiques) détiennent 67,96 % de la SAU totale parmi elles, quatre concentrent 59,52 % de cette SAU totale : Ain Ben Khellil, El-Biodh, Naâma et Méchéria ;

Les six communes des Monts des Ksour quant à elles, bien que totalisant une S.A.U plus réduite (32,04%) détiennent 57,52% des surfaces irriguées.

Les communes dont le potentiel en SAU imiguée dépasse 1000 ha, sont :

- Ain Sefra, Sfissifa, Asla et Tiout, pour la zone des monts des Ksour.
- Ain Ben Khellil et El Biodh, pour la zone des plaines steppiques.

I.5.4.2 Les terres mises en valeur

Tableau 2 Répartition des superficies mise en valeur par commune

Commune	Superficie totale mise en valeur	Dont en 2018
Ain Ben Khelil	4.265	0
Mekmen Ben Amar	3.286	5
El Biodh	2.794	8
Mecheria	2.552	0
Naâma	2.478	52
Kasdir	869	1
S/T	16.244	66
Ain-Sefra	5.356	255
Asla	2.513	0
Tiout	2.416	82
Sfissifa	2.331	46
Moghrar	741	0
Djenien-Bourezg	451	0
S/T	13.808	383
TOTAL	30.052	449

Source : DSA de la wilaya de Naama (2018)

La mise en valeur des terres répond au souci d'accroissement de la S.A.U et de la production agricole, et de la création d'emplois en milieu rural.

Les surfaces mises en valeur dans ce contexte atteignent 30 052 ha, soit près de 1,5 fois la S.A.U. totale Répartition des superficies mises en valeur par commune.

Toutefois, il est à noter que compte tenu des conditions générales du milieu steppique, le défrichement a souvent donné des résultats contraires aux effets escomptés. En effet, il contribue dans une large mesure au processus de dégradation des meilleurs parcours, à l'érosion des sols, et, par voie de conséquence au processus de la désertification.

Les sols de la wilaya, à l'image des sols de l'écosystème steppique sont en général caractérisés par :

- ✓ La forte présence d'accumulations calcaires réduisant la profondeur et la qualité des sols.
- ✓ La faible teneur en matière organique et éléments biogènes.
- ✓ Une teneur en sel élevée.
- ✓ Une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation (érosion hydrique et éolienne).

Les terres agricoles sont rares, elles sont circonscrites dans les dayas, pour la zone des hautes plaines steppiques, et au niveau des terrasses alluviales. Aujourd'hui l'Algérie a besoin de terres agricoles productives pour répondre aux besoins de la population qui s'accroît avec le temps, et cette demande exige la mise en valeur des sols salés pour augmenter la S.A.U.

I.6 Etude climatiques

I.6.1 Cartes des précipitations

La carte dressée par COUDERC R., (1975) illustre que notre zone est bien encadrée entre l'isohyète 200 et 400 mm. Les deux isohyètes suivent les directions des montagnes. L'isohyète 400 se trouve au nord de la région, son tracé suit bien les lignes des monts de Tlemcen, des monts de Daya et les monts de Saïda. Quant à l'isohyète 200 il est au sud et sud-ouest en suivant les monts de Ksour ainsi que les monts du sud-ouest.

La figure 1 illustre nettement l'influence du relief sur la répartition des pluies. Les deux isohyètes sont relativement rapprochées à l'ouest et à l'est, où l'on passe rapidement du Tell à la zone aride. Ces deux isohyètes divergent en l'absence des montagnes en créant une vaste plaine au centre de la région. Dans cette zone il faut parcourir plus de 200 km pour passer du Tell aux zones arides. A l'intérieur de cette immense plaine, nous remarquons des isohyètes

intermédiaires qui illustrent l'influence de l'exposition et des grandes surfaces salées : Chott Chergui (12216 km²) au nord-est et Chott Rharbi (1317 km²) à l'Ouest En se dirigeant vers le sud, nous montons en altitude et les pluies se raréfient. Vu l'épaisseur et la hauteur de la chaîne Tellienne qui sépare la steppe de notre région, l'influence de la mer méditerranéenne est pratiquement absente

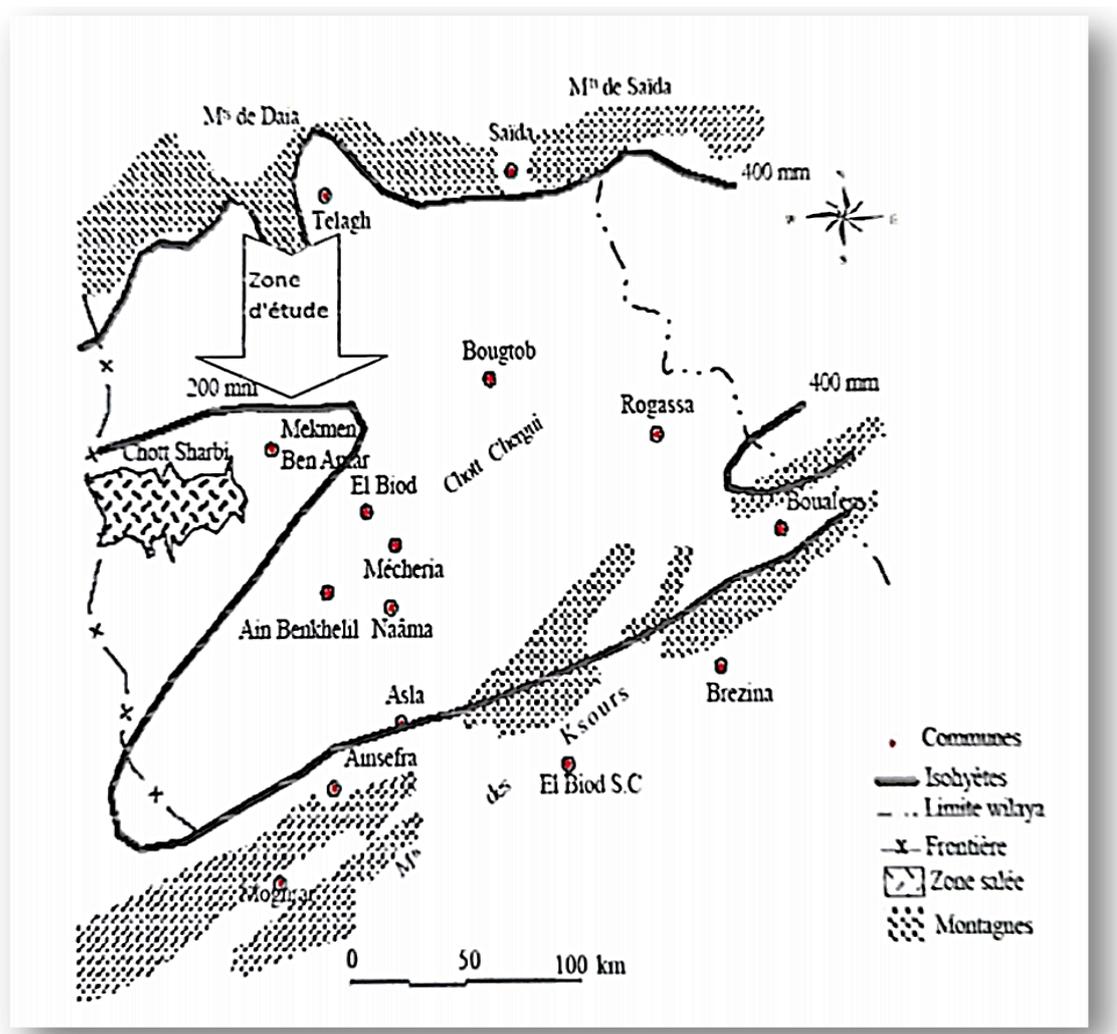


Figure 1 Pluviométrie moyenne annuelle dans les hautes plaines sud Oranaises.

I.6.2 Précipitations

Les précipitations moyennes annuelles fluctuent selon une fourchette de 150 à 300 mm par an. Le nord des hautes plaines Sud oranaises est plus arrosé par rapport au Sud. De même la pluviosité augmente d'Ouest en Est (gradient longitudinal : 214 mm par an à Naâma et plus de 300 mm par an à El-Bayadh). Selon NEDJRAOUI N., (ND) ce gradient « est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la sierra Nevada Espagnole et l'Atlas Marocain agissent comme écran

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie ».

Tableau 3 Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm)

	Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Station de Naâma période 2012-2018	P (mm)	34,5	28,8	27	11,4	10,4	15,1	10,7	30	16,4	15,6	6	12,9

(Source DSA Naâma 2018)

D'après ce tableau on remarque :

Le minimum pluviométrique apparaît en Juillet avec **6 mm** alors que le maximum en septembre avec **34,5 mm**.

Tableau 4 Régime saisonnier des précipitations

Station	Période	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Régime
Naâma	2012-2018	90.37	36.9	57.1	34.23	APHE

I.6.3 Température

Les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat. Dans les hautes plaines sud oranaises, les températures varient normalement dans l'année, élevées en saison estivale et basse en saison hivernale.

La température second facteur constitutif du climat influe sur le développement de la végétation

Tableau 5 Valeur moyenne mensuelles des températures

Station de Naâma	MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
	MIN (°C)	2,12	6,98	9,4	10,16	15,2	19,1	21	21	16	10	2,12	6,98
	MAX(°C)	10,34	10	14	18,9	23,7	30,9	37,2	35	29	24	16	10,1
	MOY(°C)	6,23	8,49	11,6	14,53	19,7	25,01	29	28	22	17	6,23	8,49

Source CFN, DSA Naâma 2018

L'analyse de tableau fait ressortir :

La température moyenne dans le territoire Naâma est de l'ordre de 16,63°C, le mois le plus froid reste janvier avec 2,12°C par contre le mois le plus chaud c'est juillet avec 37,2°C.

I.6.4 Les vents

D'une manière générale, la fréquence des vents est importante sur l'ensemble de l'année, et s'établit à une moyenne de 18 jours par mois. Les vents dominants sont de direction nord et présentent les mêmes traits généraux, que lorsque l'on se situe dans la zone de plaine (représentée par la station de Naâma) ou dans la zone des monts des Ksour (représentée par la station de Ain Sefra).

Tableau 6 Station de Mécheria : Direction des vents selon leurs fréquences en %

Direction	N	NE	NO	S	SE	SO	E	O
Fréquence	18	13	17	11	4,4	16	4,6	16
Totale	48			31,4			4,6	16

-les vents dominants sont de direction générale nord (nord, nord-ouest et nord-est), ils représentent : 48% de la fréquence totale.

-les vents de direction générale sud (sud, sud-est et sud-ouest) représentent :31,4%.

-les vents de direction ouest et est représentent respectivement 16 et 4,6%.

Tableau 7 Station d'Ain Sefra : Direction des vents selon leurs fréquences en %

Direction	N	NE	NO	S	SE	SO	E	O
Fréquence	5	17	22	6	8	21	7	14
Totale	44			35			7	14

Les vents dominants sont de direction générale nord (nord, nord-est et nord-ouest), ils représentent : 44% de la fréquence totale ; les vents de direction générale sud (Sud, Sud-Est et Sud-Ouest) représentent : 35%.

Les vents de direction ouest et est représentent respectivement 14 et 7 %.

En conclusion, on retient que les vents, au niveau de cette région sensible et fragile sur les plans physique et naturel, constituent une contrainte à plusieurs égards, car ils :

- Favorisent et activent le processus de l'érosion des sols (érosion éolienne) et de désertification.
- Contribue au processus d'ensablement (transport de sable et formation de dunes au contact d'obstacles naturels ou artificiels).
- Réduisent le taux d'humidité de l'air et par conséquent augmentent l'évapotranspiration des plantes.

Afin de réduire ces effets négatifs, il est impératif d'apporter des solutions adéquates, principalement des brise-vent. Le choix des sites d'implantation de ces derniers dépend de la fréquence et de la direction des vents dominants.

I.6.5 La gelée

La wilaya, à l'instar des espaces Hauts plateaux, subit des gelées importantes et fréquentes en hiver et même au début du printemps. Leur fréquence est évaluée pour la période 2008-2017 (station de Mécheria) en moyenne à 40,4 jours dans l'année.

Ces gelées constituent un facteur limitant pour les pratiques agricoles et un facteur de contrainte pour la végétation naturelle. En effet, elles imposent un calendrier cultural qui doit tenir compte de la période gélive, principalement pour les cultures légumières de plein champ et l'arboriculture à floraison précoce, ce qui restreint leur pratique aux saisons les plus chaudes et les moins arrosées, Quant à la végétation naturelle, elle est retardée dans sa croissance, cette dernière étant étroitement liée à la température,

I.7 Synthèse climatique

I.7.1 Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité

Tableau 8 Indice de continentalité

Station	Période	M°C	m°C	(M-m) °C	Type de climat
Naâma	2012-2018	37,2	2,12	35,08	Continental

La classification thermique des climats proposée par Debrach est fondée sur l'amplitude M-m:

- Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 5^{\circ}\text{C}$
- Climat semi- continental : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$

- Climat continental ; M-m>35 °C.

D'après la classification mentionnée si dessus on confirme que le territoire d'étude subit des influences continentales.

I.7.2 Indice de sécheresse estivale :

Selon EMBERGER l'indice de sécheresse estivale (I.e) est le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales (P.E) et la moyenne des maximas du mois le plus chaud « M » (°c). $I.e = P.E/M$

Tableau 9 Indice de sécheresse estivale

Station	Période	P.E (mm)	M(°C)	I. e
Naâma	2012-2018	34,23	37,2	0,92

Selon la grille de DAGET (1977) notre territoire appartient au climat méditerranéen a sécheresse estivale avancée.

I.7.3 Indice d'aridité de De Martonne (1923)

Noté I, cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région.

Pour le calculer, on utilise la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P désigne les précipitations totales annuelles et T la température moyenne annuelle,

Pour un mois :

$$I = \frac{12 P}{T + 10}$$

P désigne les précipitations totales mensuelles et T la température moyenne mensuelle.

I.7.4 Indice d'aridité annuel (I)

$$I = P/T + 10$$

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

$P = 218,93 \text{ mm}$ $T = 16,63 \text{ }^\circ\text{C}$ $I = 8,22$

D'après DE MARTONNE $7,5 < I < 10$ donc le climat est steppique (ou aride).

I.7.5 Indice d'aridité mensuel (i) :

Tableau 10 Indice d'aridité mensuel de De Martonne

	Mois	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
Station de Naâma période 1992-208	I	7,68	9,79	5,94	14,67	6,68	5,34	1,84	4,09	12,9	12,7	15,5	7,96

Pour les mois Janvier, Février, Mars, Mai, Juin, Décembre $5 < i < 10$ ce qui signifie que ces mois présentent un régime désertique.

Pour les mois Avril, Septembre, Octobre, Novembre $10 < i < 20$ ces mois présentent un régime semi-aride.

Pour Juillet et Août $i < 5$ ces deux mois présentent un régime hyper aride.

I.7.6 Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN :

Le diagramme ombrothermique de Bagnols et Gausсен permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui ses portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.

Tableau 11 Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) et des températures

	S	O	N	D	J	V	M	A	M	J	J	A
P (mm)	35	29	27	11,4	10,4	1,1	10,7	30	16,4	15,6	6	13
T (°C)	22	17	6,23	8,49	6,23	8,49	11,6	14,53	19,5	25,01	29	28

Source DSA Naâma 2018

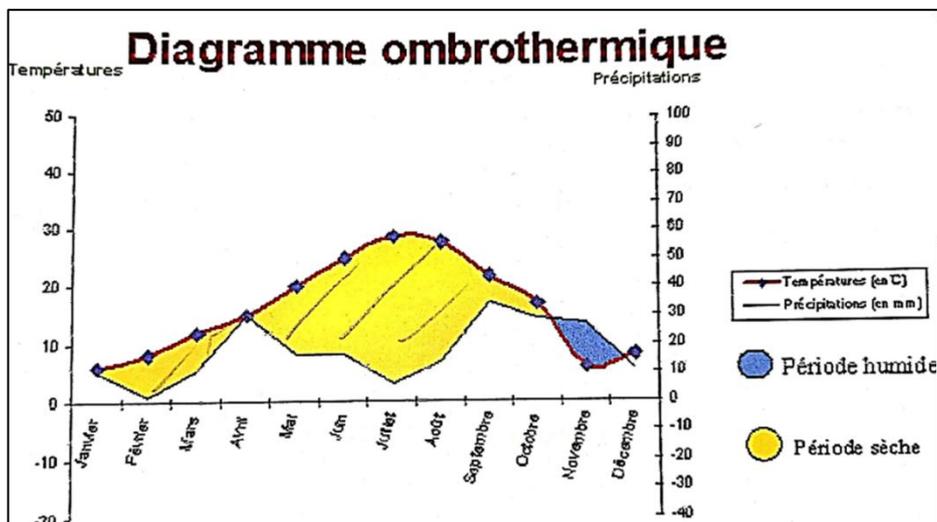


Figure 2 Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la commune de Naâma

Dans notre cas la courbe des pluies passe au-dessous de la courbe des températures, cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année, ce qui confirme l'intensité de sécheresse dans la région.

I.7.7 Quotient pluviométrique et climagramme d'EMBERGER (1955)

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude

En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid.

Le quotient d'Emberger est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°k).

Tableau 12 Valeur de Q2 et étage bioclimatique

Station	Période	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂	Etape bioclimatique
Naâma	2012-2018	218,93	37,2	2,12	21,31	Aride inferieur à hiver frais

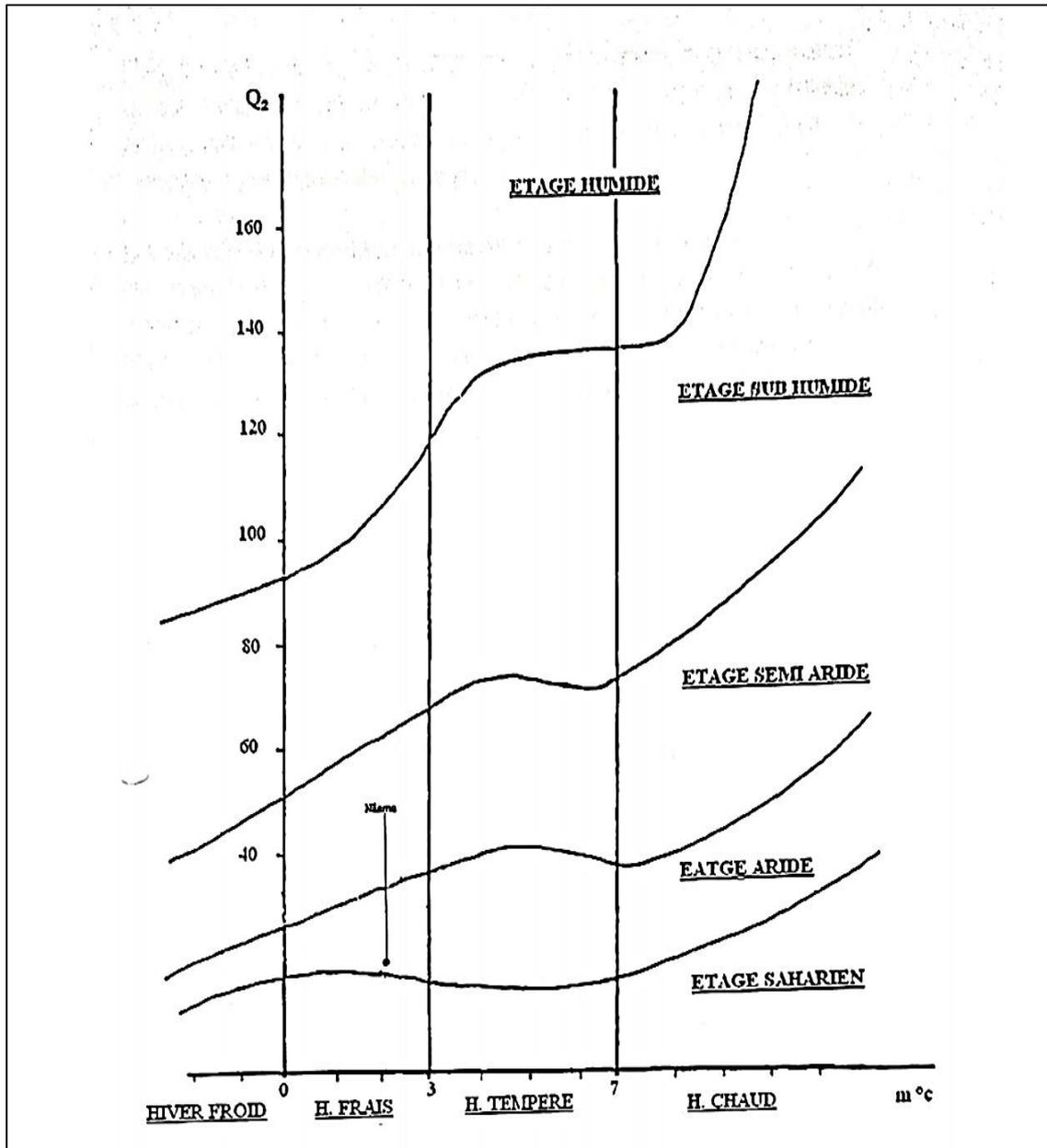


Figure 3 climogramme pluviométrique d'Emberger de la région de Naâma (2012-2018).

I.7.8 Evapotranspiration (ETP)

La valeur moyenne annuelle de l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de l'ordre de 1361 mm à Ainsetra, et de 909 mm à Mécheria. Nous avons constaté que l'ETP est nettement supérieur à la pluviométrie ; elle est 15 fois et 7 fois supérieure à la valeur de la pluviométrie à Ain sefra et à Mécheria respectivement. A cet effet, la dominance de l'ETP engendre et/ou favorise le processus de la remontée capillaire de l'eau du sol qui favorise la salinisation des terres agricoles.

Conclusion

L'Algérie est l'un des pays où la salinisation des sols concerne de très importantes surfaces, notamment dans les périmètres irrigués de l'Ouest Algérien. Ce problème est lié le plus souvent à des processus naturels tels que les conditions arides où l'évaporation est considérable, et les précipitations limitées.

Les sols salés sont assez divers, de caractéristiques morphologiques comme chimiques, ou d'origine, où possibilités d'utilisation et très importante. Leurs mises en valeur doivent être accompagnée par des études approfondies sur le terrain, au laboratoire et en parcelles expérimentales, doivent être encore développés pour mieux les connaître et les comprendre, et, partant, mieux les utiliser.

Chapitre II Les sols salés

II. Introduction

On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité de mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...), et la salinisation secondaire, dont le développement apparaît étroitement lié à l'irrigation.

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium (K^+), le magnésium (Mg^{2+}), le calcium (Ca^{2+}), le chlorure (Cl^-), le sulfate (SO_4^{2-}), le carbonate (CO_3^{2-}), le bicarbonate (HCO_3^-) et le sodium (Na^+). L'accumulation de sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent

Tout d'abord, la salinisation implique une accumulation de sel par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sel du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telle que des pratiques d'irrigation inappropriée, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sel et/ou par un drainage insuffisant.

II.1 Les sols salés (définitions et pédogenèse)

Les sols sodiques aussi appelés sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons ou de tout leur ensemble sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels, en particulier du sodium.

Ces sols ont une grande extension en Algérie Elle est due aux conditions arides où les possibilités d'exploitation sont considérables et les précipitations pluviales limitées (Aubert, 1976).

Les sols sales contiennent des sels plus solubles que le gypse, c'est-à-dire susceptible de passer dans la solution du sel en quantité assez importante pour gêner la croissance des plantes. En conséquence, les sols calcaires ne sont pas des sols salés, même si le carbonate de calcium est un sel comme un autre au plan chimique (Jean -Paul Legros, 2007)

La salinisation des sols est généralement associée aux apports de sels dissous, issus de l'hydrolyse du substrat édaphique constituée de roches endogènes ou exogènes (salinisation primaire) ou des activités éoliennes et hydriques : embruns marins, eau d'irrigation et nappe phréatique subaffleurente et salée (salinisation secondaire) (Dièye, 1994)

CHAPITRE II LES SOLS SALES

La salinité des sols a été définie de manière différente suivant le domaine d'utilisation des sols. Du point de vue agronomique, un sol salin (saline soil) est défini comme un sol qui renferme assez de sels en solution, pour voir sa productivité diminuer (Richards, 1954).

La salinité se mesure par la conductivité électrique en siemens S ou mhos/m

Sachant que $1 \text{ S/m} = 1 \text{ mhos/m}$ et $1 \text{ mhos} = 1/\text{ohm}$ unité de résistance électrique.

La conductivité de l'eau peut être rapidement convertie en mg de sel par litre par la formule :

$$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mS/cm} = 640 \text{ mg/l de sels.}$$

L'origine des sels solubles dans les sols est très variée. L'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, donne des sels souvent solubles, en particulier carbonates et bicarbonates, parfois silicates, de ces métaux. En région aride ceux-ci se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage. Parfois en zone endoréique, ils peuvent être apportés par les rivières qui viennent s'y jeter.

L'origine des sels peut aussi se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents (*G. GAUCHER*). Ils peuvent être eux-mêmes roche mères des sols. Ils peuvent aussi fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes phréatiques plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines, ou qui les répandent à leur surface lors des crues.

Enfin le vent peut causer l'apparition de phénomènes de salure sur des sols qui en étaient indemnes, en y déposant les éléments de pseudosable salés et les cristaux de sels qui y sont mêlés et formés à la surface de sols très salés à alcali en particulier à la bordure de dépressions.

Que les sels solubles soient ainsi mis en place à la surface du sol, dans son matériau originel, dans la nappe phréatique peu profonde ou dans la nappe artésienne sous-jacente, ils sont rapidement remis en mouvement dans l'ensemble du profil par remontée de la nappe ou par phénomènes de capillarité favorisés par l'évaporation directe ou par l'intermédiaire de la végétation. Ou sous l'influence des pluies ou des eaux d'irrigation ou d'inondation. La richesse relative en ces divers sels de chacun des horizons varie dans un même profil du fait des réactions d'échange cationique entre le sol et sa solution, mais aussi par suite des taux et vitesse de dissolution ainsi que viscosité différente des divers ions et sels. (Autbert, 1976).

L'activité microbienne peut également provoquer la modification de certains sels tels que les sulfates. Les mouvements ne se produisent pas toujours verticalement, descendants ou remontants, mais parfois obliquement c'est le cas dans les dépressions ou les pentes sont assez fortes.

La richesse du sol en sels solubles ou en ions alcalisant tels que le sodium, se répercute dans sa morphologie, en surface et plus ou moins en profondeur.

La surface des sols sodiques est parfois couverte d'une vendable croûte saline. Elles ne sont pas épaisses et d'une certaine extension, semble-t-il, que dans les régions de Chotts ainsi que dans certaines dépressions endoréiques et dans certaines oasis des zones Sahariennes.

Le plus souvent ce ne sont que des efflorescences qui apparaissent à la surface de ces sols : salant blanc des sulfates et chlorures parfois bicarbonates de sodium et de magnésium, ou de gypse, ce dernier pouvant y devenir prépondérant.

Lorsque le milieu est riche en calcium et relativement peu en sulfates, le salant blanc de surface peut présenter une forte teneur en chlorures de Calcium et de magnésium en même temps que de sodium. C'est le salant hygroscopique, observé en particulier sur les Hauts Plateaux algériens (Pouget M, 1976).

II.2 Répartition de la salinité du sol

II.2.1 Les sols salés dans le monde

La salinité est un des processus de dégradation des sols les plus largement répandus sur la Terre. Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides, ou de désastre sur de grandes surfaces en agriculture pluviale, sont l'engorgement, la salinisation et la salinisation. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que :

**Le monde perd au moins 3 hectares de terres arables
chaque minute à cause de la salinité du sol**

CHAPITRE II LES SOLS SALES

Bien que de nombreux pays utilisent les terres salinisées en raison de leur proximité aux ressources en eau et de l'absence d'autres contraintes environnementales, il y a un besoin clair d'une base Scientifique solide afin d'optimiser leur utilisation, de déterminer leur potentiel, productivité et durabilité pour cultiver diverses cultures, et d'identifier les pratiques de gestion intégrées appropriées.

En Europe, on trouve des sols à forte teneur saline en Hongrie, en Roumanie, en Grèce, en Italie et dans la péninsule ibérique. Dans les pays nordiques, le déverglaçage des routes en utilisant du sel peut provoquer une salinisation localisée. On estime que la salinisation du sol affecte 1 à 3 millions d'hectares de terres en UE. Cette salinisation est considérée comme une cause majeure de désertification et constitue donc une forme grave de dégradation des sols. Ce problème de la salinisation en Europe s'accroît du fait de l'augmentation des températures et de la réduction des précipitations, caractéristiques du climat de ces dernières années.

Tableau 13 La superficie affectée par la salinité dans différentes régions du monde

AUSTRALIE	357.3
ASIE DU CENTRE ET DU NORD	211.7
AMERIQUE DU SUD	129.2
AFRIQUE	80.5
EUROPE	50.8
AMERIQUE DU NORD	5.7
ASIE DU SUD	87.6
Mexique ET AMERIQUE CENTRE	2
ASIE DU SUD ET DU NORD	20
TOTAL	954.8

Source : Handj et al.1995.in SINOUSSE. 2001

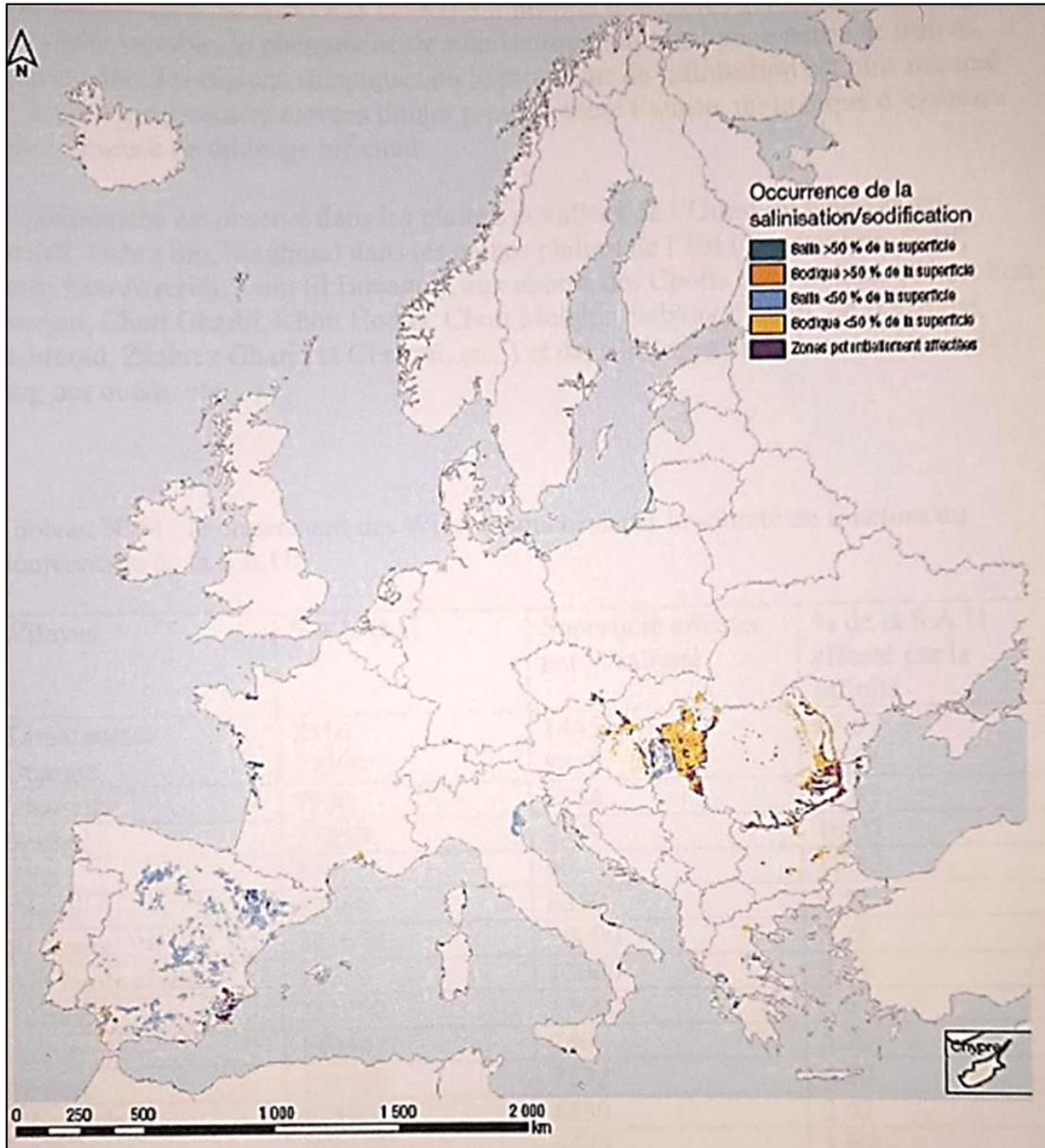


Figure 4 Carte montre les sols salés et sodiques en 17 états de l'union européenne

II.2.2 Les sols salés en Algérie

Les sols salés sont très répandus en Algérie essentiellement dans les zones arides et semi-arides, des travaux effectués par différents auteurs montrent que la majorité des sols agricoles en Algérie sont affectés par les sels (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1985).

De façon générale « les sols sodiques en Afrique du Nord proviennent principalement d'une action de la mer (pas actuelle) ou de la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux répartis dans l'échelle stratigraphique depuis le Trias jusqu'au Quaternaire ».

CHAPITRE II LES SOLS SALES

En Algérie d'après SZABLOCS (1989) 3,2 millions d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient.

Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sbkhas (Chott Ech Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhia d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbi et Chergui, etc..) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc...).

Tableau 14 le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U

Wilaya	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité	% de la S.A.U affecté par la salinité
Tamenrasset	2 510	1 445	57.57
Ouargla	17 390	9 850	56.64
Ghadaïa	7 930	3 284	41.41
Bechar	13 250	2 249	16.97
Illizi	570	60	10.53
Djelfa	67 760	6 250	9.22
Relizane	241 670	20 000	8.28
Ain temouchent	18 350	15 000	8.14
Tébessa	23 750	13 000	5.61
Adrar	14.990	780	5.20
Bisekra	151 530	7 272	4.80
Khanchla	177 900	4 480	2.52
Mascara	328 740	6 475	1.97
Alger	7 940	150	1.89
Mostaganem	131 730	1 977	1.50
Naama	4 150	62	1.49
Laghouat	487 740	800	1.48
Batna	85 860	5 100	1.05
Oran	188 620	850	0.99

CHAPITRE II LES SOLS SALES

Cheliff			183 860	1 490	0.79
Guelma			22 150	1 283	0.70
Mila			72 090	100	0.45
Boumerdés			306 480	192	0.27
Saida	615 340	700	0.23		

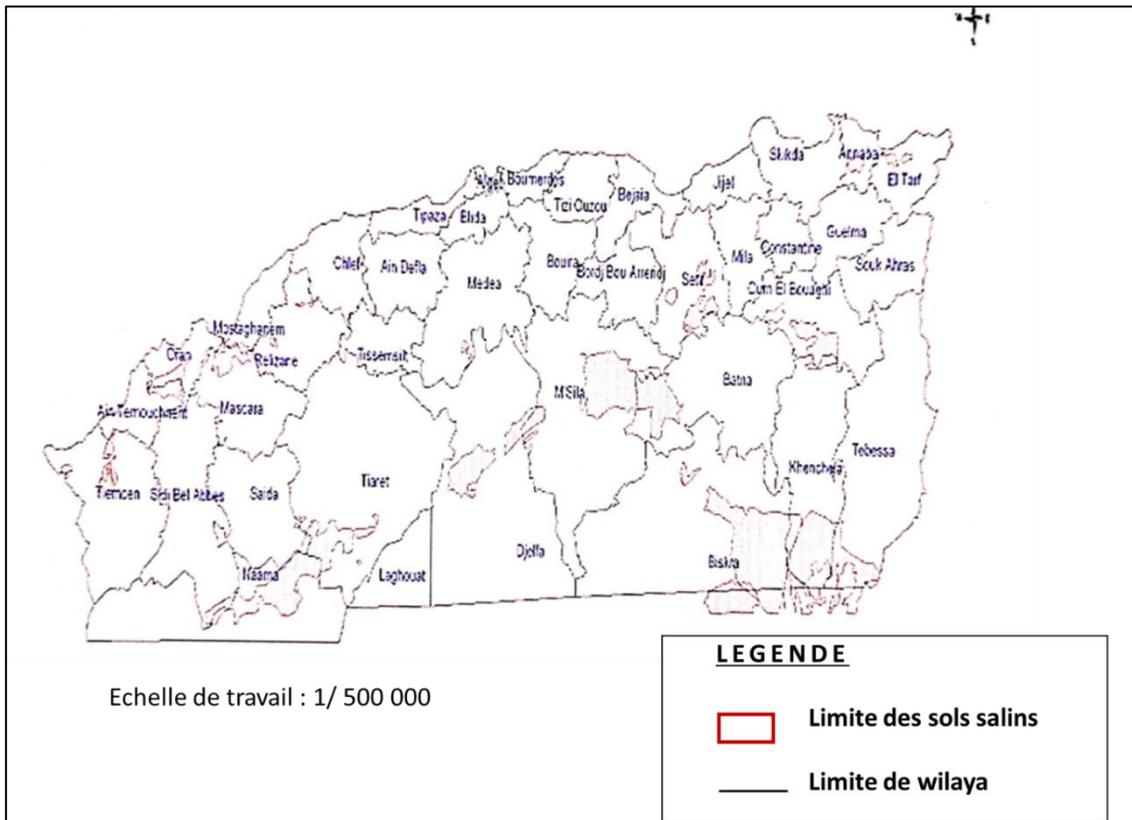


Figure 5 carte montre la répartition des sols salins du nord de l'Algérie

II.3 Facteurs de la salinisation des sols

II.3.1 Climat

Dans les régions à climat humide, les sols salins sont pratiquement inexistantes ; la profonde percolation des eaux de pluie permet le lessivage des sels solubles. Dans les régions semi-arides, le lessivage et le transport des sels solubles sont faibles.

L'évapotranspiration entraîne une concentration des sels dans la zone racinaire et dans la couche superficielle. Dans ce cas, la masse totale des sels reste constante dans le profil du sol et le volume d'eau diminue ce qui implique une augmentation de la concentration des sels. Un

paramètre qui rend Compte de l'intensité de l'évapo-concentration est le FL (Fraction Lessivée). (M. Lahlou et al).

$$FL = \frac{V_{Eau\ de\ drainage}}{V_{Eau\ d'irrigation}} \approx \frac{CE_{Eau\ d'irrigation}}{CE_{Eau\ de\ drainage}}$$

La concentration des sels dans le sol y favorisée la faible percolation, qui favorise la concentration en sel dans un endroit précis du profil (BENNACER et MORSLI, 1988/1989).

Les fonds de dépressions salées d'Afrique du nord sont nettement hydro-halomorphes. La concentration en sel est principal facteur qui y limite la croissance des végétaux Pendant l'hiver, quand les oueds amènent de l'eau à ces déprissions, le sel descend mais au cours de l'été, il revient en surface.

L'explication proposée par Kovda et Samoïlova (1969) réside dans la solubilité différentielle de ions Ca^{+} , Mg^{+2} et Na lorsque la concentration augmente, c'est -à- dire en saison sèche ; les ions les moins solubles précipitent, Ca^{+2} d'abord, puis Mg^{+2} Dans ces conditions, le complexe absorbe préférentiellement les ions qui restent solubles le plus longtemps Na^{+} surtout secondairement Mg^{++} .

Les alternances saisonnières jouent dans ces conditions un rôle important, la dynamique des ions étant très différente en saison humide et en saison sèche.

En saison humide :

Altération des minéraux primaires et libération des ions Na^{+} , Mg^{++} et Ca^{++} , les uns et les autres sont entraînés vers le bas mais ne peuvent être éliminés en raison de l'insuffisance ou de l'absence de drainage.

En saison sèche :

La remontée par capillarité des solutions du sol sous l'influence de l'évaporation la concentration des solutions augmente, la précipitation des sels intervient, ce qui permet la saturation par le sodium d'une fraction de l'humus et des argiles, qui pourront être entraînés à la période humide suivante (DUCIIAUFFOUR PIL, 1983).

II.3.2 Source de sels

Le sel provient des minéraux de la croûte terrestre. Les agents atmosphériques décomposent les minéraux et libèrent le sel sous une forme soluble. L'altération des roches contenant des

minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, donne des sels souvent solubles, en particulier carbonates et bicarbonates, parfois silicates, de ces métaux. En région aride ceux-ci se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage. Parfois en zone endoréique, ils peuvent être apportés par les rivières qui viennent s'y jeter.

Les régions humides ; ont généralement une pluviosité suffisamment forte pour lessiver le sel à travers le sol et dans la nappe phréatique qui l'entraîne vers les cours d'eau. Ces derniers le transportent dans les Océans.

L'irrigation apporte au sol de grandes quantités de sels et il est fréquent d'entendre les agricultures refuser l'eau qui leur est proposée sous le prétexte qu'ils ne veulent pas du sel qu'elle apporte.

L'utilisation d'eaux contenant 1g de sels solubles au litre apporte, en culture maraichère, utilisant 8000 m³/ha tonnes de sels à l'hectare (DURAND J.H, 1983).

II.3.3 Drainage

La nécessité du drainage des sols irrigués apparait dans les conséquences de l'engorgement par l'eau des sols lourds pour lesquels l'équilibre hydrique naturel est rompu par l'apport des irrigations.

Le drainage est l'unique solution durable pour maintenir la production agricole. On le pratique pour lessiver les sels en excès et pour abaisser le niveau de la nappe, pour limiter l'effet du sel sur les plantes (ECHEVARRIA. G).

Seuls les sols bien drainés, à texture plus grossière, sont non salins. Bien que les eaux fluviales utilisées pour l'irrigation n'aient que des teneurs assez faibles en sels, on considère que c'est le manque de drainage qu'a provoqué la salure des sols, dans l'antiquité comme de nos jours.

II.3.4 Intrusion d'eau de mer

Intrusion de l'eau de mer dans la nappe près des côtes est due à une inversion du gradient hydraulique à cause de la surexploitation des nappes souterraines L'utilisation de l'eau de cette nappe à des fins d'irrigation entraîne l'intrusion de l'eau saline près de la zone racinaire. L'effet est amplifié par la présence d'une surface évaporative. Dans ce cas le volume de l'eau et la masse des sels augmentent donc la concentration en sels augmente ou diminue en fonction de la salinité initiale de la zone racinaire. Mais en général le résultat final est une augmentation.

II.4 Aspect pédologique de salinisation, salinisation primaire ou secondaire

Salinisation primaire ou secondaire ; Il faut adopter ces expressions dans leur acception pédologique. Une pédogenèse est primaire quand elle se développe directement sur une roche, elle est secondaire quand elle fait suite à une pédogenèse antérieure.

Transposée dans le domaine de l'allomorphie, cette conception amène à considérer comme une salinisation primaire. Tout processus d'holomorphose qui débute avec la pédogenèse. En somme dans la salinisation primaire, le caractère halomorphe est congénital.

Par contre, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire car le sol était déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique avant l'intervention du processus d'allomorphie. Il en est même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée,

Mais s'il se produit par exemple un dépôt d'alluvions dans une eau salée, (Sebkha ou chott), la salinisation est primaire, car elle est concomitante de la phase initiale de la pédogenèse : elle est bien congénitale (GILBERT G, SYLVIE B, 1974).

II.5 Signes d'un sol salé

La croissance des plantes cultivées sur sols salins est généralement médiocre et éparse parce que le sel retarde ou empêche la germination des semences. Si les semences ne donnent pas des germes. Les jeunes plants ne tardent pas à mourir. Il se produit alors des plaques irrégulières dénudées dans le champ. Le peuplement médiocre et épars. Ainsi que ces plaques nues et irrégulières sont généralement entourées par des zones de croissance inégale.

Un autre indice de salinité du sol est la présence d'une croûte blanche à la surface du sol. Cependant. Ce signe peut ne pas être une indication de la salinité car les sols non salins qui contiennent du gypse présentent également des croûtes blanches.

Il n'est pas toujours possible de terminer par inspection visuelle si un champ contient trop de sel. Un meilleur système consiste à analyser les sols suspects.

Les principaux signes de la salinité des sols sont :

- Croissance irrégulière des cultures et manque de vigueur des plantes.
- Apparition d'une croûte blanchâtre en surface

- Apparition des mauvaises herbes tolérantes aux sels, comme : *Spergularia Salina*, *Atriplex halimus*, *Suaeda fruticosa*, *Salicornia fruticosa*.

II.6 Normes d'interprétation de la salinité du sol

En ce qui concerne le sol, le paramètre majeur retenu pour interpréter la qualité saline d'un sol est celle de la conductivité électrique.

La conductivité permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous ; en plus la connaissance de la conductivité est nécessaire pour l'étude du complexe absorbant des sols salés (Aubert. G, 1986).

On mesure alors la conductivité électrique de la solution extraite du sol saturé 1/S. On utilisera l'échelle suivante ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :

- Sol non salin		CE < 2000
- Sol légèrement salin		2000 < CE < 4000
- Sol salin		4000 < CE < 8000
- Sol très salin		CE > 8000

II.7 Classification des sols salés

La Classification des sols sodiques est délicate du fait des variations saisonnières ou sous l'action de l'homme qu'ils peuvent subir. En particulier, dans ce dernier cas, elles peuvent être extrêmement importantes comme dans les sols très sableux.

La Classification française insiste sur l'importance des modifications morphologiques et écologiques, même si elles sont variables dans le temps, subies par les sols dont l'évolution est soumise à l'influence d'un excès de sels solubles ou d'ions provenant de leur dissociation et susceptibles de provoquer la modification de leurs caractéristiques physiques, De ces sols elle fait une classe. Celle-ci est définie soit par la présence de sels solubles en quantité suffisante dans un horizon d'au moins 20 cm pour y élever la conductivité de l'extrait de pâte saturée jusqu'à au moins 8 millimhos par centimètre, à 25 °C, soit par la dégradation de la structure d'un horizon d'au moins 20 cm sous l'influence d'un excès d'ions échangeables alcalins (Na/T variable suivant les sols mais toujours supérieur à 10%).

Plusieurs noms lui ont été donnés : Sols salés, Sols halomorphes, Sols sodiques ; aucun ne recouvre l'ensemble des sols concernés. La dénomination de Sols Salsodiques que propose J. SERVANT paraît bien meilleure. Deux sous-classes y sont distinguées en fonction de la présence ou de l'absence d'un horizon à structure dégradée. Dans une première sous-classe, de sols salsodiques, à structure non dégradée, on peut distinguer deux groupes :

Celui des sols salins à complexe calci-magnésiques dont la teneur en sodium du complexe d'échange est inférieure à 15%.

Les sous-groupes peuvent y être les suivants :

- Modal, friable et sursalé en surface (hyper-solontchak, profil salin A ou C de J. SERVANT)
- Modal, friable en surface, sursalé en profondeur (crypto-solontchak à profil salin de type B ou D de J. SERVANT)
- Friable en surface, mais hydromorphe en profondeur,
- À croûte saline en surface (en pratique, toujours hydromorphe).
- À horizon d'accumulation gypseuse (en pratique, toujours hydromorphe).
- À salant hygroscopique,
- À sulfures acidifiants.

La deuxième sous-classe comprend les sols sodiques, dont un horizon sur au moins 20 cm présente une structure dégradée, une forte compacité, sous l'influence de la teneur élevée du complexe en sodium échangeable. Suivant les sols (teneur en argile et type de celle-ci, teneur en matière organique et type de celle-ci) la valeur critique de Na/T varie. Elle est toujours au moins de 10%. Actuellement K et Mg ne sont pas pris en compte : le premier est normalement en quantité faible ; l'action du second est encore mal élucidée.

II.8 Ecologie des sols salés

Sur le plan du comportement physiologique les halophytes se caractérisent par leur aptitude à fonctionner activement en présence de fortes concentrations salines grâce à un certain nombre de caractéristiques physiologiques, résumées dès 1922. Leur comparaison montre qu'il existe deux catégories d'halophytes, les halophytes facultatif et les halophytes obligatoires (BINET, 1970).

Les halophytes dits facultatifs peuvent se développer en milieu salin, mais le font encore mieux en milieu imprégné d'eau douce ; leur absence dans les milieux non salés pourrait s'expliquer

par la concurrence avec les glycophytes, leur installation sur les sols fortement salés étant liée à une faculté plus grande que chez les glycophytes de leur protoplasme à résister aux fortes concentrations salines.

Les halophytes dits obligatoires ou halophytes sensu stricto (ADRIANMI J., 1945), dont la croissance est maximale en milieu salé, exigent une certaine teneur en sel dans le milieu pour assurer leur plein développement ; il y aurait donc chez ces dernières espèces un aspect (exigence en sel) venant s'ajouter aux problèmes posés par la résistance au sel.

BOUCAUDJ (1972) a montré que ces deux catégories d'halophytes pouvaient coexister au sein d'une espèce polymorphe, *Suaeda maritima*, sous forme de variétés ou d'écotypes correspondant à des situations écologiques bien définies rencontrées sur le littoral de la Manche.

Certains micro-organismes peuvent tolérer des concentrations en sel dissous extrêmement élevées. En fait, ceux qui sont obligatoirement halophiles ont besoin de fortes concentrations pour assurer leur croissance optimale. Ils paraissent aussi plus spécifiques dans leurs besoins de matières solubles que ceux qui sont facultativement halophiles. Par exemple, ils ont besoin de NaCl plutôt que d'un autre sel. Les micro-organismes adaptés à halophiles et à la pression osmotique ont tendance à tolérer des concentrations plus élevées en substances solubles aux conditions de températures, de pH, et de nutrition qui sont optima pour leur croissance plutôt qu'à d'autres.

L'étude des plantes indicatrices, en milieu salé, a toujours tenté les chercheurs qui pensaient qu'elles pourraient livrer le secret de l'halophytisme et des facteurs de la tolérance au sel. Ces espoirs n'ont pas été déçus, tout au moins en ce qui concerne les principes applicables aux halophytes. A quel des glycophytes ? C'est encore une question non résolue.

Une classification des steppes fondée à la fois sur le bilan ionique (salure) et le bilan hydrique a été proposée ; elle inclue des groupements hypo- halophiles méso - halophiles et hyper - halophiles combinés avec les critères hydriques : xérophiles, mésophiles et hygrophiles.

Selon HALITIM (1988), en fonction d'un gradient de salinité croissante, on voit apparaître des espèces ou groupements végétaux azonaux : *Atriplex halimus*, *Salsola fetendra*, *Suaeda fructosa*, *Salicornia arabica*, *Suaeda vermicula* ect...

La pression osmotique de la solution des sols sales augmente en fonction de la richesse en sels et sa conductivité ce qui rend l'alimentation en eau des plantes et celle des micro-organismes plus difficile (AUBERT, 1988).

Une forte salinité exerce également une action d'inhibition de l'activité des micro-organismes dans le sol, ce qui ralentit l'évolution et la dégradation de la matière organique. Donc le sel influe sur l'activité biologique du sol et la nature des produits humiques formés ainsi que le cycle biochimique des éléments minéraux (GALLILI 1980)

Les sols constituent pour de nombreux micro-organismes un milieu défavorable à cause des sels solubles qui engendrent une augmentation de la pression osmotique, le pII basique, une structure dégradée et asphyxiante du sol.

A titre d'exemple, les micro-organismes fixateurs d'azote telles que les bactéries ne se multiplient pas ou meurent quand la teneur en sel varie de 2 à 5%. Les teneurs en sels sont supérieures à 0.5% nuisent la fixation d'azote par les azotobacters et clostridium.

Selon DELLAL (1994), la densité des micro-organismes est plus élevée dans les sols non salés, par contre dans les sols excessivement salés (22 mmhos/cm) il note une chute brutale de la population microbienne, ainsi que le nombre de nitrifiants et ammonifiants diminue fortement. Dans ce type de sols excessivement salés atteignant ce seuil de salinité, il en résulte l'inhibition de certains processus microbienne particulièrement la nitrification.

Une forte salinité exerce une action d'inhibition de l'activité des micros-organismes dans le sol, ce qui ralentit l'évolution et la maturation de la matière organique (BENZAIH, 1990).

Par ailleurs, d'autres chercheurs ont constaté que les nématodes phytoparasites sont généralement euryhalins, c'est à dire que la concentration en sels des sols n'a aucun effet sur la mortalité mais au contraire stimule la reproduction pour certaines espèces.

II.9 L'utilisation agricole des sols salés :

L'utilisation agricole des sols salés est rendue malaisée par la présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique a structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures.

A. Leur mise en valeur dépend de nombreux facteurs :

- Intensité et nature de la salure, type de profil salin, degré de dégradation de la structure et des autres propriétés physiques (perméabilité),
- Caractères du sol : profil, texture, structure, richesse en ions Ca solubles (gypse - sa cristallinité),

CHAPITRE II LES SOLS SALES

- Conditions topographiques et hydrologiques (nappe d'eau : profondeur et mouvement saisonniers, caractères chimiques),
- Type de cultures : résistance à la salinité, à l'alcalinisation ; rapports entre le cycle de développement et le cycle climatique saisonnière ; nature du système racinaire.

L'utilisation des sols salés, par la méthode habituelle, permet d'obtenir certaines récoltes, mais très diminuées par la teneur en sels ou par les mauvaises propriétés physiques.

Cette diminution des rendements devient très importante à partir de certaines teneurs en sels solubles dans le sol. Elles ne peuvent pas avoir une même signification pour toutes les cultures ; certaines la présentent pour un assez grand nombre.

B. L'utilisation en sec (pluviale) de ces sols est assez limitée. Par eux-mêmes ils s'étendent surtout en zone aride ; la présence des sels en excès augmente le caractère sec du sol et la difficulté pour les cultures d'obtenir de celui-ci l'eau dont elles ont besoin : l'alcalinisation du complexe et la dégradation de la structure augmentent la rétention de l'eau par le sol, diminuent sa pénétration et le développement du système racinaire en profondeur.

Un certain aménagement est possible par une préparation du sol facilitant la pénétration ou la circulation de l'eau, par exemple en le disposant en larges ados très travaillés en surface et en utilisant des cultures à système racinaire fasciculé, abondant et peu profond : céréales telles qu'avoine, orge par exemple.

Ce système cultural doit permettre un certain dessalement de l'horizon supérieur par les eaux de pluie pendant la saison des cultures, mais ne peut empêcher la remontée de la salure en été.

C. Leur utilisation en culture irriguée est beaucoup plus fréquente. Elle dépend des caractéristiques et des quantités d'eau d'irrigation utilisée ; des possibilités de drainage ; ainsi que d'une bonne adaptation du cycle d'apport d'eau, avec ceux, saisonniers du climat et du développement des plantes (en particulier espérance pluviométrique).

La quantité d'eau à apporter en plus de celle qui couvre l'évapotranspiration est d'autant plus élevée que la salure du sol l'est aussi. Si le sol n'est pas gypseux, l'emploi d'amendements calciques suffisamment solubles est presque toujours indispensable, surtout si l'eau d'irrigation est très pure.

En milieu sale sous irrigation qui n'est pas toujours suffisante à certaines périodes chaudes des cultures à enracinement profond apparaissent préférables. En milieu alcalinisé seulement en

surface, il en est de même. Si la dégradation structurale touche l'ensemble du profil, des cultures à faible système racinaire conviendront mieux, mais l'irrigation devra être très régulière. (AUBERT, 1976)

II.10 Amendements et mise en valeur des sols salés

Le sodium représente 2,27 % du nombre d'atomes de la croûte terrestre. Élément mobile sous sa forme soluble, il est nécessaire à la vie des êtres vivants qui l'utilisent pour réguler l'hydratation de leur milieu interne ainsi que pour la transmission des influx nerveux. Dans les sols, le sodium peut s'adsorber sous forme ionique à la surface des argiles et s'accumuler à la faveur de l'évaporation, sous forme de solution concentrée et/ou de croûtes de sels. La salinisation est le processus qui accroît la quantité de sels dans les sols : lorsque celle-ci est trop élevée, la plante subit un stress qui ressemble à celui provoqué par une sécheresse.

L'objectif est de ramener la salinité du sol à une valeur tolérée par les cultures.

En générale la mise en valeur des sols salés implique l'évacuation de l'excédent des sels solubles et de sodium échangeable. Le sodium échangeable est déplacé par le calcium que l'on ajoute sous forme de sel soluble, ou dont on provoque l'apparition en acidifiant pour solubiliser le calcaire qui existe déjà dans le sol, souvent il faut aussi améliorer les propriétés physiques du sol pour obtenir une productivité maximum. Avant tout la première chose à faire était d'assurer un drainage convenable, s'il n'existe pas déjà.

L'élaboration d'un plan d'amélioration des sols salés devrait être confiée à une personne compétente ; le plan devrait normalement :

1. Evaluer le degré actuel de salinisation des sols dans la région
2. Définir les différents types de salinisation des sols et leurs causes
3. Fournir une carte où sont indiquées toutes les zones de salinisation, ainsi les effets de rapport aux plans d'eau, et les effets de la salinisation sur les plans d'eau et les terres avoisinantes
4. Décrire la relation entre les types de sol et la salinité.
5. Décrire et définir les solutions recommandées pour lutter contre la salinisation des sols.
6. Fournir une analyse des coûts des diverses mesures de correction et de prévention
7. Décrire les méthodes de cultures, semis direct ou le travail réduit du sol, les solutions de cultures.

La plupart des sols sodiques ont besoin d'amendements chimiques pour retrouver leur productivité. Il existe un grand nombre d'amendements qui peuvent être utilisés. Le gypse et le soufre sont les plus communs. Comme la plupart des amendements sont coûteux, il est toujours bon de faire analyser le sol pour déterminer le type et la quantité nécessaires.

Il n'est pas toujours indispensable d'apporter des amendements pour améliorer des sols sodiques. Certains sols sodiques, par exemple, contiennent du sulfate de calcium (gypse) et, lorsqu'ils sont lessivés. L'eau dissout le gypse et libère le calcium. Ce calcium dissous remplace le sodium adsorbé. Les sels de sodium formés par réaction peuvent être enlevés par lessivage.

II.10.1 La restauration par lessivage

Les apports d'eau de lessivage doivent être suffisamment importants pour lessiver les sels solubles et les entraîner en profondeur. Généralement deux méthodes sont utilisées :

- Le lessivage permanent.
- Le lessivage intermittent.

Dans le cas du lessivage permanent, l'eau est épandue sur le sol et maintenue à une hauteur de 10 cm environ par des apports fréquents. Cette méthode est préconisée lorsqu'il existe une bonne perméabilité du sol, un plan d'eau élevé (saumâtre) et un taux d'évaporation important.

Dans le cas du lessivage intermittent, l'épandage d'une quantité d'eau suffisante pour dissoudre les sels solubles, suivi d'un apport pour les lessiver. Cette opération est répétée à intervalles réguliers. Cette méthode est préconisée dans les conditions suivantes : sol peu perméable, nappe phréatique profonde (eau non saumâtre ou peu), périodes où l'évapotranspiration est faible.

DURAND (1958), note que, dans les sols lourds le dessalement n'est efficace que si l'argile est débarrassée par l'ion Na ou empêché par des concentrations suffisantes de Ca^{++} fournis par des amendements à base de gypse.

On considère que les plans d'eau proches de la surface et sujets à fluctuations sont à l'origine de la plupart des sols sous la dominance du sel. La condition essentielle de leur mise en valeur, de leur culture irriguée, est de pouvoir contrôler la nappe phréatique.

DURAND a une vue plus optimiste de la question de la nappe phréatique en Algérie. Il dit que le lessivage par une épaisseur de 10cm d'eau fait passer la salure initiale du sol de 2% à moins de 1% et que l'existence d'un plan d'eau à 1,70 m de profondeur n'empêche pas la culture, étant

donné d'un seul lessivage maintient la salure du sol un niveau suffisamment bas pour une année entière.

II.10.2 Traitements chimiques

II.10.2.1 Traitement par le gypse

La plupart des sols sodiques ont besoin d'amendements chimiques pour retrouver leur productivité. Il existe un grand nombre d'amendements qui peuvent être utilisés. Le gypse et le soufre sont les plus communs. Comme la plupart des amendements sont coûteux, il est toujours bon de faire analyser le sol pour déterminer le type et la quantité nécessaires.

Il n'est pas toujours indispensable d'apporter des amendements pour améliorer des sols sodiques. Certains sols sodiques, par exemple, contiennent du sulfate de calcium (gypse) et, lorsqu'ils sont lessivés. L'eau dissout le gypse et libère le calcium. Ce calcium dissous remplace le sodium adsorbé. Les sels de sodium forme par réaction peuvent être enlevés par lessivage.

Dans les sols calcaires, le risque est faible car le calcium se fixe sur le complexe absorbant. On rappelle ici que les divalents, en particulier Ca^{2+} sont absorbés préférentiellement aux monovalents, en particulier Na^+ .

C'est très important. En effet, la solubilité naturelle de CaCO_3 dans une eau, même très salée, suffit pour que le complexe absorbant soit saturé à 50 % par du Ca^{2+} .

La proportion monte à 80 % si l'eau n'est que faiblement minéralisée. On peut utiliser H_2SO_4 qui acidifie le milieu ce qui favorise la dissolution des carbonates et fournit au milieu des ions Ca. Mais c'est difficile, et la rentabilité n'est pas démontrée (Jean - Paul Legros, 2007).

II.10.2.1.1 Action du gypse sur le sol

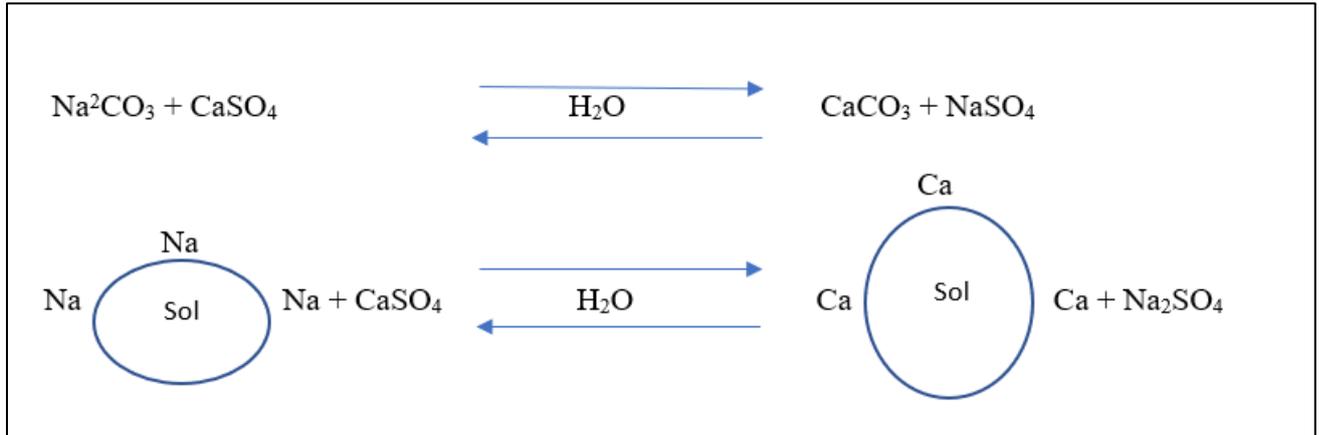


Figure 6 Action du gypse sur la substitution du sodium par le calcium au niveau du complexe adsorbant.

Une petite quantité de sulfate de sodium ne constitue aucun danger pour les plantes. Mais lorsque le sol amélioré par le gypse présente un tau de sodium échangeable de plus de 20 %, le sulfate de sodium devient nocif et doit être lessivé.

II.10.2.1.2 Traitement par l'acide sulfurique

Une autre option est l'utilisation de l'acide sulfurique, quand le sol contient du CaCO_3 , le principe est de dissoudre du CaCO_3 pour libérer du calcium. Cette option, utilisée à grande échelle en URSS et aux Etats Unis, est en cours de développement rapide dans certains pays comme le Maroc, par contre l'Algérie connaît un terrible retard (MESSAR M. F, 2007).

Conclusion

On entend, en général, par salinité Une teneur du sol en sels solubles préjudiciable à la production végétale ; d'une façon plus générale, il y a salinité chaque fois que la présence des sels vient modifier la vie végétale ou les caractéristiques des sols.

La salinité peut constituer une gêne majeure au développement de la production agricole, et même, mener à la stérilité des sols. Elle se rencontre en de nombreuses zones du bassin méditerranéen et, il est de plus en plus fréquent d'entendre évoquer les difficultés qu'elle provoque.

Les sols sodiques présentent une grande importance en Algérie. Ils sont assez divers, de caractéristiques, morphologiques comme chimiques, ou d'origine, ou de possibilités d'utilisation.

Beaucoup est déjà connu à leur sujet ; des études approfondies sur le terrain, au laboratoire et en parcelles expérimentales, doivent être encore développées pour mieux les connaître et les comprendre, et partant mieux les utiliser.

*Chapitre III Les sels dans les sols
salés*

III. Introduction

III.1 Les principaux sels responsables de la salinité

Les sels proviennent de la combinaison des bases (cations) et des acides (anions) Parmi ces sels, ce sont surtout Na Cl, Na₂SO₄, Na HCO₃, Ca SO₄, Ca Cl₂, Mg SO₄, Mg Cl₂ que l'on rencontre dans les sols salifères. Tous les ions peuvent participer à la salinisation ; en pratique certains sont susceptibles de s'accumuler et d'être à l'origine d'une salinité excessive des terres En effet, ce sont le sodium (Na⁺), le calcium (Ca⁺⁺), le magnésium (Mg⁺⁺), ainsi que le chlorure (Cl⁻), sulfate (SO₄⁻), carbonate (CO₃) et les bicarbonates (HCO₃⁻).

III.1.1 Les carbonates

Ils résultent de la dissolution de l'acide carbonique dans l'eau pouvant être d'origine atmosphérique ou biologique. Des quantités appréciables d'ions carboniques se trouvent que dans les sols dont le pH est supérieur Ou égal à neuf (09) (SYLVIA 1982 in GASMI 1989).

III.1.1.1 Les carbonates de magnésium : (Mg CO3)

La solubilité de ce sel est très élevée, l'ion Mg est fixé sur le complexe absorbant qui augmente la fertilité du sol. Cependant, il peut former la dolomie CaMg (CO₃)₂ ou bien il réagit avec (CO₃ + H₂O) pour donner Mg (CO₃ H)₂ (BOUKHATEM,1987 in GASMI, 1989) donc le Mg (CO₃ H)₂ provient de l'action de l'eau chargée en gaz carbonique :



Le magnésium est un sel neutre, très soluble, est d'autant plus nocif pour la plante quand le calcium est absent (GASMI ,1989).

III.1.1.2 Les carbonates de sodium : Na₂ CO3

Ils résultent d'une réaction de substitution sous l'action de l'eau chargée en carbonates de sodium en contact des roches riches en sodium :



Dans certains cas, où la pression de CO₂ est significative, c'est à dire sous l'action des micro-organismes, on a une formation du Na HCO₃



Le carbonate de sodium : est très soluble (218g /l à 20 °C d'après LAX. E (1978) in BOURAHLA (1991), ce qui provoque une augmentation du pH de la solution du sol. L'effet spécifique du sodium provoque un antagonisme avec le potassium et sert à la neutralité des acides ce qui induit des taches sur la partie centrale de la feuille (JAVALLIER, 1958 in BOURAHLA 1991).

III.1.1.3 Les carbonates de potassium : K₂CO₃

Sel très rare dans les sols salés, constituant mineur dans la solution, son effet ressemble à celui du carbonate de sodium ; ce sel peut devenir une réserve potentielle pour la plante (BOURAILLA ,1991).

III.1.2 Les chlorures

Les sels solubles à base de chlorures sont : les chlorures de calcium. (Ca Cl₂) le chlorure de sodium (Na Cl), le chlorure de potassium (K Cl) et le chlorure de magnésium.

III.1.2.1 Le chlorure de sodium : Mg Cl₂

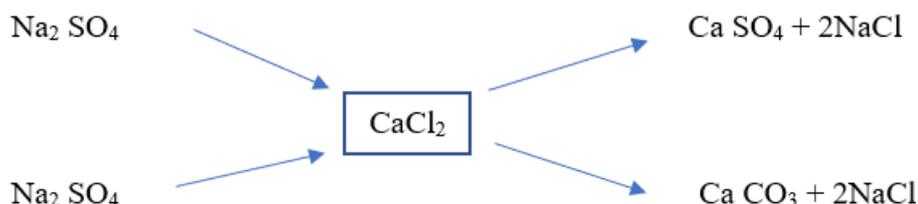
Le chlorure de sodium demeure un composant typique des sols salés, très soluble (360g/ l) à 20° C, d'après LAX E (1978) in BOURAHLA (1991), il influe sur la dissolution de certains sels tel que Ca Cl, qui se dissout à 7g/l lorsqu'il y a 131g/l de Na Cl, alors qu'il se dissout & 2g/l dans les eaux douces.

III.1.2.2 Le chlorure de magnésium : MgCl₂

C'est un sel très fréquent dans les sols salés, soluble à 640g/1A 20°C. C'est un sel caractérisant les sols à forte salinité (BOUKAHLA, 1991).

III.1.2.3 Le chlorure de calcium : CaCl_2

C'est un sel relativement rare dans les sols salés, cette pauvreté est due à sa réaction avec les sulfates de sodium ou les carbonates de sodium pour donner les sulfates de calcium ou les carbonates de calcium qui sont peu solubles et s'accumulent en profondeur, hygroscopique soluble à 750g/l à 20°C.



III.1.3 Le chlorure de potassium : KCl

C'est un sel très répandu et ressemble au chlorure de sodium. En général tous les chlorures provoquent des lésions la plus souvent caractérisés par des brûlures engendrant la tombée des feuilles et des fruits et le ralentissement du développement des racines (BERNSTEIN et AYERS, 1951 in BOURAHILA, 1991)

III.1.4 Les sulfates

III.1.4.1 Les sulfates de magnésium : MgSO_4

Ce sont des sels qui demeurent typiques des sols salés, très solubles (348g/14 20°C) ils se trouvent dans les nappes sous terraines (DURANT, 1958).

III.1.4.2 Les sulfates de sodium : Na_2SO_4

Ce sont des sels neutres, composant des sols salés, leur solubilité augmente en fonction de la température, d'où leur effet sur le système sol-plante est en fonction de la saison. Le tableau 7, nous donne le degré de solubilité des sulfates de sodium qui augmente en fonction de la température.

Tableau 15 Le degré de solubilité

Température	Solubilité en g/litre
0 °C	44,9
10 °C	82,6
20 °C	162,2
30 °C	325,5

III.1.4.3 Les sulfates de potassium : $K_2 SO_4$

Contrairement aux sulfates de sodium les sulfates de potassium sont des sels très rares dans les sols sales. Généralement ils demeurent moins toxiques que les chlorures, pour certaines plantes. Ils peuvent avoir un effet inhibiteur sur la croissance ; lorsque la teneur dans le sol en sulfates est élevée, ils peuvent également limiter l'activité de l'ion calcium (FRANCOIS, 1987 in BOURAILLA 1991).

III.2 Les caractères principaux des sels dans le sol

III.2.1 La solubilité

La solubilité de ces sels est très variable : les chlorures sont très solubles, les sulfates sont moins solubles et les carbonates alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) sont pratiquement insolubles par contre les bicarbonates et les carbonates de sodium pratiquement sont très solubles. (U. S. S.L,1954 in DELLAL, 1984).

Tableau 16 La solubilité des principaux sels selon DURANT (1958)

Sels	Formule	Solubilité en g/100g de soluté
Chlorure de sodium	Na Cl	35,7
Carbonate de sodium	Na ₂ CO ₃	13,0
Bicarbonate de sodium	Na H CO ₃	8,0
Sulfate de sodium	Na ₂ SO ₃	13,0

CHAPITRE III LES SELS DANS LES SOLS SALES

Chlorure de calcium	CaCl ₂	400 ,0
Carbonate de calcium	CaCO ₃	0,0018
Sulfate de calcium (gypse)	CaSO ₄ 2H ₂ O	0,2
Chlorure de magnésium	MgCl ₂ 6H ₂ O	130,0
Sulfate de magnésium	MgSO ₄ 2H ₂ O	41,5
Carbonate de magnésium	CO ₃ H ₂ 2H ₂ O	112,0
Chlorure de potassium	K Cl	32,0
Sulfate de potassium	SO ₄ K ₂	10,0

Selon DURANT (1958), la mobilité des sels est liée à leurs solubilités, les plus mobiles sont les plus solubles et leurs mouvements dépendent de l'eau imprégnant le sol et les mouvements qu'elle subit.

Au crible du tableau 16, nous constatons que le chlorure de calcium est plus soluble donc plus mobile.

III.2.2 La mobilité

L'eau qui circule dans le sol notamment celle de gravité véhicule certains éléments, soit en solution, soit sous forme de suspension. Parmi les éléments en solution, les sels solubles qui se distinguent des autres composants du sol du fait de leur solubilité et leur mobilité, ils se déplacent dans le sol à travers le profil d'un horizon à un autre sous forme de solutions salines. Leur déplacement dans le profil est intimement lié au mouvement de l'eau du sol sous l'action de l'évaporation. Ils sont transportés par les eaux et sont ainsi soumis à divers mouvements

III.2.2.1 Les mouvements descendants

Les mouvements descendants sont plus importants sous les climats suffisamment pluvieux. En conditions humides, il y a altération des minéraux primaires et libérations des ions qui sont entraînés vers le bas, mais ne pouvant pas être éliminés en raison de l'insuffisance ou absence totale de drainage. Ce processus intéresse essentiellement les cations les plus mobiles, il s'agit des cations alcalin et alcalino-terreux (Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺). Cependant, l'altération de ces

minéraux ne présentent pas la même solubilité, les monovalents sont plus mobiles que les bivalents (DUCHAUFOR, 1983).

III.2.2.2 Les mouvements ascendants

Ces mouvements sont un phénomène inverse du précédent. En conditions sèches, il y a une remontée par capillarité des solutions du sol sous l'influence de l'évapotranspiration. La concentration des solutions s'élève permettant la saturation par le sodium d'une fraction de l'humus et des argiles (DUCHAUFOR, 1983).

Selon SOLTNER (2003), les concentrations des solutions augmentent, les ions les moins solubles précipitent notamment Ca^{++} d'abord puis Mg^{++} dans ces conditions. Le Na^+ se fixe au complexe absorbant en premier lieu.

III.2.2.3 Les mouvements verticaux et obliques

Selon DUCHAUFOR (1983), la majorité des migrations est orientée verticalement en milieu filtrant et en topographie horizontale. Dans le cas des migrations obliques ou latérales, interviennent très fréquemment le long des pentes, en topographie et en milieu moins perméable. Les ions en fonction de leurs solubilités présentes le long des pentes formées de roches cristallines sodiques sont entraînés à des distances variables.

III.3 Sols hydromorphe :

La formation des sols hydromorphes est liée à la présence d'une nappe d'eau temporaire plus ou moins proche de la surface. Ces sols sont caractérisés par des phénomènes de réduction des oxydes de fer, par suite des conditions anaérobies et de l'action de l'eau stagnante chargée en produits organiques acides. Ce sont en général des sols asphyxiants, peu favorables à l'activité biologique. Selon les caractéristiques de la nappe, on en distingue deux types principaux : les sols à pseudogley et les sols à gley.

III.3.1 SOLS A PSEUDOGLEY :

Ils ont pour origine la présence d'une nappe temporaire plus ou moins superficielle qui se forme, en période pluvieuse, dans les stations mal drainées (roche - mère imperméable). Ils dérivent souvent d'une dégradation des sols bruns forestiers, par suite de l'établissement de ces conditions particulières. Le profil d'un sol pseudogley se façonne progressivement sous l'effet : de l'alternance des périodes humides et des périodes sèches. Aux premières correspond une

phase de réduction du fer (passage à l'état ferreux) et son lessivage localisé (emplacements des racines, fissures, etc...) ; aux secondes correspond une phase d'oxydation (passage du fer à l'état ferrique) et sa précipitation sous forme de concrétions. Au terme de l'évolution, il en résulte un profil de type AgB comprenant les horizons (fig. 7 a))

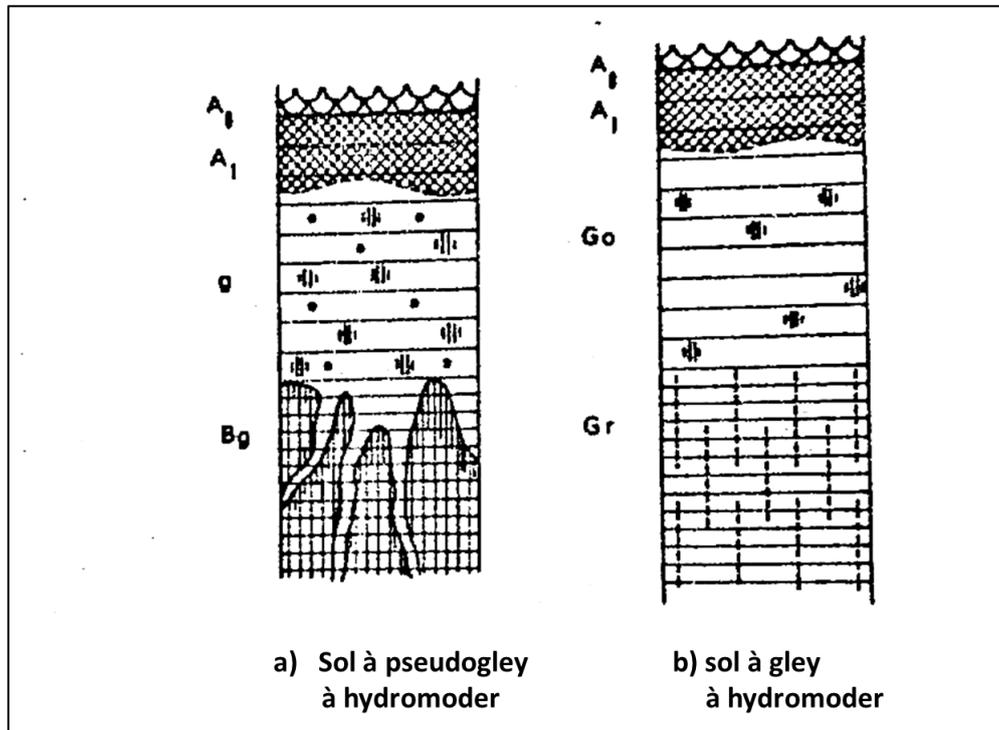


Figure 7 les sols hydromorphes (d'après DUCHAUFOUR)

- A₀ et A₁ de type variable (mull-moder ou moder tourbeux)
- g : zone de stagnation temporaire de l'eau, à aspect bariolé (marmorisation): mélange de taches blanc-gris (zones pauvres en fer) ,de taches rouille (zone de concentration du fer ferrique)
- B_g compact et à structure prismatique, avec des trainées verticale bile châtres (zone de lessivage du fer ferreux) limites par des dépôts rouille (fer ferrique).

La condition offerte par les sols pseudogley sont particulièrement défavorables à la vie en raison du caractère temporaire de la nappe : le sol, asphyxiant pendant les humide, ne pot de paie d'oreille cours de la période sèche. Il s'y développe souvent une végétation de lande à *Molinia coerulea*

III.3.2 SOLS A GLEY

Ils doivent leur genèse à l'existence d'une nappe phréatique permanente ne présentant que de faibles oscillations. Ces conditions se trouvent les per exemple en bordure des étangs ou des cours d'eau. Les sols à gley sont caractérisés par la présence de fer à l'état ferreux dû à sa réduction par l'eau chargée de matière organique. Le profil de type AG où l'on distingue (fig.7 b))

- A₀ A₁ humifères, variables, (mull, mor, moder).
- Go : zone d'oscillation de la nappe, à concrétion rouilles (fer ferrique) résultant de l'oxydation, en période sèche, du fer ferreux issu de l'horizon profond (migration ascendante)
- Gr : horizon de la proprement dit, correspondant au niveau le plus bas de la nappe, donc constamment imbibé d'eau. Il est de couleur gris-verdâtre par suite de l'emulsion de terre La ceintures critiques des bords d'étangs constituent la végétation typique des sols à gley.

III.3.3 GENERALITÉ DES PHENOMENES D'HYDROMORPHIE

Les sols à gley et pseudogley typiques se différencient très nettement des autre d'hydromorphie. Mais, d'une façon générale, ce phénomène vient fréquemment se superposer, avec plus ou moins d'intensité, aux différents processus évolutifs, ce qui conduit à de nombreux sols de transition tels que sols bruns hydromorphes, sols lessivés hydromorphes, podzols hydromorphes, etc.

Souvent, le caractère plus ou moins hydromorphe d'un sol, encore trop peu accentué pour masquer le processus pédogénétique prédominant, provient de causes topographiques (ex : dépression mal drainées) ou pétrographiques (roche – mère à faible perméabilité), mais il peut aussi résulter d'une évolution par dégradation d'un sol l'origine non hydromorphe. C'est ainsi que, dans les sols forestiers lessivés ou de type podzol, l'imperméabilisation progressive de l'horizon B par accumulation d'argile peut entraîner la formation d'une nappe perchée temporaire dans les horizons supérieurs.

III.4 SOLS HALOMORPHES

La genèse des sols halomorphes est liée à la présence de chlorure de sodium d'origine marine ou d'origine géologique (ex : couches de Trias gypso-salin). On en distingue quatre types principaux suivant le taux de saturation en sodium du complexe absorbant et le degré du lessivage.

III.4.1 SOLONTCHAKS

Ces sols se rencontrent sous les climats à saison sèche accusée, et résultent de la prédominance de migrations ascendantes d'eau salée provenant d'une nappe peu profonde. Le profil, peu évolué, de type AC, présente superficiellement des efflorescences salines blanches (e) dues à l'évaporation (fig.8 a)). Le complexe absorbant est encore en majorité saturé par des ions Ca^{++} , l'ion Na^+ constituant moins de 15 % de la somme des bases échangeables, Le pH est en général inférieur à 8,5 et la structure reste bonne. Exemple : solontchaks de Camargue et des bords de la Caspienne.

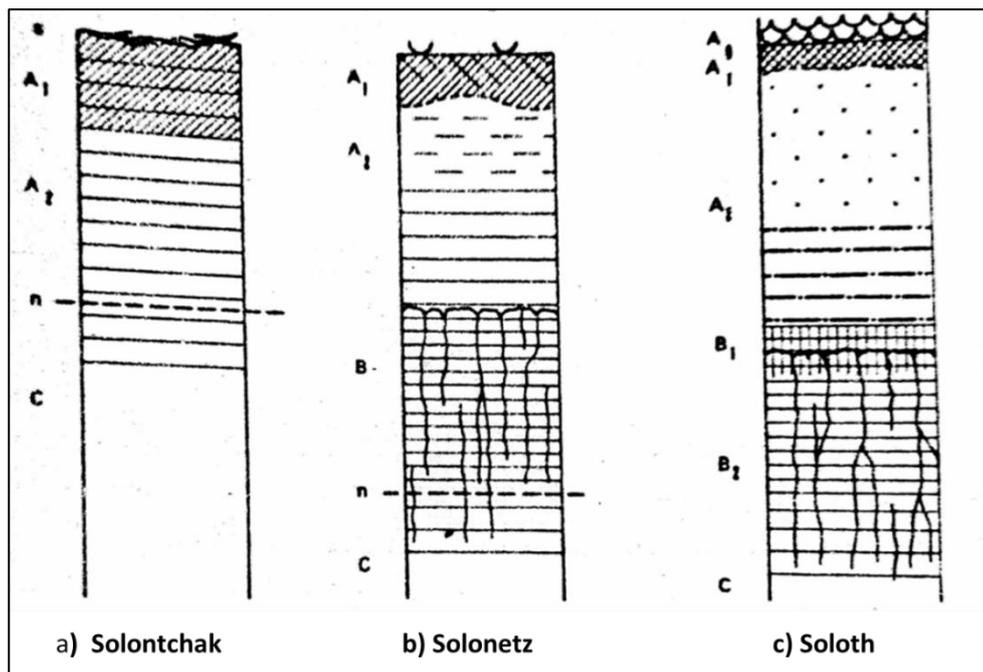


Figure 8 Les sols halomorphes (d'après DUCHAUFOR)

III.4.2 SOLS A ALCALIS

Sols halomorphes de transition, de profil A(B)C, se formant sous climat plus humide ou à saisons très contrastées (climat tropical), ou par suite d'irrigations d'eau douce sur terrains sales

da type précédent, Dans ce dernier cas, hydrolyse par l'eau douce des argiles sodiques, c'est-à-dire des argiles ayant fixé l'ion Na^+ et qui représentent alors 15 à 30 % des actions métalliques échangeables, aboutit à la formation de carbonate de sodium. Il s'ensuit une élévation de pH à des valeurs supérieures à 8,5 entraînant une dispersion des éléments colloïdaux. Ce processus aboutit donc à une dégradation progressive de la structure du sol, laquelle tend alors vers le type particulière compact.

III.4.3 SOLONEIZ

Dans ce type de sol vient s'ajouter, au phénomène précédent, le lessivage des colloïdes minéraux et organiques dispersés, aboutissant à la constitution d'un horizon B compact à structure en colonnes (fig. 8 b)). Dans cet horizon, le pH est élevé (9 environ) par suite de la saturation en ions Na^+ du complexe absorbant, alors qu'il reste voisin de la neutralité dans les horizons superficiels.

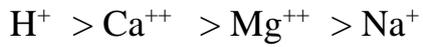
III.4.4 SOLOTHS

Ils se différencient des solonetz par un lessivage plus intense des colloïdes s'accompagnant d'une podzolisation. L'horizon A_1 s'acidifie (jusqu'à Ph_5) et présente une couche superficielle d'humus brut (fig. 8 c)).

Ces quatre types de sols peuvent constituer dans le temps, en une station donnée, une série évolutive qui, sous l'influence d'un lessivage progressif, va du solontchak au soloth. La topographie joue un rôle prépondérant dans l'évolution de ces sols et entraîne souvent la constitution de chaînes de sols halomorphes

Conclusion

Dans le sol considéré, l'énergie de fixation des ions se classe dans l'ordre suivant :



D'une manière générale c'est l'ion H^+ qui est fixé le plus fortement, sauf dans le cas de la kaolinite pure, ensuite viennent les ions bivalents qui sont plus fortement fixés que les ions monovalents. Les ions de même valence sont d'autant moins adsorbés que le diamètre de l'ion hydrate est plus petit, ce sont les ions de plus fort diamètre qui sont le plus adsorbés, il y a cependant des exceptions

Partie expérimentale

I. Etudes du sol et de l'eau d'irrigation :

I.1 Introduction :

Dans cette partie on va essayer d'étudier le sol de la région d'étude pour évaluer le degré de la salinité de l'eau d'irrigation et du sol, et voire notre sol de point de vue pratique, parce que la composition et l'origine des solutions du sol à une grande importance pour la mise en valeur des terrains salés.

I.2 Choix de la région d'étude :

Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères essentiellement d'ordre scientifique. Les plus importants sont les suivants :

- La région est caractérisée par des accumulations de sel.
- La région présente une eau de faible qualité.
- Disponibilité de différentes classes de salinité.
- La région d'étude est occupée par plusieurs types de cultures (céréales, maraichages, ... etc.)
- La création de nouveaux périmètres irrigués de mise en valeur agricole.
- La présence des agriculteurs coopératifs.

Potentialités locales importantes faiblement exploitées



Photo 1 une photo montre la présence de la salure qui élimine la végétation



Photo 2 Cristaux de sels au tour d'une halophyte

Le site choisi doit en plus représenter une situation géomorphologique, pédologique et géochimique caractéristique d'une région donnée. Les résultats acquis de cette manière sur un périmètre pourront alors être généralisés à d'autres situations semblables.

I.3. Localisation de la région d'étude :

Notre région d'étude fait partie de la région des hauts plateaux d'Ouest algérien, qui se localise à la commune de « Mekmen Ben Amar » (la Dayra de Mekmen Ben Ammar la Wilaya de Naama) qui se trouve sur la route nationale N°22 vers Mechria.

Le périmètre concerné par cette étude a une superficie de 200 hectares qui se trouve en amont de la dépression "Mekmen" est irrigué par cinq puis. Les sols se caractérisent par une salinité qui diminue les rendements des cultures pratiquées ou parfois les agriculteurs cessent de travailler leur terre à cause de la salinité du sol ou de l'eau.

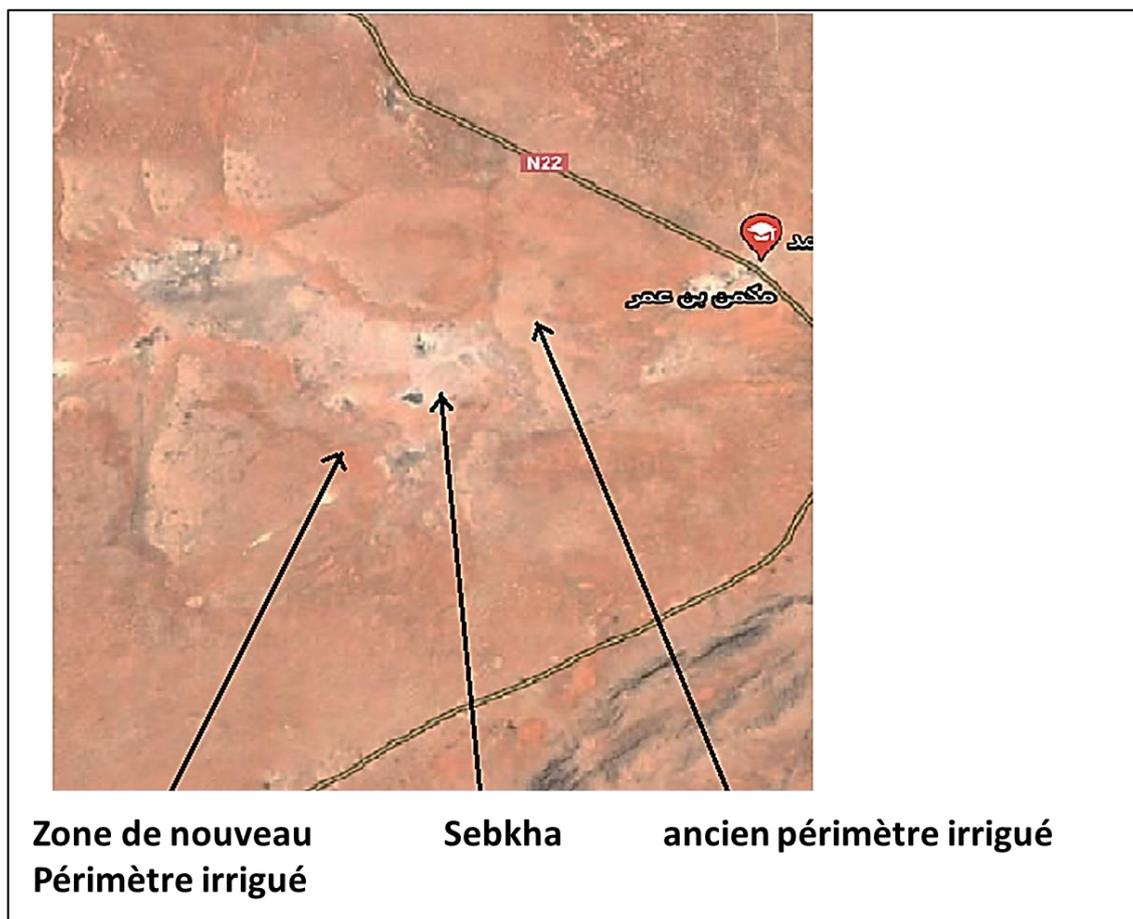


Figure 9 Carte satellitaire montre la localisation du périmètre irrigué de la zone d'étude

Méthodes et matériels

I.4 Analyse du sol

I.4.1 Description du terrain :

L'agriculture se pratique dans la ceinture de la dépression où se trouvent des sols exploitables par rapport aux sols où se trouve la sebkha, la géomorphologie de la dépression aide au drainage naturel des sols.

La région est caractérisée par des vents de sable qu'a un double effet néfaste sur les sols du périmètre :

- L'érosion éolienne.

- L'ensablement qui touche surtout la ceinture de la dépression.

Dans chaque grande région géochimique, chaque portion de paysage comprend une partie haute, une partie intermédiaire où se produit l'infiltration et le ruissellement, et une partie basse où s'accumulent les transports solides fins et où s'évaporent les sels. On y trouve la séquence de sols suivants, de haut en bas des versants :

I.4.2 La situation générale du périmètre irrigué

Les parcelles sont grandes, de superficie de 5 ha. Elles sont cultivées en betteraves, menthe, maraîchage et un peu d'oléiculture et de cultures fourragères. La production est moyenne pour certaines cultures et pour d'autres mauvaises à nulle, à cause de la salure des sols.

Les aménagements hydrauliques consistent en un réseau d'irrigation enterré avec une vanne par parcelle de 5 ha, l'irrigation est conduite par submersion chez la plupart des agriculteurs, d'autres agriculteurs ont préféré l'irrigation par aspersion et goutte à goutte.

Les contraintes à la production sont d'abord la texture sablonneuse, ensuite la géomorphologie de la dépression endoréique qui favorise le phénomène de l'ensablement qui ne cesse pas à s'accroître d'une année à l'autre, et l'extension de la sebkha à la faveur des sols cultivés.

Certains agriculteurs ont cédé leurs parcelles.



Photo 3 la dégradation de la structure du sol après l'irrigation



Photo 4 photo montre la présence des sels au sol

I.4.3 Echantillonnage :

L'échantillonnage du sol a été effectué à partir de 4 points différents, choisis pour notre étude sur un transect tout en suivant la pente vers l'aval de la dépression. Les échantillons de sol sont pris sur tout le profil : 0-50 cm.

Les sols étudiés se caractérisent par un profil homogène qui se différencie au niveau de la profondeur de l'horizon supérieur.

Essais expérimentaux

La salure du sol est un facteur de la chute des rendements des plantes cultivées. On peut résumer l'effet des sels sur les plantes en deux ordres :

La régulation et l'augmentation des rendements sont donc directement liées à la bonne maîtrise de l'alimentation des plantes cultivées en eau, car tout apport excessif ou déficitaire se répercute négativement sur la production.

Les sols de la région d'étude comportent essentiellement des limons et des sables dans l'horizon supérieur, avec un horizon en gypso-salin qui se trouve en profondeur.

Ces sols sont compte tenu de leurs caractéristiques physiques, très défavorables à l'agriculture. Pour améliorer les propriétés du sol il faut trouver des techniques adéquates, afin d'en augmenter leur réserve en eau et lessivé les sels en excès.

L'amélioration de la structure doit suivre, soit comme conséquence de l'évolution chimique, soit provoquée par des pratiques culturales supplémentaires, souvent ce sont les facteurs économiques qui jouent un rôle décisif dans le choix de la méthode d'amélioration.

Après une évaluation de la salure de nos sols, on va procéder au suivi de quelques pratiques culturales et amendements organiques pour améliorer le développement des plantes qui craignent la salinité du sol, et par conséquent avoir des rendements optimaux dans ces conditions de salure.

Rôle des brise-vent :

Afin d'optimiser les rendements des plantes cultivées en sols salés, l'agriculture raisonnée doit être penché vers les pratiques culturales comme solution pour la production agricole dans ces conditions hostiles qui empêchent la maximisation des récoltes.

La présente initiative de travail dans ce contexte à pour but de valoriser les terres salées par des moyens non coûteux par rapport au système de drainage qui demande des grands moyens.

II. Mode expérimentale :

II.1 Matériel végétal utilisé :

La menthe, la pomme de terre, la carotte et la pastèque sont des plantes importantes et les plus demandées dans le marché agricole algérien, ces plantes présentent une sensibilité à la salinité, mais nos agriculteurs qu'ont des sols infectés par les sels acceptent des rendements faibles de les remplacer par d'autres cultures qui tolèrent la salinité.

Pour cette raison on a choisi ces plantes comme plantes modèles à nos essais expérimentaux.

Selon l'INSID (2008) les plantes choisies pour cet essai (la pomme de terre, la menthe, les carottes, et la pastèque) présentent une sensibilité à la présence des sels dans le sol.

La sensibilité de la pomme de terre apparaît au-delà de 1,7 dS, et on peut avoir une perte de rendement de 25% à une conductivité de 3,8 dS.

La carotte est une plante sensible à la présence des sels, à une conductivité de sols égale à 1,00 dS cette sensibilité est apparue par la chute des rendements, avec l'augmentation de la conductivité à plus de 2,80 dS, on peut avoir une chute de 25% du rendement de la plante.

La menthe et la pastèque sont deux plantes modérément sensibles à la salinité du sol et qui consomment beaucoup d'eau, pour leurs croissances, mais dans les conditions de salure les rendements des deux plantes sont réduits à cause de l'augmentation de la concentration de la solution du sol qui influence sur la disponibilité de l'eau.

Le rendement de la pastèque est influencé à partir d'une conductivité électrique avoisinante de 3,00 dS/m, et on peut avoir une chute de 25% à une conductivité de l'extrait de la pâte saturé entre 2,7-9,5 dS/m. Dans un sol où la conductivité est égale ou supérieure 16 dS/m, cette culture est incultivable dans ces conditions de salure.

II.1.1 Pomme de terre :

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses, on pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *Solanum tuberosum*, dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes. La plante est une espèce herbacée vivace par ces tubercules mais cultivée en culture annuelle. (HIMOUR Sara; 2008)

II.1.2 Carotte :

La carotte (*Daucus carota*) est une plante bisannuelle de la famille des ombellifères (anciennement ombellifères), largement cultivée pour sa racine pivotante charnue, comestible, de couleur généralement orangée, consommée comme légume. Le terme « carotte » désigne aussi ce légume. C'est un légume riche en carotène. La carotte est un tubercule d'hypocotyle, c'est-à-dire un tubercule formé en partie par l'hypocotyle et en partie par la région supérieure de la racine, et qui s'est tubérisé.

La carotte est une plante herbacée bisannuelle qui peut atteindre 30 centimètres de haut, à racine pivotante, épaisse et allongée. Les feuilles sont profondément divisées et couvertes de poils.

La racine de la carotte est pivotante sensible à la salinité, à partir d'une conductivité électrique de sol égale à 1,00 dS (INSID 2008), cette culture pratiquée par la plupart de nos agriculteurs, mais les agriculteurs qu'ont des terres salées acceptent de la cultiver malgré la mauvaise qualité et quantité produite dans ce type de sol.

II.1.3 Pastèque :

La pastèque ou melon d'eau (*Citrullus lanatus*) est une plante herbacée de la famille des cucurbitacées, originaire d'Afrique, largement cultivée pour ses gros fruits lisses, à chair rouge, jaune, verdâtre ou blanche et à graines noires. Le terme désigne également ce fruit. Le fruit pèse généralement, à maturité, entre 5 et 20 kg. La pastèque est une plante annuelle à tiges rampantes pouvant atteindre 3 mètres de long. Les feuilles, de forme générale triangulaire, sont très découpées, avec des lobes arrondis, profondément incisés mais aux sinus également arrondis. Certaines sont transformées en vrilles permettant à la plante de s'accrocher et de grimper sur des supports variés. Les fleurs, à corolle jaune pâle sont, comme sur la plupart des cucurbitacées soit mâles, soit femelles, mais toutes sont présentes sur le même pied (plante monoïque). Les fruits sont des baies particulières, des péponides, de forme sphérique, plus ou moins oblongue, de couleur vert foncé souvent marbrée de blanc.

Les pastèques aiment l'eau (leur nom anglais est d'ailleurs water melon) mais leurs feuilles sont petites et recouvrent peu le sol, elles n'entretiennent donc pas une humidité suffisante. Dans des sols salés la plante de la pastèque a besoin d'une quantité très élevée en eau sous forme d'irrigation, sauf si on accepte des faibles rendements.

II.3 Mode d'irrigation :

Dans cette partie on va exposer des sols salés cultivés, par la carotte de la même variété qu'est la super Mosca, à deux modes d'irrigations différentes (irrigation par aspersion ou micro-aspersion et irrigation par submersion)

Parce qu'il est difficile d'apprécier les profils hydriques en tout point du sol, et que la répartition des sols est hétérogène, l'interprétation basée sur les mesures et les suivis de la conductivité électrique de ces parcelles le long de la période de la culture, en suivant aussi le comportement de la plante cultivée "carotte dans ce cas" face au stress hydrique.

Pour rationaliser et programmer les irrigations dans les sols salés, il faut bien connaître les effets du mode d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques et hydriques du sol de toute la saison de la culture, surtout dans les sols salés, car tout apport excessif ou déficitaire se répercute négativement sur la production et/ou l'économie de l'eau.

Pour ce là on va suivre l'effet du mode d'irrigation sur les propriétés physiques des sols cultivées.

L'analyse des rendements de notre culture de carotte à pour but d'avoir l'effet de mode d'irrigation sur l'augmentation de la production de biomasse de cette culture et voire l'évolution de la salinité et ces répercussions sur le choix du mode d'irrigation dans nos sols.



Photo 5 photo montre l'irrigation par aspersion.



Photo 6 photo montre l'irrigation par micro-aspersion.



Photo 7 photo montre l'irrigation par submersion.

Résultats et discussion

I. Rendement de la carotte

Le lessivage est particulièrement nécessaire pour préparer le sol pour des cultures à haute densité de semis, telles que les carottes, la pluviosité hivernale de la région assure un bon lessivage des sels.

Le lessivage des sels dans la couche supérieure est particulièrement important, car les plantes sont sensibles à la salinité durant les premiers stades de leur croissance.

La tolérance des cultures est le degré de salinité d'un sol salin, dans lequel une culture peut croître et avoir un rendement acceptable. La réaction de différentes cultures à la salinité est très variable. Certaines peuvent tolérer moins de 2dS/m et d'autres jusqu'à 8dS/m et au-delà. La tolérance au sel dépend aussi considérablement des conditions culturales et des pratiques de gestion de l'irrigation. Beaucoup d'autres facteurs, tels que la plante, le sol, l'eau et le climat, peuvent interagir pour influencer la tolérance en sel des cultures.

Dans ces conditions de salure de notre sol du périmètre irrigué, on a calculé le rendement moyen de la carotte (plante sensible à la salinité), dans les deux essais :

Irrigation par aspersion : le rendement moyen est de l'ordre de 3,56 kg/m² c'est-à-dire 35,6 tonnes/hectare.

Irrigation par microaspersion : le rendement moyen est de l'ordre de 3,84 kg/m² l'équivalent de 38,4 tonnes hectare.

Les carottes récoltées sont moins sucrées par rapport à celles récoltées en mode d'irrigation par submersion. Mais la biomasse des carottes de l'essai irrigué par aspersion est plus importante à celles de l'essai irrigué par submersion.

De cet effet le rendement de la culture de la carotte irrigué par aspersion a augmenté considérablement dans ces conditions pédoclimatiques, et on a une augmentation du rendement égale à 10,3 tonnes/hectare.

II. Rendement de la pomme de terre :

La pomme de terre est une plante sensible à la salinité et son niveau de tolérance varie de 1,5 à 2 g/l de NaCl. À la concentration de 3 g/l, ce sel diminue de 50 % la croissance de la plante (Maas, 1986).

Afin d'améliorer la production de la pomme de terre en sol salé on a calculé le rendement moyen de la pomme de terre de saison dans deux sols salés, l'un est clôturé par un brise-vent et l'autre sans brise-vent :

Le rendement de la pomme de terre dans l'exploitation qui présente un brise-vent est de 24 tonnes/hectare, avec des tubercules de qualité moyenne.

Dans des conditions d'absence de brise-vent on a trouvé un rendement moyen de l'ordre de 19, 29 tonnes/hectare.

Selon l'étude de l'évolution de la salinité du sol dans les deux cas (figure n°27), le brise-vent a diminué l'augmentation de la concentration des sels qui réduit le nombre d'yeux à la surface de l'épiderme du tubercule,

Toutefois, le phénomène de fissuration n'a pas touché les tubercules des deux essais.

La gestion de l'eau, cet élément fondamental pour la conduite efficace d'une agriculture durable. Toutes les cultures ont besoin d'eau pour vivre et donner leur pleine mesure à la récolte.

Les haies, toujours en réduisant la vitesse du vent, procurent des conditions favorables à la croissance des plantes. Il a été démontré en laboratoire que l'effet desséchant et agressif d'un vent violent pouvait créer des lésions microscopiques à la surface des cellules végétales. Si le vent est accompagné de poussières de toutes sortes, le problème est magnifié d'autant. Lorsque c'est le cas, la plante accuse un retard de croissance parce qu'elle gruge dans ses propres réserves d'énergie pour se refaire une santé. Ce faisant ses rendements s'en trouvent diminués. Donc, pour obtenir une même quantité de produits, on doit opérer sur de plus grandes surfaces avec toutes les conséquences que cela peut avoir, globalement, sur l'environnement et l'énergie requise pour l'exploiter.

III. Discussion :

La zone d'étude est une zone d'accumulation des sels, dont le Mekmen joue un rôle agropastoral majeur : La configuration géographique, la topographie et les conditions climatiques de la zone

Résultats et discussion

d'étude sont les facteurs déterminants des phénomènes et processus pédogénétiques qui ont permis la formation des sols salés, en majorité hérités, dans une cuvette de remblaiement.

Dans le cas de la zone d'étude ou les caractéristiques écologiques notamment la faible pluviosité, les températures élevées et le milieu édaphique favorisent la salinité voir même l'alcalinité des sols. Ce phénomène d'altération physico-chimique du sol est accentué par l'absence totale de techniques agricoles appropriées.

L'évaluation et le suivi de la conductivité électrique de nos sols à permis d'étudier la salinité des sols en fonction de leur évolution dans le temps, les résultats prouvent que la salinité devient de plus en plus importante au fil de l'année de culture suivant l'augmentation de la température.

Ces effets négatifs sur le sol ont été constatés sur le terrain lors de notre suivi, ou nous avons relevé une apparition d'une couche de sel en surface du sol.

Le phénomène de salinisation agit négativement sur les propriétés physiques, chimiques du sol et se traduit de la même manière sur les rendements des plantes comme le confirment les travaux menés par des chercheurs tels que :

HENIN et al. (1969), qui pensent que l'excès de sodium provoque le gonflement de la terre et sépare les particules argileuses

RICHARD (1954), qui souligne les facteurs qui régissent la diminution de la perméabilité sont, le gonflement et la dispersion des argiles.

AUBERT (1986), nous font connaitre que la disponibilité de l'eau dans les sols salins dépend surtout en saison sèche de leur structure et texture ; elle devient difficile dès que le sol est saturé.

ANONYME (1982), on note que la disponibilité de l'eau dans le sol pour la plante diminue au fur et à mesure que la concentration de la solution du sol devient importante. Cela se traduit sur le plan pratique la nécessité d'augmenter la fréquence d'irrigation.

La gestion des terres salinisées exige une combinaison de pratiques agronomiques spécifiques dépendant d'une définition précise des conditions basées sur une étude préalable détaillée et complète des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau et des conditions locales, incluant le climat, et les cultures. Les résultats des rendements obtenus des plantes modèles pour cette étude prouvent une amélioration de rendement des plantes sensibles à la salinité dont :

- Une augmentation de 6,85 tonnes/hectare du rendement de la menthe traitée par le fumier par rapport où sol témoin.

Résultats et discussion

- Une augmentation de 10,3 tonnes/hectare du rendement de la carotte irriguée par aspersion par rapport au sol irrigué par submersion.
- Un taux de levée des grains de la pastèque égale à 89,52 % par l'utilisation du mode de la prégermination.
- Une augmentation de 4,71 tonnes/hectare du rendement de la pomme de terre clôturée par brise-vent par rapport à une culture sans brise-vent.

A partir des résultats de ce travail, on peut dire que les pratiques agricoles (fumier, mode d'irrigation par aspersion, prégermination et les haies brise-vent) ont une influence très importante sur l'amélioration des rendements des plantes cultivées en sols salés.

Conclusion générale et perspective

L'Agronomie d'aujourd'hui offre des techniques et des pratiques éprouvées qui peuvent être, et qui sont utilisées pour améliorer la productivité agricole tout en préservant des ressources naturelles précieuses aujourd'hui et à l'avenir.

En général les terrains salins sont fertiles : quand on a éliminé les sels nocifs par des pratiques agricoles appropriées, ils peuvent se révéler excellents pour l'agriculture si l'on dispose d'assez d'eau de bonne qualité.

Les techniques de gestion comprennent le lessivage des terres et l'irrigation par modes efficaces, par exemple, l'irrigation goutte à goutte, méthode peut jouer un rôle important dans le contrôle des sels dans la zone racinaire, et Toute pratique qui réduisent l'évaporation de la surface du sol et favoriser le flux descendant d'eau du sol aidera également le contrôle de la salinité autour de la zone racinaire.

L'ensemble des résultats relatifs à ces essais prouvent que l'utilisation des bonnes pratiques culturales et adéquates, visant l'optimisation des rendements et le contrôle de la salinité du sol.

Une irrigation adéquate a un effet significatif sur l'optimisation des rendements et le contrôle de la salinité du sol et les pertes d'eau, ces résultats ne peuvent être atteints que si on agit simultanément sur le système d'irrigation et la conduite des arrosages en prenant en considérations les conditions pédoclimatiques.

L'évapotranspiration est l'un des processus qui augmente la concentration des sels par capillarité autour des racines des plantes surtout en présence d'apport d'eau sous forme d'irrigation subséquent par des vents secs. Les haies brise-vent agissent également pour limiter les pertes d'eau utile par évaporation et assèchement des sols par évapotranspiration des plantes.

Dans les endroits susceptibles d'être mis en valeur au lieu d'instaurer un système de culture basé essentiellement sur le maraichage sous les méthodes d'irrigation appropriées pour l'économie de l'eau, il est souhaitable d'investir dans les plantations arboricoles, ainsi que sur l'irrigation goutte à goutte sans omettre les mesures de précaution qui vont garantir la durabilité des ressources naturelles notamment l'eau et le sol. Il est souhaitable également de s'orienter vers la promotion des cultures fourragères menées en irrigué dont leur intégration aux parcours favorisera certainement une plus grande mobilisation des techniques d'élevage et une stabilisation des éleveurs.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- AGASTIAN ET AL... 2000-EFFECT OF SALINITY ON PHOTOSYNTHESIS AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS IN MULBERRY GENOTYPES. PHOTOSYNTHETICA 38, 287-290.
- 2- ANRH ; 2011-AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUE
- 3- AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT 1962; FOOD PRODUCTION AND NUTRITION; SOIL FERTILITY, FERTILIZERS, AND PLANT NUTRITION.
- 4- ANONYME, 1982- AMELIORATION DES SOLS SALINS. COURS, GEMBOUX. 122 PAGES.
- 5- AUBERT G., 1976 - LES SOLS SODIQUES EN AFRIQUE DU NORD. ANN INA, VOL. VI N° 1
- 6- AUBERT G., 1978- SOLS SALES EN AFRIQUE TROPICALE. UNEP URSS AC. OF SCI. SEMINAR ON SALINITY PROBLEMS.
- 7- AUBERT G., 1986- OBSERVATIONS SUR LES CARACTERISTIQUES, LA DENOMINATION ET LA CLASSIFICATION DES SOLS DITS (SALES) OU SALSODIQUES. CAHIER D. ORSTOM, SERIE. PEDOLOGIE, XX, 1, PP. 73-78.
- 8- AUBERT G., 1988 - LES SOLS SALES ET LEUR MISE EN VALEUR. SEMINAIRE NATIONAL, SUR LA FERTILISATION, CHELIF ALGERIE.
- 9- BAGNOULS F., ET GAUSSEN H., 1957 - LES CLIMATS BIOLOGIQUES ET LEUR CLASSIFICATION ANN. GEOGR. FR. 355 : P 193 -220.
- 10- BAGNOULS F., ET GAUSSEN H., 1953 - SAISON SECHE ET INDICE XEROTHERMIQUE : EXTRAIT DU BULL. SOC. HIST. NAT DE TOULOUSE. T. 88, P 193-239.
- 11- BAIZE D., 2000 - GUIDE DES ANALYSES EN PEDOLOGIE. INRA PARIS P 205-213.
- 12- BAKKOUCH ET ALL... 1994/1995, UNIVERSITE DE TLEMCEN. INSTITUT DE GENIE CIVIL, TRAVAUX PRATIQUE DES MECANIKES DES SOLS (LABORATOIRE M.S.D).
- 13- BALESDENT J., (1996)- "UN POINT SUR L'EVOLUTION DES RESERVES ORGANIQUES DES SOLS DE FRANCE." ETUDE ET GESTION DES SOLS. P 260.
- 14- BELOUAH N ET ALL..., 1974 - LE SYNCLINAL D'EL BAYADH. ETUDE ECOLOGIQUE ET PROPOSITIONS DE MISE EN VALEUR. D.E.M.R.H. ALGER. 22P.
- 15- BOURAHLA L., 1991 - VARIATION SAISONNIERE DE LA SALINITE DANS LA REGION DE RELIZANE (EFFET DE LA PLUVIOMETRIE SUR LA LIXIVIATION DES SELS). MEMOIRE, D'ING AGRO, UNIV DE TIARET. 43 PAGES.
- 16- BOYADGIEV T.G. 1975, LES SOLS DU HODNA, ETUDE DES RESSOURCES NATURELLES ET EXPERIMENTATION ET DEMONSTRATION AGRICOLES DANS LA REGION DU HODNA, ALGERIE. FAO, ROME.

- 17- BUREAU P ET ROEDERER P., 1961 - CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS GYPSEUX DU SUD TUNISIEN : CROUTES ET ENCROUTEMENTS GYPSEUX DE LA PARTIE SUD DU GOLFE DE GABES, BULL. ASS. FR. ET. DU SOL PP. 150 - 176.
- 18-COUDERC R., (1975)- DE LA TRIBU A LA COOPERATIVE : APERÇU DE L'EVOLUTION DES HAUTES PLAINES ORANAISES ; FROM TRIBE TO COOPERATIVE OUTLINE OF THE EVOLUTION OF ORAN HIGH PLAINS / R. COUDERC / IN OPTIONS MEDITERRANEENNES, N. 28 (1975)
- 19-CALVET R., 2003; LE SOL, PROPRIETE ET FONCTION, PHENOMENES PHYSIQUES ET CHIMIQUES. TOME 2. ED. FRANCE. AGRICOLE, 511 P.
- 20- CHARTZOULAKIS K. & KLAPAKI G., 2000, RESPONSE OF TWO GREENHOUSE PEPPER HYBRIDS TO NaCl SALINITY DURING DIFFERENT GROWTH STAGES. SCIENTIA HORTICULTURAE, 86, 247-260.
- 21- COLLOT ET AL., 1982- LES INTERACTIONS SOLS RACINES. INCIDENCES SUR LA NUTRITION MINERALE. INRA. PARIS. 325P.
- 22-DAGET PH., 1977; LE BIOCLIMAT MEDITERRANEEN: CARACTERES GENERAUX, MODELE DE CARACTERISATION, VEGETATION. VOL. 34 (1),99= 1-20.
- 23-DAOUD (1978) IN MARIH R., 1991 - REPARTITION SAISONNIERE ET SPATIALE DE LA SALINITE AU NIVEAU DE LA STATION I.N.R.A DE HAMADENA (RELIZANE). MEMOIRE, ING AGRO, INES TIARET, 32 PAGES.
- 24-DAOUD Y., 1980 - CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE L'EAU ET DES SELS DANS UN SOL IRRIGUE DU HAUT CHELLIF. MEMOIRE, MAGISTERE, I.N.A, ALGER.
- 25- DARBOUX R ET DELELLY., 1967.LES PLANTES SARCLEES .EDITION J.B.BAILL2RE FRANCE. COLLECTION D'ENSEIGNEMENT AGRICOLE.307P.
- 26- DAS ET AL..., 2002-NACl STRESS CAUSES CHANGES IN PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS, PROTEINS AND OTHER METABOLIC COMPONENTS IN THE LEAVES OF A TRUE MANGROVE, BRUGUIERA ARVIFLORA, IN HYDROPONIC CULTURES. J. PLANT BIOL.
- 27- DEBRACH, LA CLASSIFICATION THERMIQUE DES CLIMATS
- 28- DELLAL A., 1994 - REACTIVITE PHYSICO-CHIMIQUE, FONCTIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE ET MICROBIOLOGIQUE EN CONDITIONS SALINES. THESE D'ETAT, RENNES. 223 PAGES.
- 29-DELPHINE ET AL. 1998 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL. 60, 349 P.
- 30-DENDEN ET AL. 2005- EFFET DE LA SALINITE SUR LA FLUORESCENCE CHLOROPHYLLIENNE, LA TENEUR EN PROLINE ET LA PRODUCTION FLORALE DE TROIS ESPECES ORNEMENTALES, DISPONIBLE SUR : WWW.TROPICULTURA.ORG/TEXT/V23N4/220.PDF

31. DIEYE M., 1994- CONTRIBUTION A LA CARACTERISATION ET A LA RECHERCHE DE TECHNIQUES D'AMELIORATION DES SOLS SALES DANS LE DELTA ET LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL. TSRA, DRCSI. MEMOIRE DE TITULARISATION. PP. 90.
- 32- DONAHY R., 1958. NATURE DES SOLS ET CROISSANCE VEGETALE. ED. D'ORGANISATION. PARIS. 312P.
- 33-DOORENBOOS J. ET PRUITT W. O., 1977. LES BESOINS EN EAU DES CULTURES. F.A.O, BULLETIN D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE N° 24. ROME.
- 34-D.S.A (2008)
- 35-DUCHAUFOR P.H., 1976 - ATLAS ECOLOGIQUE DES SOLS DU MONDE, ED, MASSON, 168 PAGES.
- 36- DUCHAUFOR P.H., 1983 - PEDOLOGIE. PEDOGENESE ET CLASSIFICATION T1. ED MASSON, P467-483.
- 37-DURAND J.H., 1953; ETUDE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE DES CROUTES EN ALGERIE. S.E.S. ALGER, 209 P.
- 38- DURAND J.H., 1954. LES SOLS D'ALGERIE. S.E.S. ALGER. 244P.
- 39-DURAND J.H., 1958 - LES SOLS IRRIGABLES. ETUDE PEDOLOGIQUE. ALGER. 190 PAGES
- 40- DURAND J.H., 1983- LES SOIS IRRIGABLES. ETUDE PEDOLOGIQUE. PRESSES UNIVERSITAIRE DE FRANCE. AGENCE DE COOPERATION CULTURELLE ET TECHNIQUE. 338 P
- 41-DUTHIL J., 1973. ELEMENT D'ECOLOGIE ET D'AGRONOMIE. TOME II. EXPLOITATION ET AMELIORATION DU MILIEU. ED. J.B. BAILLIERE. PARIS. 265P.
- 42-DUTIL P., 1971- CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS ET DES PAEOSOLS DU SAHARA. THESE DOCT D'ETAT. FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE STRASBOURG. 346P.
- 43- ECHEVARRIA G. SALINISATION DES SOLS: PROCESSUS, CAUSES, EFFETS ET GESTION DES SOLS SALES. MODULE "RESSOURCES AGRICULTURE ENVIRONNEMENT". INRA.
- 44-EILERS ET AL.,. 2001- SALINISATION DU SOL. C.R.E.C.O, CANADA, 8 PAGES.
- 45- EXTENSION DE LA SALINISATION ET STRATEGIES DE PREVENTION ET REHABILITATION, 2006: CONFERENCE ELECTRONIQUE SUR LA SALINISATION : ORGANISE ET COORDONNEE PAR : IPTRID (PROGRAMME INTERNATIONAL POUR LA TECHNOLOGIE ET LA RECHERCHE EN IRRIGATION ET DRAINAGE); HERBERGEE PAR: FAO ; MODERE PAR: LE PROJET CISEAU (CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU AGRICOLE ET SES USAGES) DISPONIBLE SUR :
- WWW.AGRIRESEAU.QC.CA/AGROENVIRONNEMENT/DOCUMENTS/SALINISATION_IRRIGATION.PDF
- 46- FAO., 1984- MISE EN VALEUR ET AMELIORATION DES TERRES ; TRAITEMENTS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET ORGANIQUES, AMENDEMENTS CHIMIQUES ET ORGANIQUE.

- 47- FLORES P ET ALL... , (2000): IONIC AND OSMOTIC EFFECTS ON NITRATE REDUCTASE ACTIVITY IN TOMATO SEEDLINGS. J. PLANT PHYSIOL. 156, 552–557.
- 48- FRANCOIS., 1987- IN BOURAHLA L., 1991 - VARIATION SAISONNIERE DE LA SALINITE DANS LA REGION DE RELIZANE (EFFET DE LA PLUVIOMETRIE SUR LA LIXIVIATION DES SELS). MEMOIRE, D'ING AGRO, UNIV DE TIARET. 43 PAGES.
- 49-GADALLAH, 1999 IN HAOUALA ET AL., 2007 - EFFET DE LA SALINITE SUR LA REPARTITION DES CATIONS (Na^+ , K^+ ET Ca^{2+}) ET DU CHLORE (Cl^-) DANS LES PARTIES AERIENNES ET LES RACINES DU RAY-GRASS ANGLAIS ET DU CHIENDENT, P. 235-244. DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.PRESSESAGRO.BE/BASE/TEXT/V11N3/235.PDF](http://www.pressesagro.be/base/text/v11n3/235.pdf)
- 50- GALLILI TH., 1980- TRANSFERT SELS - MATIERE ORGANIQUE EN ZONES ARIDES MEDITERRANEENNES. UNIV. NANCY INPL.
- 51-GASMI A., 1989 - AMELIORATION DES PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS SALES PAR L'ACTION COMBINEE DE LA PAILLE DE BLE ET DU PHOSPHOGYPSE. MEMOIRE D'ING AGRO, UNIV DE TIARET.
- 52- GILBERT G, SYLVIE B., 1974- GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DES TERRAINS SALES. CILF, 230P.
- 53-HAJJI., 1980 IN HAOUALA ET AL., 2007- - EFFET DE LA SALINITE SUR LA REPARTITION DES CATIONS (Na^+ , K^+ ET Ca^{2+}) ET DU CHLORE (Cl^-) DANS LES PARTIES AERIENNES ET LES RACINES DU RAY-GRASS ANGLAIS ET DU CHIENDENT, P. 235-244. DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.PRESSESAGRO.BE/BASE/TEXT/VLLN3/235.PDF](http://www.pressesagro.be/base/text/vlln3/235.pdf)
- 54- HALITIM., 1973- ETUDE EXPERIMENTALE DE L'AMELIORATION DES SOLS SODIQUES D'ALGERIE. THESE DOC. U.E.R DES SCIENCES BIOLOGIQUES.
- 55- HALITIM A., 1985- CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS DES ZONES ARIDES (HAUTES PLAINES STEPPIQUES D'ALGERIE). MORPHOLOGIE, DISTRIBUTION ET ROLE DES SELS DANS LA GENESE ET LE COMPORTEMENT DES SOLS. THESE DE DOCTORAT D'ETAT, UNIVERSITE DE RENNES, 383 P.
- 56- HALITIM A., 1988 - SOLS DES REGIONS ARIDES D'ALGERIE. O.P.U.
- 57- HAMZA., 1977 IN HAOUALA ET AL., 2007 - EFFET DE LA SALINITE SUR LA REPARTITION DES CATIONS (Na^+ , K^+ ET Ca^{2+}) ET DU CHLORE (Cl^-) DANS LES PARTIES AERIENNES ET LES RACINES DU RAY-GRASS ANGLAIS ET DU CHIENDENT, P. 235-244. DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.PRESSESAGRO.BE/BASE/TEXT/V11N3/235.PDF](http://www.pressesagro.be/base/text/v11n3/235.pdf)
- 58- HANDJ ET AL, 1995 IN SINOUSSE, 2001- VALORISATION DES EAUX SALINES POUR LA NUTRITION MINERALE.
- 59-HENIN S., ET ALL., 1969.- LE PROFIL CULTURAL. L'ETAT PHYSIQUE DU SOL ET SES CONSEQUENCES AGRONOMIQUES. EDITION MASSON ET CIE. 332 PAGES.

- 60- HERNANDEZ ET AL., 1999 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, P 349.
- 61-HIMOUR SARA; 2008 - THESE DE MAGISTER, COMPAREE DE REGENERATION DES PLANTS PAR VOLE VEGETATIVE EN CULTURE IN VITRO, UNIVERSITE DE MENTOURI-CONSTANTINE.
- 62- HIOUANI ET BENSAID., 2009- EFFET DE LA SALINITE SUR LA RETENTION EN EAU DES SOLS GYPSEUX DE LA REGION DE AIN BENOU (BISKRA), COURRIER DU SAVOIR - N°09, MARS 2009, PP.85-89
- 63- INSID., 2008- LES SOLS SALINS EN ALGERIE., INSTITUT NATIONAL DES SOLS, DE L'IRRIGATION ET DU DRAINAGE; JUILLET 2008.
- 64-IYENGAR ET REDDY., 1996 IN PARIDA A.K, DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, 349 P.
- 65- KENNEDY ET FILLIPPIS., 1999 IN PARIDA 2005-SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON: PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, 349 P.
- 66-KHAN., 2001 IN HAOUALA ET AL., 2007- EFFET DE LA SALINITE SUR LA REPARTITION DES CATIONS (Na⁺, K⁺ ET Ca²⁺) ET DU CHLORE (Cl⁻) DANS LES PARTIES AERIENNES ET LES RACINES DU RAY-GRASS ANGLAIS ET DU CHIENDENT, P. 235-244. DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.PRESSESAGRO.BE/BASE/TEXT/V11N3/235.PDF](http://www.pressesagro.be/base/text/v11n3/235.pdf)
- 67-KOA ET AL., 2001 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, 349 P.
- 68- KOULL N., 2007- EFFETS DE LA MATIERE ORGANIQUE SUR LES PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS SABLEUX DE LA REGION DE OUARGLA. MEMOIRE, MAGISTERE, QUARGLA.
- 69- KOVDA ET SAMOILOVA., 1969. TOLERANCE DES PLANTES AUX SELS EN SOLUTION DANS L'EAU D'IRRIGATION ET DANS LE SOL. SCETICGR, 10 P.
- 70- KURBAN ET AL., 1999 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, 349 P.
- 71- NEDIRAOUID., ET AIDOUD A.1982 - EVALUATION DES RESSOURCES PASTORALES DANS LES HAUTES PLAINES STEPPIQUES DU SUD ORANAIS. PRODUCTIVITE ET VALEURS PASTORALES DES PARCOURS. BIOCENOSE N°2.P 43-62
- 72-NIMBALKAR J., 1975. IN HAOUALA ET AL., 2007- EFFET DE LA SALINITE SUR LA REPARTITION DES CATIONS (Na⁺, K⁺ ET Ca²⁺) ET DU CHLORE (Cl⁻) DANS LES PARTIES AERIENNES ET LES RACINES DU RAY-GRASS ANGLAIS ET DU CHIENDENT, P 235-244 DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.PRESSESAGRO.BE/BASE/TEXT/N235 PDF](http://www.pressesagro.be/base/text/n235.pdf)

- 73- PARIDA A.K., DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60. PP 324-349.
- 74- POUGET M., 1968 - CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CROUTES ET LES ENCROUTEMENTS GYPSEUX DE NAPPE DANS LE SUD TUNISIEN. CAH. ORSTOM, SERIE PEDOL. 6, PP 309-365.
- 75- POUGET M., 1976; -LES PLAGES DE SALURE SUR LES GLACIS QUATERNAIRES A CROUTES CALCAIRES (STEPPE ALGERIENNES). REU. SCI. DE LA TERRE. PARIS 340P.
- 76- QUEZEL. P ET SANTA. S, 1963- NOUVELLE FLORE DE L'ALGERIE ET DES REGIONS DESERTIQUES MERIDIONALES. C.N.R.S. PARIS. 2 VOL. 1170P.
- 77- RIBEIRO R.M., MOUREAUX CLAUDE, NOVIKOFF ANDRE., 1976- ETUDE COMPARATIVE DE L'ALTERATION MICROBIENNE DES DIFFERENTS MINERAUX CONSTITUANTS D'UNE DIABASE, CAHIER ORSTOM. SERIE PEDOLOGIE, 1976, 14(2), p. 161-168. DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.DOCUMENTATION IRD.FR/HOR/FDI:18546](http://www.documentation.ird.fr/hor/FDI:18546)
- 78- RICHARDS (L. A)., 1954. DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF SALINE AND ALKALI SOILS. USDA AGRI. AND BOOK- 60.
- 79-ROMEROARANDA ET AL., 2001 IN PARIDA A.K, DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY, VOL.60, 349 P.
- 80- S.O.G.R.E.A.H, 1961- ETUDE PEDOLOGIQUE DU PERIMETRE DE BOU-SAADA. ETUDE. SES. ALGER.
- 81-SERRAZ ET AL., 1998 IN PARIDA A.K, DAS A.B., (2005): SALT TOLERANCE AND SALINITY EFFECT ON PLANTS: REVIEW. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY. VOL.60, 349 P.
- 82- SERVANT J.M., 1971- LE PROFIL SALIN DES SOLS, METHODES D'ETUDES ET SIGNIFICATION. APPLICATION AUX SOLS HALOMORPHES DU MIDI DE LA FRANCE. ANN. AGRO. 24.3, 392 P.
- 83- SERVANT (J.), 1978. - LA SALINITE DANS LES SOLS ET LES EAUX. CARACTERISATION ET PROBLEMES D'IRRIGATION-DRAINAGE. BULL. DU BRGM, SECTION IV, N° 2.142P.

Résumé :

La présente initiative de travail dans ce contexte a pour but de valoriser les terres salées par des moyens non coûteux par rapport au système de drainage qui demande des grands moyens.

L'objectif de notre travail consiste à améliorer les rendements des plantes cultivées en sols salés, par des pratiques culturales qui contribuent à rétablir la structure ou/et le bilan hydrique du sol.

Pour mettre en évidence l'importance de l'utilisation des pratiques culturales dans l'amélioration de la productivité des sols salins, nous avons choisi trois plantes sensibles à la salinité (carotte, pomme de terre et pastèque), les pratiques culturales adoptés pour ce travail sont l'amendement organique, mode d'irrigation, brise-vent et la prégermination.

Nos résultats du suivi de l'effet des pratiques culturales sur l'évolution de la conductivité électrique et la structure du sol cultivé une amélioration considérable par rapport aux essais témoins.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une corrélation significative positive entre les pratiques culturales (matière organiques, mode d'irrigation, prégermination et les haies brise-vent) adoptés et l'augmentation des rendements pour les quatre types de cultures.

الملخص:

من أجل تحسين مردودية النباتات المزروعة في الأتربة المالحة لابد للزراعة العقلانية أن تتجه نحو تطبيق الممارسات الزراعية كحل للإنتاج الزراعي في مثل هذه الشروط التي تؤثر على المحاصيل.

هذا العمل المقترح في هذا الصدد يهدف إلى تقويم واستصلاح الأتربة المالحة بأساليب أقل تكلفة من طريقة التعريف التي تتطلب تكاليف باهضة الثمن.

يهدف هذا العمل إلى تحسين مردودية النباتات المزروعة في الأتربة المالحة بالممارسات الزراعية التي تساهم في معالجة البنية والمخزون المائي للتربة.

من أجل تبيان أهمية استعمال الممارسات الزراعية في تحسين إنتاجية الأتربة المالحة قمنا باختبار ثلاث نباتات حساسة للملوحة (الجزر، البطاطس، البطيخ) وعاملناها بتقنيات فلاحية اعتمدناها في هذا العمل (التعديل العصوي، طريقة الري، الإنتاش الميكرو، كاسرات الرياح).

نتائجنا لملاحظة أثر التقنيات الفلاحية على تطور الناقلية الكهربائية وبنية التربة المزروعة أعطت تحسن محسوس بالنسبة للعينات الشاهدة.

النتائج المحرزة أثبتت أن هناك صلة بليغة إيجابية بين الممارسات الزراعية المتبعة وارتفاع مردود النباتات الأربع المزروعة.

Summary:

To maximize yields of crops in saline soils, sustainable agriculture must be addressed to the cultural practices as a solution to agricultural production in these hostile conditions that prevent the maximization of harvests.

This initiative to work in this context aims to enhance the salty lands by means not expensive compared to the drainage system that requires drastic measures.

The objective of our work is to improve yields of crops in saline soils by farming practices that help restore the structure or/and soil water balance.

To highlight the importance of using cultural practices in improving the productivity of saline soils, we chose three plants sensitive to salinity (carrot, potato and watermelon), cultural practices adopted for this work are the organic soil, irrigation methods, windbreaks and pre-germination.

Our results of monitoring the effect of cultural practices on the evolution of electrical conductivity and soil structure grown by providing a significant improvement to the control tests.

The results obtained show that there is a significant positive correlation between agriculture (organic material, method of irrigation, pre-germination and shelterbelts) adopted and increasing yields for four crops