

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire

Master ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Agronomie

Spécialité : protection de la ressource sol-eau et environnement

Présenté par : M^{elle} HADDAD Soumia

&

M^{elle} ABBES Khadidja

Thème

Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université Kasdi Merbah de Ouargla

Soutenu publiquement

Le : 03 / 06 /2015

Devant le Jury :

Promoteur	DADDI BOUHOUN M.	M.C.A. (U. K .M. Ouargla)
Président	LADJICI A.	M.A.A. (U. K. M. Ouargla)
Examineur	BERKAL I.	M.A.A. (U. K. M. Ouargla)

Année universitaire : 2014/2015

Remerciement

Nous remercions Allah tout puissant de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.

*Nous remercions chaleureusement notre promoteur **Mr. DADDI BOUHOUN M** Pour son aide, ses encouragements et ses conseils judicieux durant toute la période de notre travail.*

*Nous tiens à remercions **M. LADJICI A** pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présider de jury. Nous tiens également à remercions **M.BERKAL S** pour avoir acceptés la lourde charge d'évaluer ce mémoire et d'en être l'examineur.*

*Nous adressons aussi nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de l'université d'**OUARGLA** qui ont contribué à notre projet.*

*Nous remercions également nos parents pour leurs aides et leurs soutiens
Nous remercions le directeur et travailleurs CRSTRA de Tougourt. Pour leur aide et la facilitation de travail au niveau de laboratoire.*

Doivent être également remercions tous les professeurs du département et nous collègues de 2eme master protection de la ressource sol-eau et environnement et toute personne qui a participé de près ou de loin, de façon directe ou indirecte, à la réussite de ce travail.

Table de matière	
Introduction	01
Partie I. Synthèse bibliographique	
Chapitre I. Présentation de la région d'étude	
1. Situation géographique	03
2. Topographie	03
3. Climat	04
3.1. Température	04
3.2. Précipitation	05
3.3. Humidité relative	05
3.4. Vent	05
3.5. Classification du climat	05
3.5.1. Diagramme ombrothermique	05
3.5.2. Climagramme d'EMBERGER	05
4. Géologie	06
5. Géomorphologie	07
6. Hydrogéologie	08
6.1. Nappe phréatique	09
6.2. Nappes du Complexe Terminal	08
6.2.1. Nappe du Miopliocène	09
6.2.2. Nappe du Sénonien	09
6.4. Nappe du Continental Intercalaire	09
7. pédologie	09
Chapitre II. Salinisation des sols	
1. Définition	10
2. Origine de la salinité des sols	10
3. Extension et localisation de la salinité	10
3.1. Salinité dans le monde	10
3.2. Salinité en Algérie	10
4. Causes de la salinité des sols	11
5. Types de salinisation	12
5.1. Salinisation primaire	12
5.1.1. Salinisation géologique	12
5.1.2. Salinisation marine et lagunaire	12
5.2. Salinisation secondaire	12
6. Techniques de diagnostic de la salinité des sols	13
6.1. Conductivité électrique	13
6.2. pH du sol	13
7. Classification des sols salés	14
7.1. Sols salins	14
7.2. Sols salins à alcali	14
7.3. Sols à alcali	15
8. Effets de la salinité sur l'environnement édaphique	15
8.1. Effets sur les propriétés physiques	15
8.2. Effets sur les propriétés chimiques	16
9. Mise en valeur des sols salés	16

Partie II. Matériels et méthodes d'étude	
Chapitre III. Matériels d'étude	
1. Station d'étude	17
1.1. Présentation de l'exploitation	17
1.1.1. Historique	17
1.1.2. Localisation de l'exploitation	17
2. Choix du site d'étude	18
2.1. Occupation du sol	18
2.2. Irrigation	18
2.3. Drainage	20
Chapitre IV. Méthodes d'étude	
1. Approche méthodologique	21
1.1. Caractérisation hydro-édaphique	22
1.1.1. Caractérisation hydrique	22
1.1.2. Caractérisation édaphique	22
1.1.2.1. Étude morphologique des sols	22
1.1.2.2. Étude analytique des sols	23
1.2. Variabilité spatiale des contraintes hydro-mécaniques et d'enracinement	23
1.3. Recommandation de mise en valeur	24
1.3.1. Conduite culturale	24
1.3.2. Pilotage de l'irrigation-drainage	24
2. Méthodes d'analyse	26
2.1. Méthodes d'analyse des eaux	26
2.2. Méthodes d'analyses des sols	26
Partie III. Résultats et discussions	
Chapitre V. Caractérisation hydro-édaphique	
1. Caractérisation hydriques	28
1.1. Etude de l'irrigation	28
1.1.1. Gestion de l'irrigation	28
1.1.2. Qualités de l'eau d'irrigation	28
1.2. Etude du drainage	29
2. Caractérisation édaphique	29
2.1. Sols du demi-secteur A1	30
2.1.1. Etude morphologique	30
2.1.2. Etude analytique	32
2.2. Sols du demi-secteur C1	33
2.2.1. Etude morphologique	34
2.2.2. Etude analytique	35
3. Conclusion	36
Chapitre VI. Variabilité spatiale des contraintes hydro-édaphiques et d'enracinement	
1. Variabilité spatiale des contraintes hydriques-édaphiques	38
1.1. Variabilité spatiale des eaux phréatiques	38
1.2. Variabilité spatiale des obstacles mécaniques	39
1.3. Variabilité spatiale de la salinité	41
2. Variabilité spatiale de l'enracinement	43
3. Conclusion	45

Chapitre VII. Recommandation de mise en valeur	
1. Recommandation de conduite culturale	46
2. Recommandation de pilotage de l'irrigation-drainage	47
2.1. Recommandation de drainage	47
2.2. Recommandation de pilotage d'irrigation	47
3. Conclusion	48
Conclusion générale	50
Références bibliographiques	52
Annexes	56

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
p	Profil
I.T.A.S	Institute technologique d'agronomie saharienne
C.E	Conductivité électrique.
C.E.e1:5	Conductivité électrique de l'extrait 1:5 des sols
C.E.C	Capacité d'Echange Cationique
O.N.M	Office National de Météorologie
pH	Potentiel d'hydrogène
ESP	Pourcentage de Sodium Exchangeable
F.A.O	Food and Agriculture Organisation

Liste des tableaux

Tableaux N°	Titres	Pages
I	Données climatiques de la région de Ouargla entre 2004 et 2014 (O.N.M. Ouargla, 2015)	04
II	Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)	11
III	Echelle de la salinité pour l'extrait 1/5 (AUBERT, 1978)	13
IV	Echelle de pH des sols pour l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)	14
V	Caractéristiques des différentes catégories de sols salés (MERMOUD, 2006)	14

Liste des figures

Figures N°	Titres	Pages
1	Situation géographique de la région d'Ouargla (DADA MOUSSA, 2007)	03
2	Diagramme ombrothermique à Ouargla entre 2004 et 2014	06
3	L'étage bioclimatique de Ouargla dans le climagramme d'EMBERGER	07
4	Approche méthodologique de l'étude	21
5	Localisation des profils culturaux d'étude à l'exploitation	22
6	Profil d'enracinement du palmier dattier (DADDI BOUHOUN, 2010)	23
7	Caractéristiques analytiques des profils des sols dans le demi-secteur A1	32
8	Caractéristiques analytiques des profils des sols dans le demi-secteur C1	36
9	Variabilité spatiale des eaux phréatiques dans le demi-secteur A1	39
10	Variabilité spatiale des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses à l'exploitation	40
11	Variabilité spatiale de la salinité des sols à l'exploitation	42
12	Variabilité spatiale de la profondeur racinaire des palmiers dattiers à l'exploitation	44

Liste des photos

Photos N°	Titres	Pages
1	Photo satellitaire de l'exploitation de l'université (image Google Earth, 2015)	18
2	Situation des sites d'étude à l'exploitation	19
3	Forage du Miopliocène	19
4	Forage du Sénonien	19
5	L'état du réseau de drainage de l'exploitation	20
6	Mesure de la densité apparente sur terrain et au laboratoire	27
7	Mesure de l'humidité par l'appareil de RICHARD au laboratoire	27
8	L'état actuel du réseau de drainage de l'exploitation	20

Introduction Générale

Introduction

En zones arides, le taux élevé de sel dans le sol est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture (BAATOUR et al., 2004).

Le sol est une ressource naturelle à préserver pour l'agriculture et l'environnement. Il est soumis à une dégradation, de type physique et chimique, naturel et anthropique, notamment le déficit et l'excès d'eau, la compaction, la diminution de la fertilité et la salinisation (DADDI BOUHOUN, 2010).

La salinisation est l'un des aspects de la dégradation des sols dans le monde (McWILLIAM, 1986), C'est l'un des problèmes les plus sérieux qui touche l'agriculture irriguée dans les régions arides et semi-arides (SERVANT, 1970 ; DURAND, 1983).

Le problème peut être provoqué par l'apport des sels dissous dans l'eau d'irrigation ou par la salinité des sols. Les effets du drainage faible, la concentration des sels naturels et le niveau élevé de la nappe qui tendent à aggraver ce problème, en déplaçant ces sels dans la zone racinaire et vers la surface du sol (DADDI BOUHOUN, 2010).

L'activité agricole dans les régions sud de l'Algérie en général n'est possible qu'avec l'irrigation. Cette dernière repose presque totalement sur des eaux souterraines fossiles (HAMMIA, 2012). Les sols de la région d'Ouargla, sont parmi les sols affectés par les sels. Cette salinité est due à de multiples facteurs: l'aridité du climat, l'importance de l'évapotranspiration la remontée de la nappe phréatique qui nécessite une bonne gestion de l'irrigation-drainage (LEBSSISSE et ASMANI, 2014).

Dans ce contexte que s'insère notre travail de mémoire sur l'effet de la gestion de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à Ouargla. Cette étude s'intègre dans un axe de recherche de l'équipe pédologie au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides. Pour cela, nous avons choisi de réaliser cette étude à l'exploitation agricole moderne de l'université Kasdi Merbah de Ouargla, vu ces conditions hydro-mécaniques et de salinité variables ainsi que la disponibilité des moyens pour la réalisation d'un essai de pilotage d'irrigation-drainage.

L'objectif principal de notre travail à l'exploitation consiste à une caractérisation hydro-édaphique, une identification des contraintes hydro-mécaniques sur l'enracinement des palmiers dattiers par étude spatiale, une appréciation des effets de la conduite actuelle de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols et enfin proposé des recommandations de mise en valeur sur le plan de conduite cultural et le pilotage de l'irrigation-drainage.

Notre mémoire comporte trois parties, à savoir :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique, traitant deux chapitres essentiels : la présentation de la région ; la salinité.
- La deuxième partie illustre les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.
- Enfin, la troisième est inhérente aux résultats obtenus et leurs discussions.

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre I. Présentation de la région
d'étude

Chapitre II. Salinisation des sols

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique

La ville d'Ouargla, chef lieu de la wilaya d'Ouargla (Fig.1) est située au Sud-Est Algérien, au fond d'une cuvette très large de la vallée de l'Oued M'ya. A environ 800 Km d'Alger. La wilaya d'Ouargla couvre une superficie de 163.233 Km², elle est limitée :

- au nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El-Oued,
- à l'est par la Tunisie sur 500 Km,
- au sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Ilizi,
- à l'ouest par la wilaya de Ghardaïa.

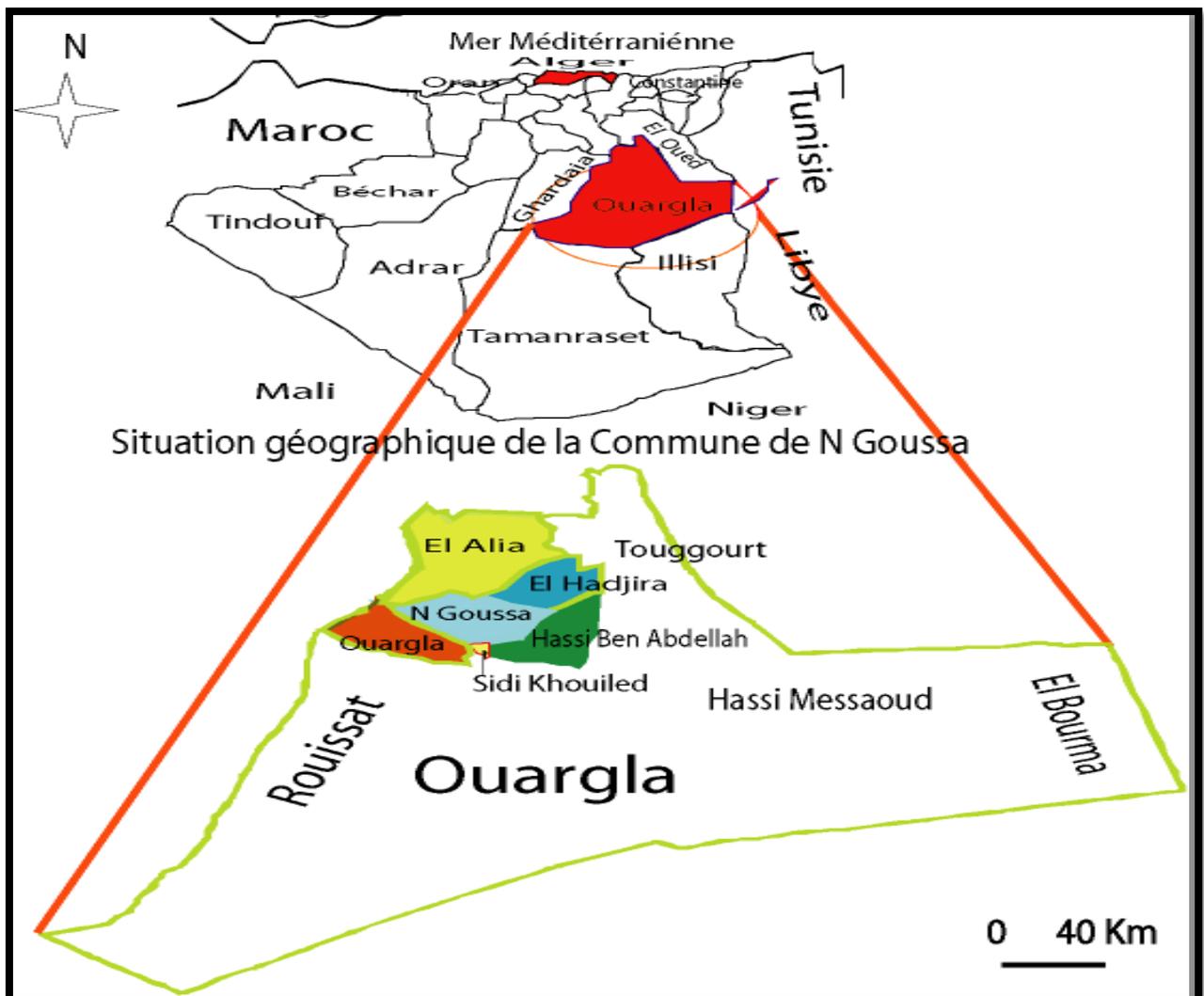


Figure 1. Situation géographique de la région d'Ouargla (DADA MOUSSA, 2007)

2. Topographie

Selon NASRAT (2007), le relief de la région de Ouargla est caractérisé par des pentes

légèrement inférieures à 1‰. Toute fois ce palier de pente n'est pas constant. La région de Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée fossile quaternaire de l'Oued M'ya descendant en pente douce au plateau de Tadmaït et qui se termine à 20 km au Nord de Ouargla avec une largeur de près de 45 km

3. Climat

Le climat de Ouargla est particulièrement contrasté, avec la latitude relativement septentrionale (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). La caractérisation climatique est réalisée à partir de la synthèse des données climatiques de 10 ans, entre 2004 et 2014, enregistré par l'office national de météorologie à Ouargla.

Tableau I. Données climatiques de la région de Ouargla entre 2004 et 2014 (O.N.M. Ouargla, 2015)

Mois	Température (°C)			Hr (%)	V (m/s)	P (mm)
	T moy	T max	T min			
Janvier	11,94	18,76	5,11	55,9	8,9	9,1
Février	13,97	21,09	6,84	36,8	12,5	1,23
Mars	18,41	25,82	11	34,6	17,4	3,92
Avril	22,8	30,36	15,25	22,2	12,9	2,11
Mai	27,33	34,89	19,77	22,6	18	1,45
Juin	32,54	40,29	24,80	19,6	18,4	0,68
Juillet	35,95	43,69	28,21	16,8	15,8	0,32
Août	35,07	42,85	27,3	17,1	14	1,7
Septembre	30,68	37,75	23,51	21,2	14,9	3,56
Octobre	24,89	32,18	17,6	27,2	10,9	5,73
Novembre	17,31	24,18	10,44	40,8	10,8	7,25
Décembre	12,63	19,23	6,05	54,8	9,4	4,63
Moyenne	23,62	30,92	16,32	30,8	13,65	41,68*

* Cumul

3.1. Température

La température moyenne annuelle est de 23,62 °C. En Juillet, pour le mois la plus chaud, elle est de 35,95°C. En Janvier, pour le mois le plus froid, elle est de l'ordre de 11,94°C (Tabl. I).

3.2. Précipitation

Les précipitations sont très rares et irrégulières. La valeur maximale est enregistrée durant le mois de janvier (9,1 mm) et le cumul annuel de pluviosité est de l'ordre de 41,68 mm (Tabl. I).

3.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air à Ouargla est très forte avec une moyenne annuelle de 30,8 % (Tabl. I). Elle atteint son maximum au mois de janvier (55,9 %) et son minimum au mois de juillet (16,8%).

3.4. Vent

Dans la région de Ouargla, les vents soufflent du Nord-Est et du Sud. Les vents les plus fréquents en hiver sont les vents d'Ouest tandis qu'au printemps les vents du Nord-Est et de l'Ouest dominent. En été, ils soufflent du Nord-Est et en automne du Nord-Est et Sud-Ouest (DUBIEF, 1963). Les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de 13,65 m/s. (Tabl. I)

3.5. Classification du climat

3.5.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953 in DADDI BOUHOUN, 1997) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté :

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

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ouargla, cette période s'étale sur toute l'année (Fig. 2).

3.5.2. Climagramme d'EMBERGER

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté, en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q3). Le quotient pluviométrique de STEWART est présenté par la formule suivante :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Q3: Quotient pluviométrique ;

P: Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm calculé pour les 10 ans ($P = 41,68$ mm) ;

M: Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud ($M = 43,69\text{ }^{\circ}\text{C}.$);

m: Moyenne des températures minima du mois le plus froid ($m = 5,11\text{ }^{\circ}\text{C}.$).

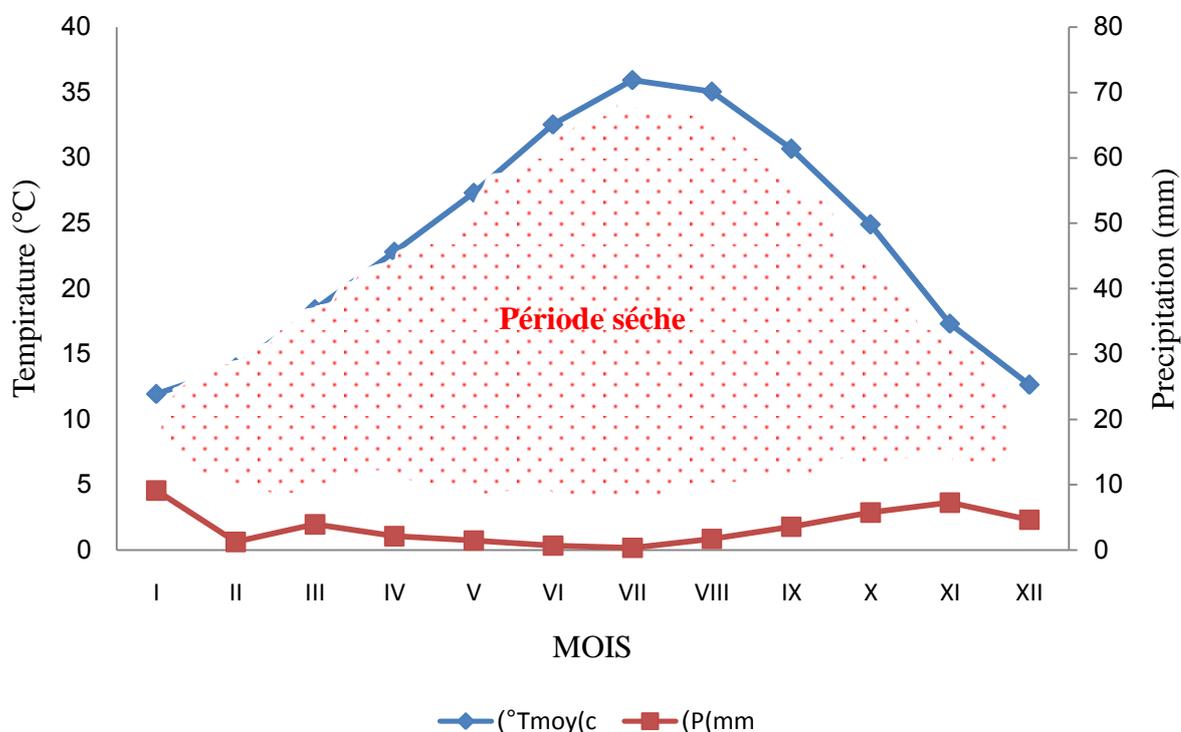


Figure 2. Diagramme ombrothermique à Ouargla entre 2004 et 2014

Le quotient pluviométrique (Q3) de la région d'Ouargla calculé pour une période de dix ans (2004-2014) est égal à 4,83. En rapportant cette valeur sur le Climagramme d'EMBERGER, accompagnée de la valeur de la température minimale ($m = 5,11\text{ }^{\circ}\text{C}.$) du mois le plus froid, on constate que la région d'Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 3).

4. Géologie

D'après la carte géologique de Constantine au 1/500 000 réalisée par les services géologiques de l'Algérie (1951 in BEN BRAHIM, 2001), le relief de Ouargla est constitué de roches sédimentaires, d'alluvions et de colluvions dérivés des :

- Marnes jaunâtres plus ou moins gréseuses, salées et gypseuses.
- Calcaires jaunâtres ou ocre gréseux ou marneux.
- Argiles sableuses rouges à ocres, salées et gypseuses.
- Grès, sables et conglomérats.
- Calcaires lacustres.
- Sables récents du quaternaire.

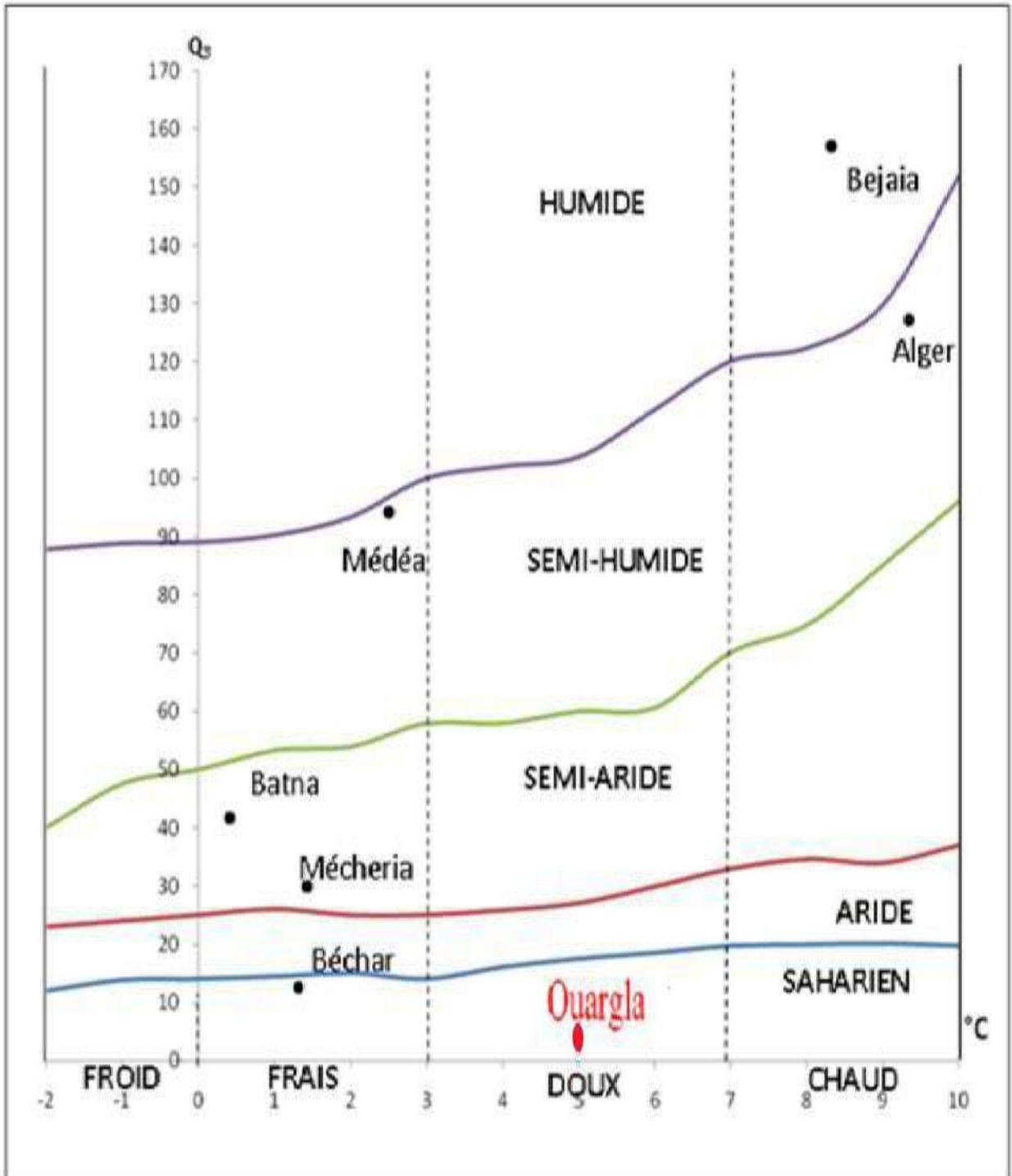


Figure.3. L'étage bioclimatique de Ouargla dans le climagramme d'EMBERGER

5. Géomorphologie

La cuvette de Ouargla appartient au sous-bassin saharien. Elle est située dans la basse vallée fossile de l'Oued M'ya où on distingue les unités géomorphologiques suivantes (NASRAT, 2007) :

- 1. Hamada du Miopliocène :** c'est une formation continentale détritique située à l'Ouest de Ouargla, et qui s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Elle est fortement

érodée, laissant une série de buttes témoins ou Goures.

2. **Glacis** : situé sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent en quatre niveaux allant de 200 m à 140 m. Les glacis dont les hauteurs varient de 180 à 160 mm sont très visibles et caractérisés par l'affleurement du substrat gréseux du Miopliocène. La pente de ce dernier est faible, et souvent recouverte de sables et de graviers. A l'Est de la cuvette se trouve un vaste glacis alluvial à sable grossier, de 150 m d'altitude.
3. **Sebkhas et chotts** : elles constituent le niveau le plus bas. Le chott qui correspond au centre de la sebkha est constitué des sols gypseux en surface. Souvent la nappe phréatique affleure en surface au centre de la sebkha. Au Nord de la ville de Ouargla 136 m d'altitude, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkhet Sefioune 103 m d'altitude.
4. **Dunes** : ce sont des formations éoliennes récentes en petit cordons, d'environ 150 m d'altitude, occupent la partie Est et Sud de la cuvette et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'Oued M'ya.

6. Hydrogéologie

Les formations géologiques de la région de Ouargla contiennent deux grands ensembles de formation aquifère : le Continental Intercalaire à la base et le Complexe Terminal au sommet. Une troisième formation d'importance plus modeste s'ajoute aux deux précédents: la nappe phréatique ou nappe superficielle (NASRAT, 2007).

6.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Elle se localise principalement dans la vallée de Oued Righ et dans la cuvette de Ouargla. Elle est caractérisé par son niveau piézométrique très variable, mais très proche de la surface par endroit (NEZLI, 2009). Cette nappe s'écoule du sud vers le nord, suivant la pente de la vallée. Sa profondeur varie de 1 à 8 m en fonction du lieu et de la saison. Les analyses des eaux de la nappe phréatique montrent qu'elle est très salée, avec une conductivité électrique de l'ordre de 5 à 10 dS/m, et dépassant parfois les 20 dS/m (MAHANI, 2006).

6.2. Nappe du complexe terminal

La nappe du complexe terminal s'étend sur une superficie d'environ 350 000 km². Dans le bassin occidental, il se confond avec le complexe intercalaire sous le grand erg occidental, alors que dans le bassin oriental, il forme un aquifère nettement distinct. Le complexe terminal regroupe des formations aquifères contenues dans les horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Le Complexe Terminal (CT) comprend deux nappes différentes qui de haut en bas sont le Miopliocène et le Sénonien (IDDER, 2006).

6.2.1. Nappe du Miopliocène

Elle est appelée aussi nappe des sables, et fût à l'origine des palmeraies irriguées. Elle s'écoule du sud-ouest vers le nord-est, en direction du chott Mèlghir. La salinité de la nappe est très variable 4,7 à 8,3 dS/m (BOUZIANE et SLIMANI, 2012).

6.2.2. Nappe du Sénonien

La nappe artésienne du sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. La salinité de cette nappe est très variable 3,8 à 5,5 dS/m. Elle est surtout utilisée pour l'alimentation en eau potable (YOUCEFI, 2011).

6.3. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du continental intercalaire ou albiennaise est une nappe fossile fortement artésienne qui n'est pas réalimentée par la climatologie actuelle. Elle est captée à plus de 1000 m au centre du Sahara et affleure dans la région d'Adrar et Timimoune. Les eaux du Continental Intercalaire sont caractérisées par une température qui dépasse parfois les 60°C (MERABET, 2011 ; YOUCEFI, 2011). La salinité moyenne de cette nappe est d'environ 2,4 dS/m (BOUZIANE et SLIMANI, 2012).

7. Pédologie

La région de Ouargla est caractérisée par des sols à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, une activité biologique faible, un PH alcalin, une forte salinité et bonne aération (**ROUVILOIS-BRIGOL, 1975**).

D'après **HALILAT (1993)**, la typologie des sols de la région est comme suite :

- ✧ Sol salsodique
- ✧ sol Hydromophe
- ✧ sols minéraux brutes

Chapitre II. Salinisation des sols

1. Définition

La salinisation est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol, il s'en suit une diminution des rendements, et à terme, une stérilisation du sol (MERMOUD, 2006).

2. Origine de la salinité

Les origines de la salinité des sols sont multiples, divisées en deux principales origines: primaire et secondaire. La salinité d'origine primaire est de types marins, volcanique et géologique (GAUCHER et BURDIN, 1974), et celle d'origine secondaire est causée par les eaux d'irrigation salées en présence d'une mauvaise conduite de l'irrigation-drainage (CHERBUY, 1991), et par excès de fertilisation minérale (ARAGUES, 1983). Le niveau élevé de la nappe phréatique tend à aggraver ce problème, en déplaçant les sels solubles dans la zone racinaire et vers la surface du sol (HORNEY et al., 2005).

La salinisation secondaire existe depuis longtemps en agriculture, particulièrement dans les régions arides et semi-arides. Elle a causé la stérilisation de plusieurs régions dans le monde Chine ancienne, Vallées indiennes et sud de l'Amérique (SZABOLOCS, 1986). La salinisation est un problème général au Sahara. Il est causé par la non maîtrise de l'irrigation-drainage dans les palmeraies (DURAND, 1958). Le drainage reste difficile dans les régions du Sud Est algérien soumises au phénomène de remontée des eaux phréatiques, qui ont un problème d'exutoire pour les eaux de drainage (CÔTE, 1998).

3. Extension et localisation de la salinité

3.1. Salinité dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. La surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectare, soit 23 % des terres cultivées (Tabl. II). Le premier continent le plus affecté par la salinité est l'Asie et l'Afrique occupe l'avant dernière place (FAO, 2008). Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (Durand, 1983 ; FAO, 2005).

3.2. Salinité en Algérie

En Algérie, de l'Est à l'Ouest et de la côte au Sahara, les sols agricoles sont, dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptible de l'être (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1973). D'après HALITIM (1988), dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25 % de

la surface cartographiée, soit 3,2 millions d'hectares. Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (DAOUD, 1993).

Tableau II. Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

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

Les sols salins sont très répons dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Rélizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme chott Melrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà (DURAND, 1983). Leur conductivité électrique est supérieure à 7 dS/m, sur l'ensemble du profil et le pourcentage de sodium échangeable sur la capacité d'échange cationique (C.E.C.) est variable de 5 à 60 % (AUBERT, 1975 ; HALITIM, 1988).

4. Causes de la salinité des sols

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline et les pratiques culturales sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (ASHRAF et FOOLAD, 2007 in Hammia, 2012). La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (DENDEN et *al.*, 2005 in Hammia, 2012).

L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre. Environ la moitié des systèmes d'ion existant du monde sont sous l'influence de la salinisation. De tels sols défavorables, de faible fertilité sont généralement peu convenables pour la production agricole, entraînant la

réduction inacceptable de rendements. En raison du besoin accru de distribution de la production alimentaire et de l'augmentation des sols affectés par la salinité (Hammia, 2012).

5. Types de salinisation

5.1. Salinisation primaire

La salinisation primaire est naturelle, d'origine variable : géologique, marine et lagunaire.

5.1.1. Salinisation géologique

Les sels solubles peuvent provenir (SERVANT, 1978) :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques et magnésiques. En régions arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place, dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires (Trias, tertiaire et quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcaniques.

Dans les régions côtières, intrusion d'eau salée ou submersion des terres basses, inondations périodiques par de l'eau de mauvaise qualité. Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MEMOUD, 2006 in Hammia, 2012).

5.1.2. Salinisation marine et lagunaire

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes, sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (GAUCHER et BURDIN, 1974).

5.2. Salinisation secondaire

La salinisation secondaire ou anthropique affecte les sols ayant acquis une personnalité pédologique. Elle entraîne l'apparition du caractère halomorphe sur des sols exempts de salinité ou accentuent la salinité acquis naturellement (ABBANI B, et ABDELALI Y, 2005 in Hammia, 2012) par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (MEMOUD, 2006 in Hammia, 2012).

La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (IPTRID, 2006 in Hammia, 2012).

La salinisation liée à l'irrigation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par les eaux salées d'irrigation, aboutissant à la formation d'un sol salin.

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol, en générant un apport d'eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleur qualité contient des sels dissous et avec les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (LAHLOU et al, 2002).

6. Techniques de diagnostic de la salinité des sols

Le diagnostic de la salinité des sols se base sur un ensemble de mesures physico-chimiques (C.E., pH et C.E.C.) et chimiques (cations solubles, anions soluble et sodium échangeable). Ces paramètres nous permettent d'apprécier le degré et la charge saline ainsi que le faciès chimique des sels et le taux de sodium échangeable. La mesure de la conductivité électrique et du pH nous permettons d'estimer la salinité globale dans le sol.

6.1. Conductivité électrique

D'après AUBERT (1978), la salinité est mesurée par la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (C.E._s) ou l'extrait diluée avec un rapport eau : sol variable (ex. C.E._{1:5}) du sol. Elle est exprimée en dS/m à 25 °C et appréciée selon l'échelle de salinité (Tabl. III).

Tableau III. Echelle de la salinité pour l'extrait 1/5 (AUBERT, 1978)

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

6.2. pH du sol

La notion de pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol en condition saline. Le pH varie généralement de très acide à très alcalin (Tabl. IV). Il devient hyperalcalin avec l'augmentation du taux de sodium échangeable dans le sol (SOLTNER, 1989).

Tableau IV. Echelle de pH des sols pour l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)

pH	Classes
5 à 5.5	Très acide
5.4 à 5.9	Acide
6 à 6.5	Légèrement acide
6.6 à 7.2	Neutre
7.3 à 8	Alcaline
> 8	Très alcaline

7. Classification des sols salés

Il existe plusieurs classifications des sols dans le monde. La classification américaine, française, russe et celle de la FAO (1975). Parmi ces classifications, celle proposée par (U.S.S.L, 1954), et aussi celle proposée par (DUCHAUFOR, 1977 et CHERBUY, 1991) qui voient en ces sols, trois grandes classes : sols salins, sols salins à alcali et sols à alcali. Ils varient en fonction des niveaux de salinité, de sodicité et de pH (Tabl. V).

Tableau V. Caractéristiques des différentes catégories de sols salés (MERMOUD, 2006)

Catégorie	CE à 25°C (mS.cm⁻¹)	ESP (%)
Sols salins	> 4	< 15
Sols salins à alcali	> 4	> 15
Sols à alcali	< 4	> 15

7.1. Sols salins

Les sols salins sont caractérisés par une conductivité électrique de l'extrait de saturation supérieur à 4 dS/m, un pH inférieur à 8,5 et un pourcentage de sodium échangeable inférieur à 15 %. Ce sont des sols qui contiennent des sels solubles en quantités, telle que la croissance de la plupart des plantes y est freinée (HULLIN, 1983).

Les sols salins présentent aussi une perméabilité égale ou supérieure à celle des sols similaires non salés. Cela est dû à l'action flocculant des sels (DAOUD, 1993). Ces sols sont pauvres en sodium, mais riches en sels blancs (chlorures, sulfates, carbonates de calcium ou de magnésium). Ils sont généralement à l'état flocculé, permettant un lessivage efficace (MERMOUD, 2006).

7.2. Sols salins à alcali

Les sols salins à alcali sont caractérisés par une conductivité électrique de l'extrait de saturation supérieur à 4 dS/m et un pH supérieur à 8,5. Par définition ce sont des sols qui contiennent suffisamment de sels solubles et de sodium échangeable supérieur à 15 % (HULLIN, 1983).

D'après, la perméabilité de ces sols dépend du rapport entre CE-ESP, de la teneur et de la nature de la fraction argileuse des sols (DAOUD, 1993). La structure de ces sols généralement bonne mais pouvant se dégrader considérablement lors de lessivage. Elle nécessite d'apports de cations de substitution (MERMOUD, 2006).

7.3. Sols à alcali

Les sols à alcali sont caractérisés par une conductivité électrique de l'extrait de saturation inférieur à 4 dS/m, un pH compris entre 8,5 et 10 avec un pourcentage de sodium échangeable supérieur à 15%. Ces sols contiennent suffisamment de sodium échangeable mais ils ne contiennent pas des quantités excessives de sels solubles (HULLIN, 1983).

Les sols présentent une faible perméabilité (DAOUD, 1993). Ils sont riches en sodium, foncés en raison de la dispersion de la matière organique. Le lessivage est difficile et nécessite de remplacer le Na par des cations bivalents comme le Ca qui favorisent la diminution de l'ESP, du pH et la floculation des colloïdes (MERMOUD, 2006).

8. Effets de la salinité sur l'environnement édaphique

L'excès de sel dans les sols modifie leurs propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (GREGORY, 2005 in HAOUALA et al., 2007). La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité des plantes ALLAKHVERDIEV et al. (2000, in PARIDA et DAS, 2005).

8.1. Effets sur les propriétés physiques

Les cations des sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquent (DUCHUFFOUR, 1976) :

- Structure dégradée;
- Réduction de la perméabilité;
- Mauvaise stabilité structurale;
- Faible disponibilité de l'eau à la plante.

8.2. Effets sur les propriétés chimiques

L'excès de sels présente un effet sur les propriétés chimiques, notamment sur le pH et l'ESP (HALITIM, 1973) :

- **pH** : la réaction du sol est influencée par la nature des sels. Ils ont un effet variable où certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4) et d'autres sont alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , NaCO_3).
- **ESP**: le taux de sodium échangeable a une grande importance dans les sols alcalins, car le sodium se concentre en grande quantité dans le complexe adsorbant sous forme échangeable. Tandis que dans les sols salés, la grande partie du sodium se trouve dans la solution du sol.

9. Mise en valeur des sols salés

La restauration des sols salins et leur mise en valeur nécessitent des investissements très importants qu'il faut les évaluer, afin de justifier sur le plan de rentabilité des investissements nécessaires pour les différentes phases. Une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite (OUSTANI, 2006) :

- L'élimination des excès de sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée). Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméable et que l'eau (pluie, irrigation) est abondante et de bonne qualité.
- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.
- La reconstitution de la fertilité par des amendements organiques et minéraux.

Deuxième partie

Matériels & Méthodes d'étude

Chapitre III. Matériels d'étude

Chapitre IV. Méthodes d'étude

Chapitre III. Matériels d'étude

1. Station d'étude

Notre station d'étude est située dans le fond de la cuvette de Ouargla, dans la région de Mekhadma, à l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla. Le choix a été porté sur cette ferme pour plusieurs raisons :

1. Palmeraie moderne, plurivariétale (prédominé par la Deglet Nour et le Ghars) et organisé (9 m x 9 m).
2. L'existence de contraintes hydro-édaphiques variables pour l'irrigation dans les sols : la salinité et les obstacles hydro-mécaniques de nappes phréatiques et mécaniques d'accumulation gypseuses, limitant l'enracinement des palmiers dattiers.
3. L'existence d'infrastructures hydrauliques nécessaires pour un essai de pilotage d'irrigation-drainage.

1.1. Présentation de l'exploitation

1.1.1. Historique

L'exploitation agricole de l'université de Ouargla (ex : I.T.A.S) à été crée en 1959, par le service colonial pour la mise en valeur, sous l'appellation de périmètre de "GARETCHEMIA". Elle est située au sud-ouest d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. Durant la première phase de la révolution agraire, le périmètre est passé en groupes de mise en valeur (G.M.V). En 1979, l'exploitation a été confiée à l'Institut Technologique d'Agriculture Saharienne (I.T.A.S). En 1992 l'exploitation est passée à l'Institut Nationale Supérieur d'Agronomie Saharienne (I.N.F.S.A.S). En 1997 l'exploitation à été confiée à centre universitaire. Et actuellement l'exploitation a été passée à l'université d'Ouargla.

1.1.2. Localisation de l'exploitation

L'exploitation est située au sud-ouest de la ville d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. Elle se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Elle se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. Le dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres. Ses coordonnées sont les suivantes (UKMO, 2013) :

- Latitude : 31°,57' Nord.
- Longitude : 5°,20' Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 134.0 m

L'exploitation s'étend sur une superficie théorique totale de 32 ha, dont 16 hectares sont aménagée et répartie en quatre secteurs à savoir : A, B, C. et D. Le reste des secteurs E,

F, G et H correspondant à l'extension non exploitée (Photo 1). Actuellement, une partie de superficie a été attribuée au pôle universitaire.



Photo 1. Photo satellitaire de l'exploitation de l'université (image Google Earth, 2015)

2. Choix du site d'étude

Le site expérimental d'irrigation-drainage est situé dans l'exploitation de l'I.A.S. (institut d'agronomie saharienne). Deux demi-secteurs ont été choisies pour le déroulement de notre expérimentation, le premier située dans le demi-secteur A₁, et le deuxième dans le demi-secteur C₁ (Photo 2).

2.1. Occupation du sol

L'exploitation couvre une superficie de 36 hectares, divisé en 8 secteur A,B,C,D,E,F,G et H dans chacun est de 3.6 ha Quatre secteur (A,B,C,D) sont aménagés et exploités, dans chaque secteur est divisé en deux demi-secteur, les autres forment l'extension qui est pratiquement inexploité, les secteurs A,B,C et D couvre une superficie de 14,4 hectares, et sont cultivés en palmier dattier avec un écartement 9m x 9m.

2.2. Irrigation

L'irrigation de l'exploitation est assurée par deux forages (UKMO, 2015), de types (Photo. 3 et 4) :

- Sénonien : c'est le forage le plus ancien, réalisé en 1959, il est légèrement artésien, équipé d'une pompe électrique centrifugeuse, ayant une profondeur de 188,8 m et

débit 40 l/s.

- Miopliocène : situé au nord Est du secteur A1, réalisé en 1986, avec une profondeur de 68 m, un débit de 18 l/s, et une température de 18 °C.

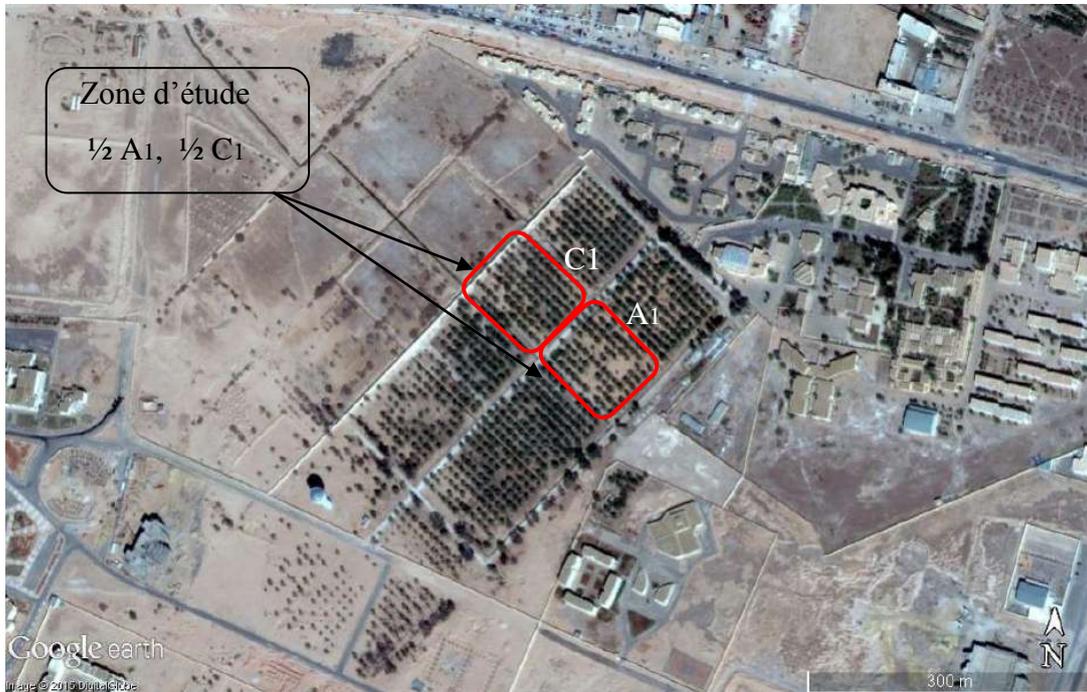
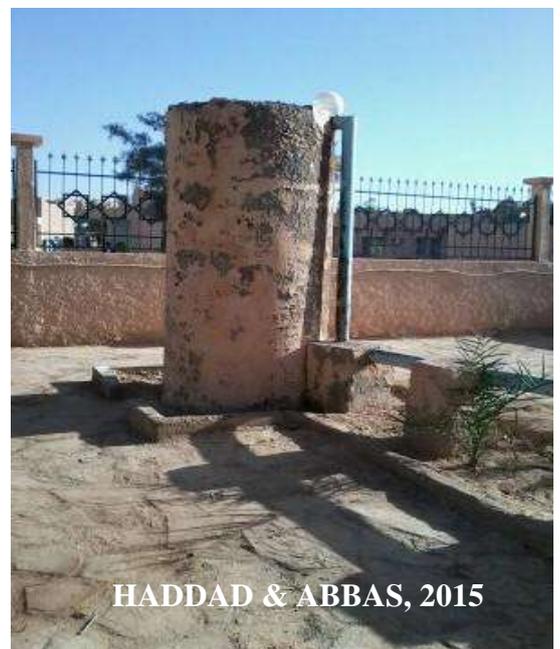


Photo 2. Situation des sites d'étude à l'exploitation



HADDAD & ABBAS, 2015

Photo 3. Forage du Miopliocène



HADDAD & ABBAS, 2015

Photo 4. Forage du Sénonien

Le système d'irrigation par submersion est appliqué à l'exploitation et il rencontre certains problèmes comme :

- L'effondrement et l'ensablement au niveau de la canalisation et certaines vannes ne fonctionnent pas.
- La gestion de l'irrigation est aléatoire dans les parcelles, par déficience ou excès d'eau, notamment dans les secteurs de notre étude A et C.
- Absence de calendrier d'irrigation où les doses et les fréquences d'irrigation sont imprécises.

2.3. Drainage

Le réseau de drainage de l'exploitation a été réalisé en 1980, par une entreprise non spécialisée. Il est constitué de sous-drains à ciel ouvert, avec une direction Nord-Sud, débouchant sur un collecteur principal (direction Est-Ouest) qui divise les secteurs A, B, C, E et F en deux demi-secteurs, l'ensemble des drains sont dans un état d'ensablement. L'ensemble des drains sont envahis par les mauvaises herbes (tamarix, phragmites), la végétation hydrophile est très bien développée à l'intérieur des drains (Photo 5).



Photo 5. L'état du réseau de drainage de l'exploitation

Chapitre IV. Méthodes d'étude

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à apprécier le niveau des contraintes hydro-édaphiques et de proposer un plan de conduite de mise en valeur visant à réduire le niveau du stress hydrosalin, lié à l'irrigation-drainage. Cette approche a été réalisée en 3 phases (Fig. 4):

1. Caractérisation hydro-édaphique ;
2. Etude de la variabilité spatiale des contraintes hydro-édaphiques et d'enracinement des palmiers dattiers ;
3. Recommandation de mise en valeur.

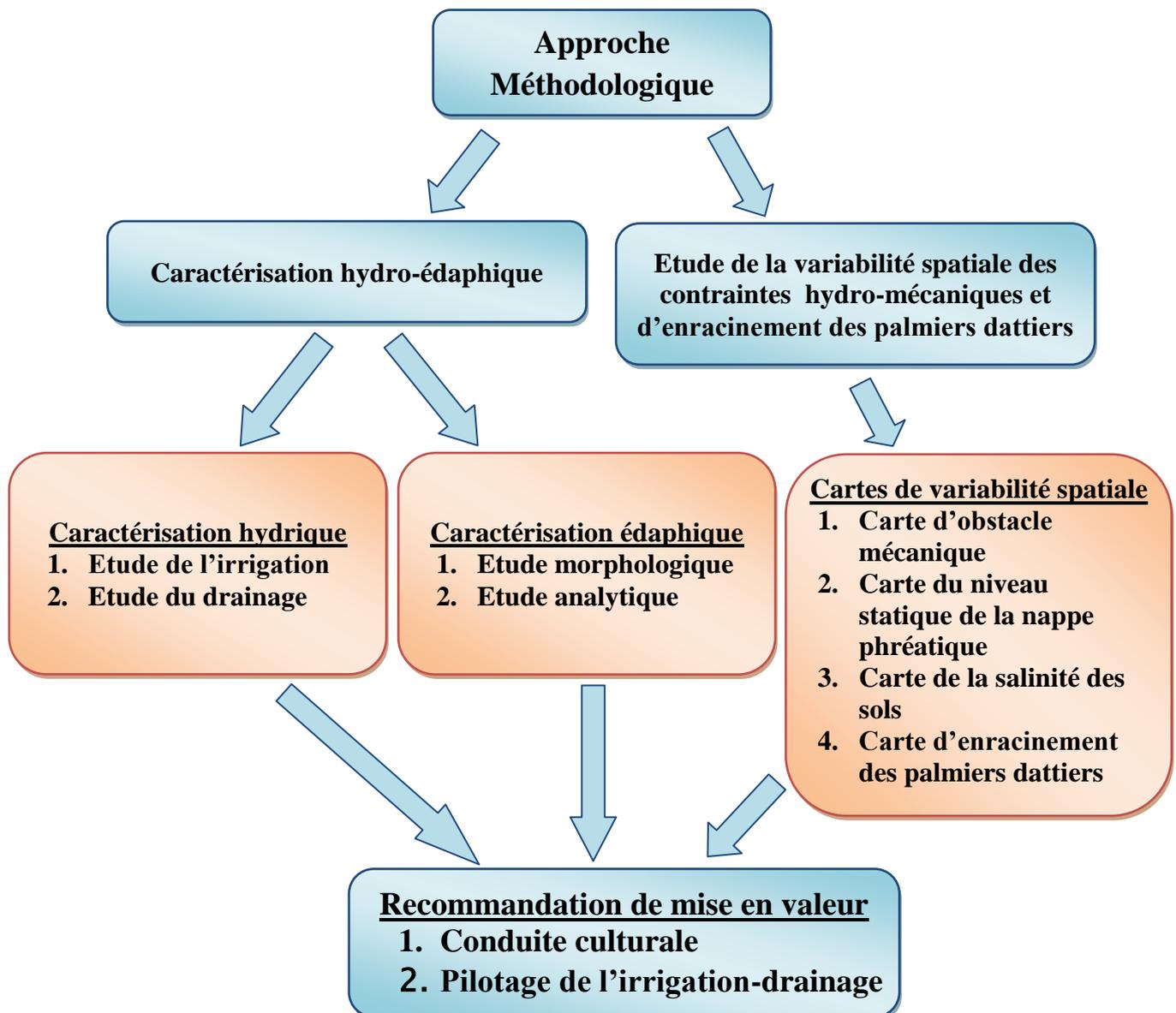


Figure 4. Approche méthodologique de l'étude

1.1. Caractérisation hydro-édaphique

1.1.1. Caractérisation hydrique

La caractérisation hydrique consiste à faire une enquête sur terrain du mode de gestion de l'irrigation-drainage et de mesurer la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation d'alcalinité (pH) et de salinité (Conductivité électrique). Aussi, déterminer dans les profils culturaux la profondeur statique de nappe phréatique (P.n.) par sondage manuelle et prélevé ces eaux pour estimer leur alcalinité (pH) et salinité (Conductivité électrique).

1.1.2. Caractérisation édaphique

La caractérisation édaphique est effectuée dans les profils culturaux, trois dans chaque demi-secteur A et C (Fig. 5). Nous avons réalisé une étude morphologique des profils et une étude analytique. Cette étape indispensable pour notre étude agro-pédologique, afin de détecter les contraintes existantes dans les profils pour la conduite de l'irrigation-drainage et aussi nous aider à estimer les potentialités hydriques dans les sols.

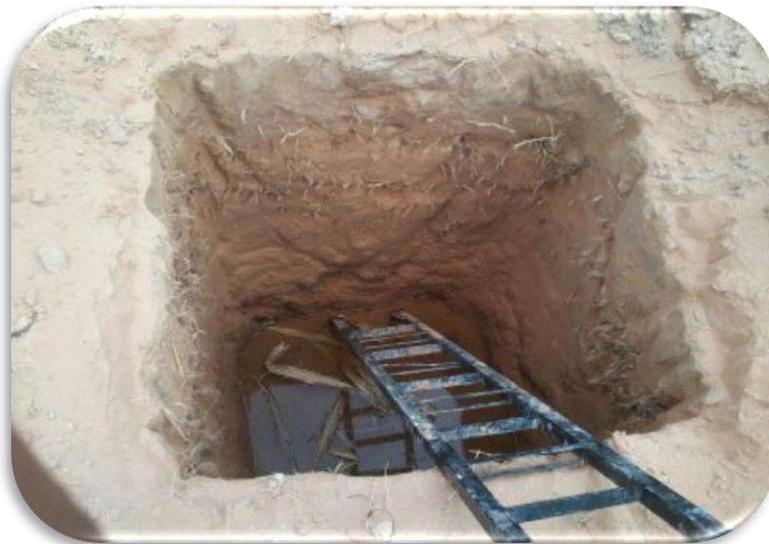


Figure 5. Localisation des profils culturaux d'étude à l'exploitation

1.1.2.1. Étude morphologique des sols

L'étude morphologique des sols a été réalisée dans des profils de 1,5 m de profondeur. Elle consiste à faire une description des horizons pour déterminer certaines caractéristiques principales, de type :

1. **Physique** : le nombre et la profondeur des horizons, la couleur par la charte de MUNSELL, et apprécier la texture par le touché, la présence des éléments grossiers, le type de structure, la compaction, la cimentation et notamment la présence d'obstacle mécanique de croûtes gypso-calcaire ;

2. **Chimique** : la présence des sels peu solubles et la formes des accumulations gypso-calcaire, la profondeur des croûtes (P.c.) par l'observation, le toucher et le test d'effervescence à l'HCl ;
3. **Biochimique** : la présence de matière organique ;
4. **Biologique** : la présence d'activité biologique et la profondeur d'enracinement (P.r.) des palmiers dattiers (Fig. 6).

1.1.2.2. Étude analytique des sols

L'étude analytique consiste à mesurer certaines propriétés physiques (Densité apparente, Humidité), physico-chimiques (pH et C.E.), chimique (CaCO_3 et $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), biochimique (Carbone organique et M.O.).

1.2. Variabilité spatiale des contraintes hydro-mécaniques et d'enracinement

La caractérisation des profils des sols est insuffisante pour la généralisation des résultats à toutes les parcelles étudiées. Pour cela, une étude de variabilité spatiale s'impose.

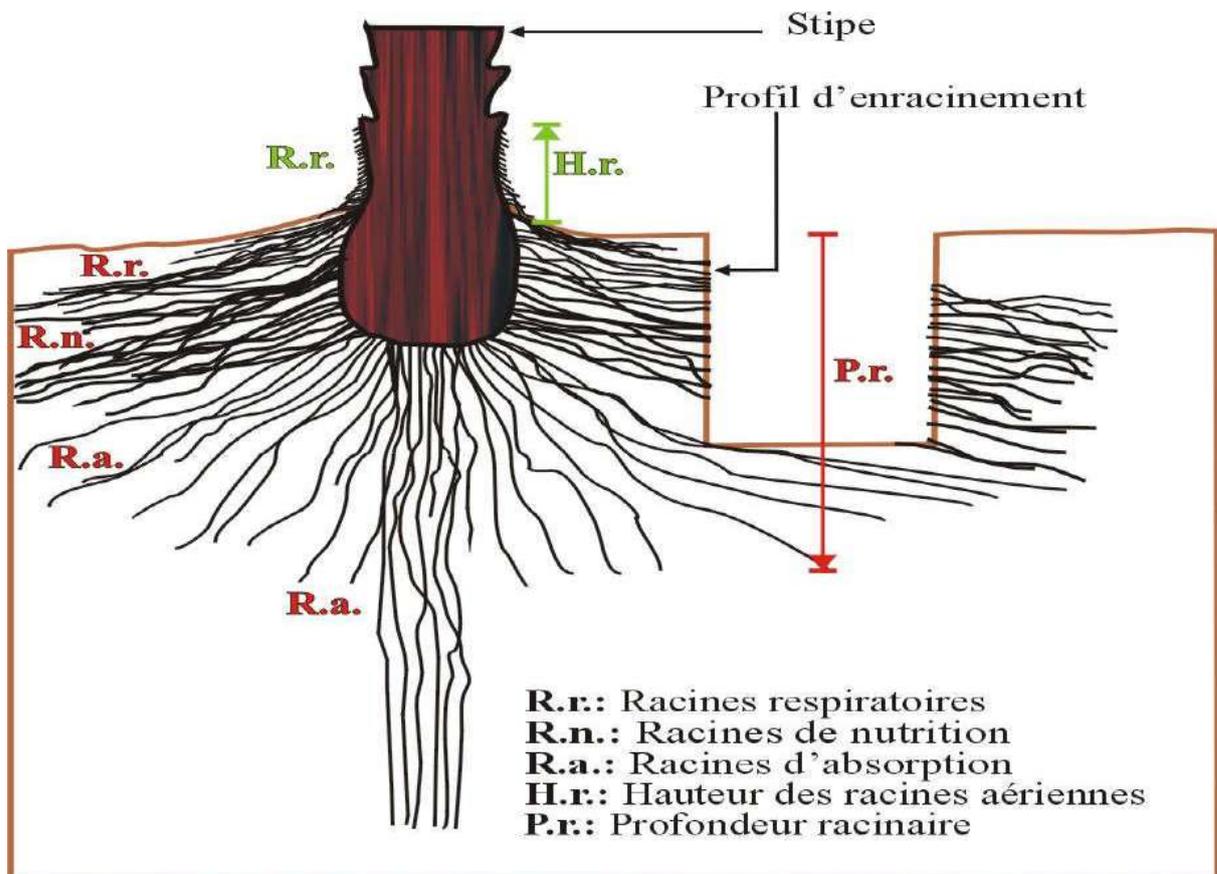


Figure 6. Profil d'enracinement du palmier dattier (DADDI BOUHOUN, 2010)

Nous avons concentré notre étude sur les contraintes hydriques de nappes phréatiques, mécaniques de croûte gypso-calcaire et salines des eaux et des sols, posant des problèmes à la

dynamique des eaux, des sels et à l'enracinement des palmiers dattiers dans l'exploitation de l'université de Ouargla (DADDI BOUHOUN, 2010). Afin d'étudier ces contraintes hydro-hydriques et leurs impacts sur la profondeur racinaires, nous avons réalisée des sondages à l'aide d'une tarière en plus des profils déjà étudiés. Les sondages sont effectués à 1 m des troncs des palmiers dattiers, environ 2 à 3 sondages par planche d'irrigation (dans les 42 planches nous avons fait 122 sondages).

La localisation géographique des mesures est réalisé par GPS (GARMIN map26Csx) et nous permettre ainsi d'établir des cartes de variabilité spatiales par logiciel de surfer :

1. Carte de variabilité spatiale d'obstacle mécanique de croûtes
2. Carte de variabilité spatiale d'obstacle hydrique de nappes phréatiques
3. Carte de variabilité spatiale de la salinité des sols
4. Carte de variabilité spatiale d'enracinement des palmiers dattiers

1.3. Recommandation de mise en valeur

Les recommandations s'imposent dans cette recherche afin de donner un avis sur la gestion actuelle de l'exploitation, notamment la conduite culturale et de l'irrigation-drainage.

1.3.1. Conduite culturale

Nous allons essayer de proposer des recommandations de la conduite culturale et cela en fonction des problèmes hydro-édaphique et mécanique observés.

1.3.2. Pilotage de l'irrigation-drainage

A partir des constatations antérieurs à l'exploitation (DADDI BOUHOUN, 2010) et sur la base des résultats de notre étude, nous allons donner un avis sur la conduite de l'irrigation-drainage et proposer des recommandations sur le drainage et sur le pilotage de l'irrigation.

L'amélioration de la gestion sera déterminée en fonction des caractéristiques hydriques des sols, des niveaux des obstacles mécaniques de croûtes, hydrique de nappes phréatiques et d'enracinement, et aussi la salinité des eaux d'irrigation à l'exploitation. L'amélioration de la gestion actuelle de l'irrigation par submersion nécessite le calcul des paramètres suivants :

1. **Besoin en eau des cultures (E.T.M) :** Après avoir calculé par la méthode de BLANEY et CRIDDLE (1950) la valeur de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) mois par mois nous avons obtenu les besoins des cultures pour chaque mois par l'application d'un coefficient culturale (K_c) multiplicatif. Ce dernier est fonction de la nature des cultures pour chaque station expérimentale. Ces besoins des cultures correspondent à une évapotranspiration maximale (E.T.M) du végétale s'il ne manquait jamais d'eau, se qui

devrait théoriquement ce produits lorsqu'il y a irrigation (DOORENBOS et al., 1986 in DADDI BOUHOUN 1997). Le coefficient cultural du palmier dattier est de 0,60 en hiver et 0,80 automne et 1 en été. (Zella, 2012).

2. Paramètre théorique de l'irrigation : Les paramètres de l'irrigation calculée sont : la réserve utile (R.U), la réserve facilement utilisable (R.F.U) ou dose pratique (Dp), la traction de lessivage (LF), la fréquence d'irrigation (N) et le tour d'eau (T). Ils sont définis comme suit :

a) **La réserve utile (RU) :** C'est la dose maximale (Dm) ou la quantité d'eau qu'il faudra apporter a chaque irrigation pour rechargé le réservoir du sol a un taux d'humidité proche de la capacité de rétention et sur une profondeur variable selon la culture (MOUHOUCHE, 1986); elle est calculé par la formule :
$$\text{R.U. (mm)} = (\text{Hcr} - \text{Hpf}) / 100 * \text{Da} * \text{Z}$$
 [où Hcr : humidité pondérale a la capacité de rétention (%) Hpf : humidité pondérale au point de flétrissement permanent (%). Da : densité apparente. Z : profondeur concerné (mm) ; elle est en générale de 500 mm] (OLLIER et al., 1983).

b) **La réserve facilement utilisable ou dose pratique (Dp) :** Elle exprime la fraction de l'eau utilisable facilement accessible à la plante (BAIZE, 1988). Cette R.F.U est variable en fonction du type de sol. Elle est estimée généralement à 1/2 de R.U. pour les sols argileux et limoneux et de 2/3 de la R.U pour les sols sableux (POIREE et al., 1971) :
$$\text{R.F.U (mm)} = 1/2 \text{ à } 2/3 \text{ R.U} = \text{f.(R.U)}$$
 (où f : tient compte du climat en faisant intervenir la vitesse de dessèchement du sol et sa structure). Le coefficient (f) étant souvent difficile à évaluer, en adopte généralement la valeur moyenne 2/3 (CHAMAYOU et al., 1989).

c) **Fraction de lessivage (LF) :** nous permis d'ajouter un dose d'irrigation suffisante lixivé les sels soluble et de permettre un rendement relatif de 90 %.

La dose de lessivage a été estimé par la formule (AYERS et al.,1988)

$$\text{L.R.} = (\text{C.E.w} / 5(\text{C.E.e.}) - \text{C.E.w.}) * 100$$

L.R. : besoin de lessivage minéral nécessaire pour lutter contre la salinité. C.E.w. : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation (4,9 dS/m). C.E.e. : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol correspondant à une culture ayant subit une diminution de rendement à 10 %.

- d) **La fréquence d'irrigation (N)** : Elle représente le nombre d'irrigation (N) qu'il y aura lieu de donner au cours d'un moins, c'est la dose pratique et les besoins de pointe par moins de la culture (E.T.M.) sont connu (OLLIER et al., 1983) : $N = E.T.M/D_r$ (où D_r : et la dose réelle qui correspond a l'ajustement de E.T.M / $D_p = N$ à la valeur entière immédiatement supérieure).
- e) **Tour d'eau (T)** : Le tour d'eau est le temps entre deux irrigations. Il est égale à, en jour : $T = n * D_r / E.T.M = n/N$ (où n : nombre de jour du moins).

2. Méthodes d'analyse

Nous allons présenter dans cette partie les méthodes de différentes analyses effectuées sur les eaux et les sols.

2.1. Méthodes d'analyse des eaux

Les méthodes d'analyse des eaux sont :

1. **Conductivité électrique (C.E_{1/5}) à 25°** : mesurée au conductivimètre.
2. **pH** : mesuré au pH mètre.

2.2. Méthodes d'analyses des sols

Les méthodes d'analyses des sols utilisées au cours de nos travaux de recherches sont (AUBERT, 1978) :

1. **Densité apparente (D_a)** : est estimée par la méthode du cylindre. Elle représente le rapport entre la masse sèche du sol et le volume apparent (Photo 6).
2. **Humidités** : Nous avons mesurée parallèlement à la densité apparente à 70° C l'humidité des horizons des profils (H). La température de séchage a été choisie à cause de la richesse des sols de Ouargla en gypse (HAMDI AÏSSA, 2001). Elle représente le seuil maximum recommandé pour mesurer l'humidité des sols riches en gypse, car si on utilise 105 °C, il y aura extraction de l'eau de constitution du gypse (VEILLEFON, 1979). Nous avons mesuré aussi par la méthode de presse à plaque, avec l'appareil de RICHARD (Photo 7), l'humidité de la capacité de rétention en eau (H_{cr}) et celle du point de flétrissement (H_{pf}).



Photo 6. Mesure de la densité apparente sur terrain et au laboratoire



Photo 7. Mesure de l'humidité par l'appareil de RICHARD au laboratoire

5. **Calcaire total (CaCO_3)** : sa présence est déterminée sans quantification sur le terrain par le test d'effervescence à HCl. Il est quantifié au laboratoire par la méthode volumétrique au calcimètre de BERNARD, c'est-à-dire par mesure du volume de CO_2 dégagé, suite à l'action du HCl sur le sol.
6. **Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)** : Analyse réalisé au laboratoire L.T.P.S.
7. **Le dosage de matière organique (M.O.)** : le carbone organique (C.O.) a été dosé par la méthode de ANNE. Cette méthode consiste à oxyder le carbone organique par du bichromate de potassium avec excès en milieu sulfurique, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de MOHR, en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert. Le taux de la matière organique est déduit en multipliant celui du carbone organique par 1,7

Troisième partie

Résultats & discussions

Chapitre V. Caractérisation hydro-édaphique

Chapitre VI. Etude de la variabilité spatiale
des contraintes hydro-mécaniques et
d'enracinement des palmiers dattiers

Chapitre VII. Recommandation de mise en
valeur.

Chapitre V. Caractérisation hydro-édaphique

Les résultats de l'étude des secteurs phoenicoles A1 et C1 de l'exploitation, montrent une variation des conditions hydro-édaphiques.

1. Caractérisation hydriques

1.1. Etude de l'irrigation

1.1.1. Gestion de l'irrigation

L'irrigation de l'exploitation est assurée par deux forages, l'un du Sénonien et le deuxième forage, du Miopliocène avec un débit respectif de 16 l/s et de 45 l/s. Les deux forages tombent des fois en panne à cause du vieillissement de l'équipement hydraulique des puits et dans ces conditions le temps de leur fonctionnement reste insuffisant pour l'exploitation selon les agriculteurs.

L'exploitation de l'université utilise un système d'irrigation traditionnel par submersion. Le réseau d'irrigation est constitué de conduites enterrées. Il est subdivisé en réseau primaire, secondaire et tertiaire, présentant les problèmes d'effondrement et l'ensablement au niveau de la quelque canalisation et certaines vannes ne fonction pas. La gestion de l'irrigation est aléatoire dans les parcelles où nous constatons une absence de calendrier d'irrigation. Les doses d'irrigation sont variables et imprécise, dépendant du seul jugement de l'irrigateur qui suit le temps de remplissage des planches d'irrigation et leurs dimensions dans les parcelles. Les fréquences d'irrigation sont variables : 2 fois par semaine en été et 1 fois par semaine en l'hiver.

Le mode de gestion dans l'exploitation explique les problèmes d'hydro-halophilie signalés dans les travaux de recherches antérieurs (DADDI BOUHOUN, 2010).

1.1.2. Qualités de l'eau d'irrigation

La qualité physico-chimique des eaux d'irrigation dépend de l'origine des eaux, du Miopliocène ou du Sénonien. Nous avons mesuré les paramètres physico-chimiques de pH et de Conductivité électrique (C.E.i). Les résultats montrent ce qui suit :

- **pH des eaux** : les mesures montrent que les eaux sont neutre à alcalin selon l'échelle GAUCHER (1968). Le pH est de 7,14 pour les eaux du Miopliocène et de 7,78 pour les eaux du Sénonien.
- **Conductivité électrique des eaux** : les mesures montrent que les eaux sont très salinité selon l'échelle GAUCHER (1968). La C.E.i est de 2,83 pour les eaux du

Miopliocène et de 5,10 pour les eaux du Sénonien.

1.2. Etude du drainage

Le réseau de drainage de l'exploitation a été réalisé en 1980 est dans sa totalité à ciel ouvert. Il est constitué de drains primaires, secondaires et terrière, débouchant dans le collecteur principal, de 4 m de largeur et 1,44 m de profondeur, séparant les secteurs A, C, E et G en deux.

L'envahissement des drains par les mauvaises herbes (phragmites, tamarix, etc.....), montre une absence d'entretien quotidien des drains. Il y a actuellement des travaux de soutien des drains par des murs de pierres pour limiter les effondrements (Photo 8). Toutefois, nous avons remarqué une stagnation des eaux au niveau des drains du demi-secteur A1, montrant une faible évacuation des eaux vers l'extérieur de l'exploitation. Les travaux de soutien des drains non pas respecter le sens d'évacuation des eaux, la pente est inversé. Ils ont produit aussi l'ensablement des drains. Le système de drainage actuel fonctionne donc mal. Il y a aussi un risque de colmatage des murs de soutien par précipitation des sels peu solubles de nature gypseuse. Ce phénomène probable réduira la perméabilité des murs, le remplissage des drains et l'évacuation des eaux de drainage.



Photo 8. L'état actuel du réseau de drainage de l'exploitation

2. Caractérisation édaphique

La caractérisation édaphique est nécessaire pour comprendre le fonction hydro-morphologique, conditionnant la conduite de l'irrigation-drainage à l'exploitation. Les résultats montrent une variabilité dans les caractérisations morphologiques et analytiques des sols dans les demi-secteurs A1 et C1.

2.1. Sols du demi-secteur A1

2.1.1. Etude morphologique

Les trois profils du demi-secteur A1 à l'exploitation de l'université présentent les critères environnementaux suivants :

- Topographie : Plane, légère pente (<1%) ;
- Culture : Palmier dattier ;
- Date de description :
 - Profils 1 : 02-12-2014
 - Profil 2 : 10-12-2014
 - Profil 3 : 09-02-2015

L'étude morphologique des sols du demi-secteur A1 montre certaines différences entre les trois profils. En générale, le nombre des horizons varie de 5 à 6, présentent un apport sableux à la surface, de couleur rouge jaunâtre, de texture sableuse à sablo-limoneux, de structure particulière à massive dans les croûtes, pauvre à moyennement calcaire, riche en accumulations gypseuses de formes variables allant de cristaux à croûte. Cette dernière constitue un obstacle mécanique pour les racines à des profondeurs variables, est très compact et peu poreux. L'humidité augmente vers le fond des profils, notamment dans le troisième où la nappe affleure le dernier horizon. Les caractéristiques morphologiques détaillées des profils sont présente comme suite :

1. Caractéristique morphologique du profil A1P1 :

- a. **H1 (24 – 58cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), frais, riche en racine de palmier, meuble, forte effervescence à l'HCl, sableux, peu compact, peu cimenté, structure fragmentaire grenue, moyennement poreux, transition irrégulière.
- b. **H2 (58 – 80cm)** : couleur à l'état humide 7.5 YR5/8 (strong brown), frais, moyen à peu compacte, sablo-limoneux, à structure fragmentaire grenue, abondant par les racines, fort d'effervescence à l'HCl, encroûtement gypseux,

faible porosité, texture transition nette et régulière.

- c. **H3 (80 – 146cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 6/4 (light Brown), compact, humide, sablo-limoneux, à structure grenue, peu cimenté, pas de racines, meuble, moyen effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.
- d. **H4 (> 146cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), non compact, humide, sablo-limoneux, à structure grenue plus grossier = 2à3mm, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, encroûtement gypseux, transition nette et régulière.

2. Caractéristique morphologique du profil A1P2 :

- a. **H1 (10 – 36cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (Brown), frais, meuble, moyen effervescence à l'HCl, transition régulière, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, structure particulière, moyennement poreuse
- b. **H2 (36 – 60cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 6/8 (reddish yellow), frais, meuble, peu compact, sablo-limoneux, à structure fragmentaire, abondant par les racines, moyen d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.
- c. **H3 (60 – 94cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 7/4 (pink), très compact, frais, à structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, ciment, sablo-limoneux, faible porosité.
- d. **H4 (94 – 150cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), compact, structure fragmentaire, ciment, sablo-limoneux, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière,

3. Caractéristique morphologique du profil A1P3 :

- a. **H1 (18 – 50cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (strong Brown), frais, moyen effervescence à l'HCl, faible racine, transition régulière, peu compact, peu ciment, sablo-limoneux, structure particulière, moyennement poreuse
- b. **H2 (50 – 76cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (yellowish red), frais, meuble, non compact, non cimenté, sableux, à structure particulière, abondant par les racines, faible effervescence à l'HCl, moyen de porosité, transition nette et régulière.
- c. **H3 (76 – 93cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 6/4 (light reddish brown), compact, humide, meuble, sablo-limoneux, à structure fragmentaire, faible de

racines, faible effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

d. H4 (93 – 119cm) : couleur à l'état humide 5 YR 6/4 (light reddish brown), très compact et dur, humide, ciment, sablo-limoneux, à structure massive, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, faible porosité.

e. H5 (>119cm) : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brown), très compact, saturé en eau, ciment, faible porosité, sablo-limoneux, à structure massive, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

f.

2.1.2. Etude analytique

Les résultats des analyses du sol des profils du demi-secteur A1 montrent une différence entre les profils et aussi entre les horizons (Annexe II et Fig. 7).

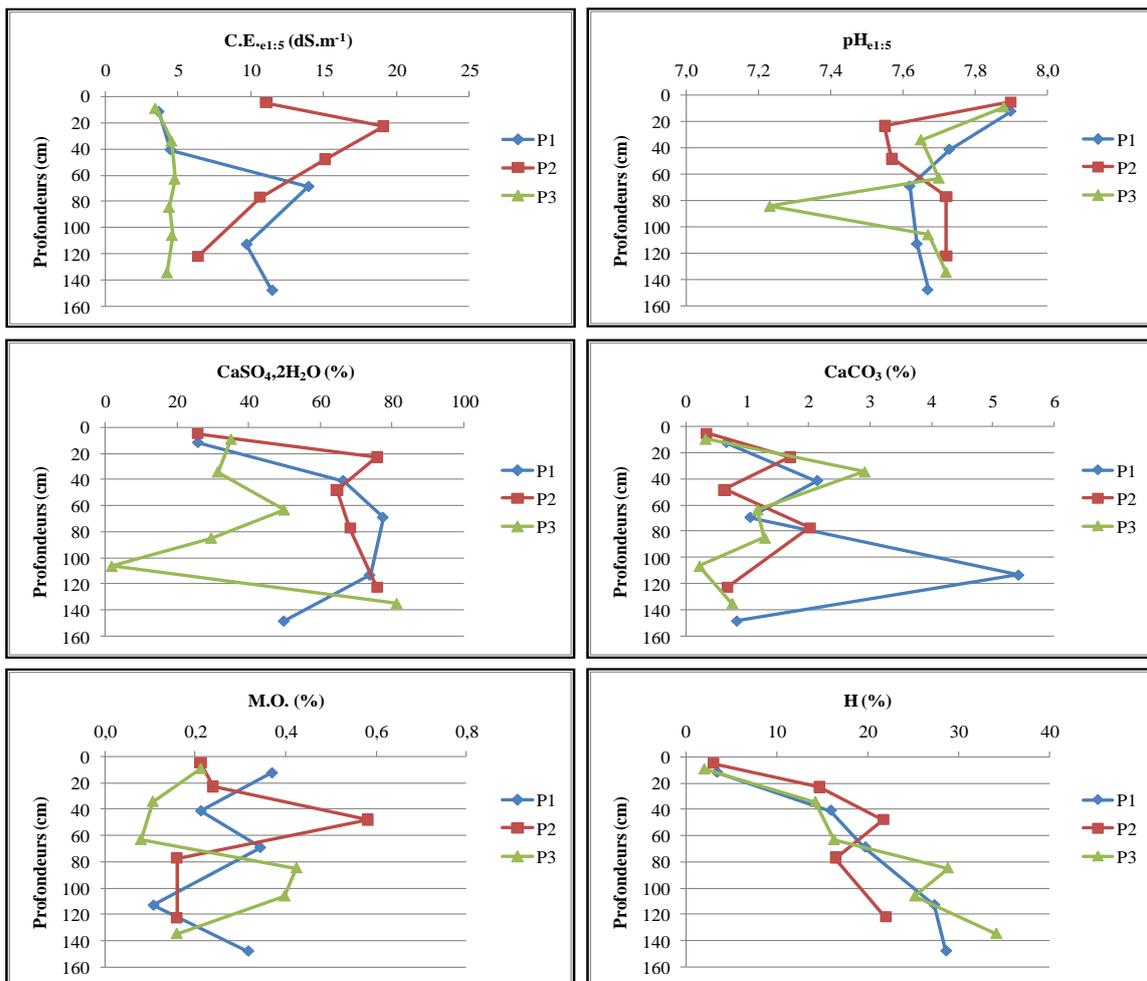


Figure 7. Caractéristiques analytiques des profils des sols dans le demi-secteur A1

Les résultats analytiques montrent que les profils des sols dans le demi-secteur A1, présentent une variabilité dans les horizons, au niveau des propriétés physiques (Humidité, Densité apparente), physico-chimiques (pH, Conductivité électrique), chimiques (gypse, calcaire) et biochimiques (Matière organique). L'humidité des sols augmente en se rapprochant de la nappe phréatique ($2,07 \% \leq H \leq 34,16 \%$) et les potentialités variables de rétention ($1,99\% \leq H_{cr} \leq 21,88 \%$) et de point flétrissement ($1,07 \% \leq H_{pf} \leq 10,81 \%$). La densité apparente est variable ($1,22 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,63 \text{ g.cm}^{-3}$) semble liée à la texture et la forme des accumulations gypseuses. Les horizons sont neutre à alcalin ($7,23 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,9$), très salé à extrêmement salé ($3,42 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 19,1 \text{ dS.m}^{-1}$) avec une teneur faible à très élevée en gypse ($1,84 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 81,06 \%$), nulle à modérément calcaire ($0,21 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 5,41 \%$) et très pauvre en matière organique ($0,07 \% \leq \text{M.O} \leq 0,58 \%$).

2.2. Sols du demi-secteur C1

2.2.1. Etude morphologique

Les trois profils du demi-secteur C1 à l'exploitation de l'université présentent les critères environnementaux suivants :

- Topographie : Plane, légère pente (<1%) ;
- Culture : Palmier dattier ;
- Date de description des profils 1, 2 et 3 : le 09-02-2015

L'étude morphologique des sols du demi-secteur C1 montre certaines différences entre les trois profils. En générale, les profils présente 6 horizons, un apport sableux à la surface, de couleur rouge jaunâtre, de texture sableuse à sablo-limoneux, de structure particulière à massive dans les croûtes, pauvre à moyennement calcaire, riche en accumulations gypseuses de formes variables allant de cristaux à croûte, très compact et peu poreux. Le niveau des croûte forme un obstacle limitant l'enracinement des palmiers dattiers. Le sol devient plus humidité au fond des profils. Les caractéristiques morphologiques détaillées des profils sont présente comme suite :

1. Caractéristique morphologique du profil C1P1 :

- a. **H1 (10 – 28cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), meuble, moyen effervescence à l'HCl, transition irrégulière, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire, moyennement poreuse, pas de racine
- b. **H2 (28 – 53cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), frais, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, à structure fragmentaire, faible de

racine, faible effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, moyen de porosité, friable.

- c. **H3 (53 – 70cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (reddish Brown), peu compact, frais, peu ciment, sablo-limoneux, structure fragmentaire, abondant par les racines, moyen effervescence à l'HCl, transition irrégulière, poreux ou il ya des racines
- d. **H4 (70 -90cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (reddish Brown), compact, frais, cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire, pas de racines, moyen effervescence à l'HCl, transition nette et régulière,
- e. **H5 (>90cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellowish red), compact, cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière,

2. Caractéristique morphologique du profil C1P2 :

- a. **H1 (5 – 40cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (strong Brown), meuble, moyen effervescence à l'HCl, transition régulière, peu compact, peu ciment, sablo-limoneux, structure fragmentaire grenue, moyennement poreuse
- b. **H2 (40 – 64cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 6/4 (light reddish Brown), frais, peu compact, peu ciment, sablo-limoneux, structure fragmentaire, abondant par les racines, moyen d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, faible porosité
- c. **H3 (64 – 80cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (reddish Brown), peu compact, peu ciment, frais, sablo-limoneux, structure fragmentaire, faible racines, forte effervescence à l'HCl, transition nette et régulière,
- d. **H4 (80-100cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/4 (reddish Brown), compact, cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.
- e. **H5 (>100cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (yellewish red), compact, cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, faible porosité.

3. Caractéristique morphologique du profil C1P3 :

- a. **H1 (10-28cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (strong Brown), meuble,

moyen effervescence à l'HCl, transition régulière, peu compact, peu ciment, sablo-limoneux, structure fragmentaire, moyennement poreux.

- b. **H2 (28-47cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (strong Brown), frais, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, structure fragmentaire grenue, abondant par les racines, moyen effervescence à l'HCl, transition nette et régulière, faible porosité.
- c. **H3 (47-80cm)** : couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (strong Brown), peu compact, peu ciment, sablo-limoneux, à structure fragmentaire, pas de racines, forte effervescence à l'HCl, transition nette et régulière,
- d. **H4 (80-120cm)** : couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (yellowish red), peu compact, peu cimenté, meuble, frais, sablo-limoneux, structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.
- e. **H5 (>120cm)** : couleur à l'état sec 7,5 YR 8/1 (white), peu compact, peu cimenté, frais, meuble, structure fragmentaire, pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition nette et régulière.

2.2.2. Etude analytique

Les résultats des analyses du sol des profils du demi-secteur C1 montrent une différence entre les profils et aussi entre les horizons (Annexe II et Fig. 8).

Les résultats analytiques montrent que les profils des sols dans le demi-secteur C1, présentent une variabilité dans les horizons, au niveau des paramètres étudiés : Humidité, Densité apparente, pH, Conductivité électrique, gypse, calcaire et Matière organique. L'humidité des sols augmente en se rapprochant de la nappe phréatique ($1,24 \% \leq H \leq 37,8 \%$) et les potentialités variables de rétention ($3,35\% \leq H_{cr} \leq 27,81\%$) et de point flétrissement ($1,68\% \leq H_{pf} \leq 15,31\%$). La densité apparente est variable ($1,17 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,56 \text{ g.cm}^{-3}$) semble liée à la texture et la forme des accumulations gypseuses. Les horizons sont neutre à alcalin ($7,4 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,9$), très salé à extrêmement salé ($4,07 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 18,08 \text{ dS.m}^{-1}$) avec une teneur faible à très élevée en gypse ($7,36 \% \leq \text{CaSO}_4,2\text{H}_2\text{O} \leq 86,58 \%$), peu à modérément calcaire ($0,24 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 2,76 \%$) et très pauvre en matière organique ($0,02 \% \leq \text{M.O.} \leq 0,68 \%$).

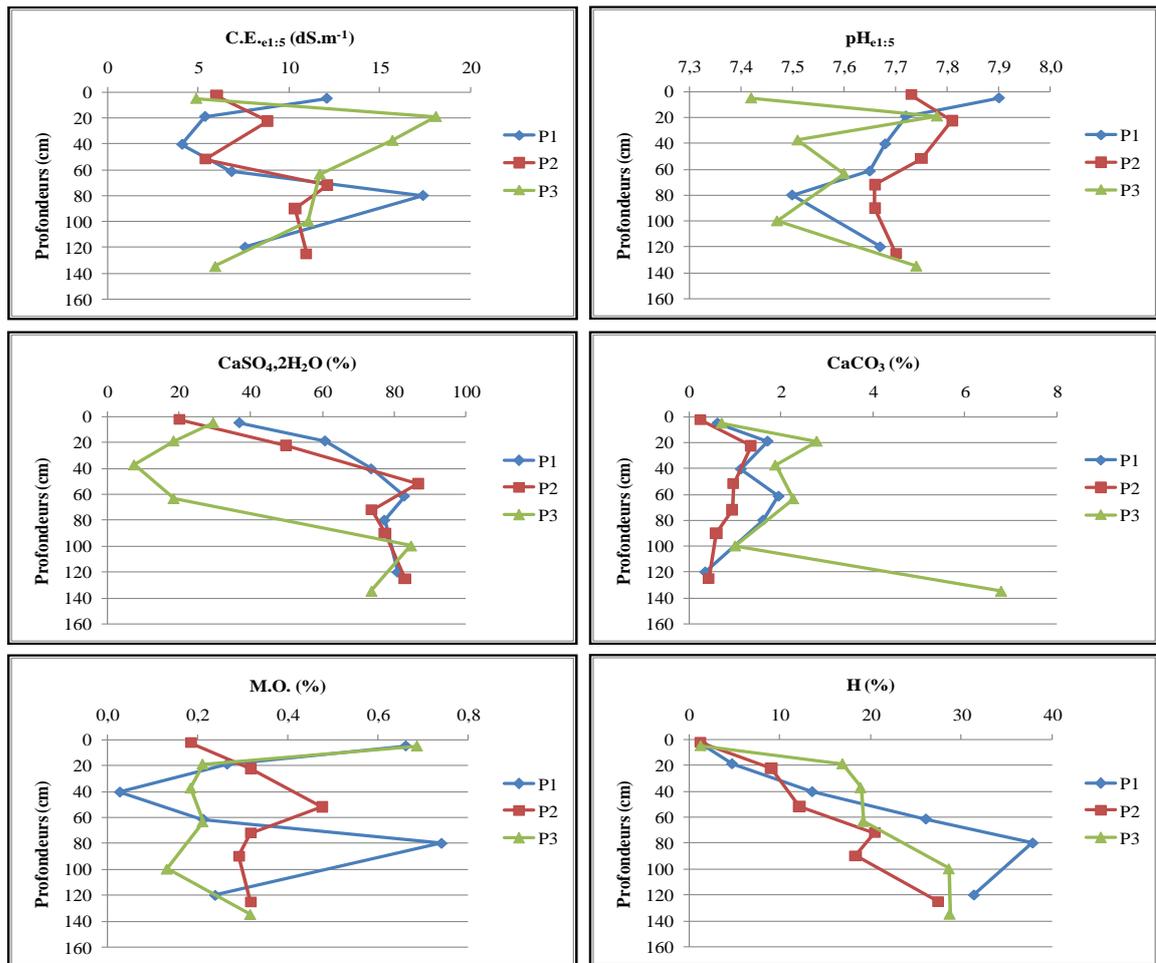


Figure 8. Caractéristiques analytiques des profils des sols dans le demi-secteur C1

3. Conclusion

La caractérisation hydro-édaphique des demi-secteurs A1 et C1 dans l'exploitation de l'université montre plusieurs contraintes potentiels de types hydrique et édaphique.

Les sols sont irrigués avec des eaux chargées en sels avec une gestion aléatoire. La pratique des doses, fréquences et calendrier d'irrigation n'est pas basé sur une étude prenant en compte les conditions environnementale de sol-eau-climat. Le réseau de drainage semble non fonctionnel et mal entretenu.

Les effets de cette mauvaise conduite d'irrigation-drainage ont eu un impact négatif sur les caractéristiques des sols. Ils sont devenus engorgé d'eau et très salés et alcalin à cause de la remontée des nappes phréatiques qui favorise la saturation en eau, la dynamique ascendante des sels solubles et la formation à long terme des croûtes gypseuses. Celle-ci crée un obstacle mécanique pour l'enracinement des palmiers dattiers et la lixiviation des sels solubles. L'étude morpho-analytique des sols a montré aussi une hétérogénéité édaphique, une texture sableuse à sablo-limoneuse, une structure particulière à massive très compact au niveau des croûtes gypseuses. Les sols sont pauvres en calcaire et en matière organique.

La caractérisation hydro-édaphique nous a permis d'estimer certains paramètres physiques et physico-chimiques nécessaires pour le pilotage de l'irrigation-drainage, comme la salinité des eaux d'irrigation, la profondeur des nappes phréatiques et des croûtes, les potentialités de rétention en eau des sols et leur point de flétrissement.

Enfin, il ressort sur la base de ces observations la présence de contraintes hydrique et édaphique importante. Il reste à évaluer leur répartition spatiale pour les prendre en considération dans les recommandations de pilotage d'irrigation-drainage

Chapitre VI. Variabilité spatiale des contraintes hydro-édaphiques et d'enracinement

Nous allons essayer dans ce chapitre, d'étudier la variabilité spatiale des contraintes hydro-édaphique détectées dans la caractérisation hydro-édaphiques de l'exploitation et leur impact sur la variabilité spatiale de l'enracinement des palmiers dattiers.

1. Variabilité spatiale des contraintes hydriques-édaphiques

L'étude de la variabilité spatiale des contraintes hydriques-édaphiques, consiste apprécier le niveau des contraintes dans les demi-secteurs A1 et C1. Les contraintes qui posent problèmes sont :

1. L'hydromorphie par remontée des eaux phréatiques ;
2. L'obstacle mécanique de croûtes gypseuses ;
3. L'halomorphie au niveau des sols.

1.1. Variabilité spatiale des eaux phréatiques

Le niveau des eaux phréatiques à l'exploitation sont à une profondeur compris entre 134cm et 181 cm (Fig. 9). Il semble plus superficiel dans le demi-secteur A1 par rapport demi-secteur C1, compris 134 cm et 164 cm. Le sondage des eaux phréatiques jusqu'à 1,5 m nous a permis de détecté la nappe phréatiques. Toutefois, les résultats obtenus à la caractérisation hydriques, au niveau des profils nous permis de estimé la répartition générale des eaux phréatiques. Le drainage semble donc médiocre à l'exploitation de l'université. Il favorise la saturation des couches superficielle des sols et limite ainsi le niveau d'infiltration des eaux d'irrigation, engendrant un état d'hydromorphie.

L'hydromorphie est produite par la remontée des eaux phréatiques au fond de la cuvette de Ouargla (DADDI BOUHOUN, 2010).

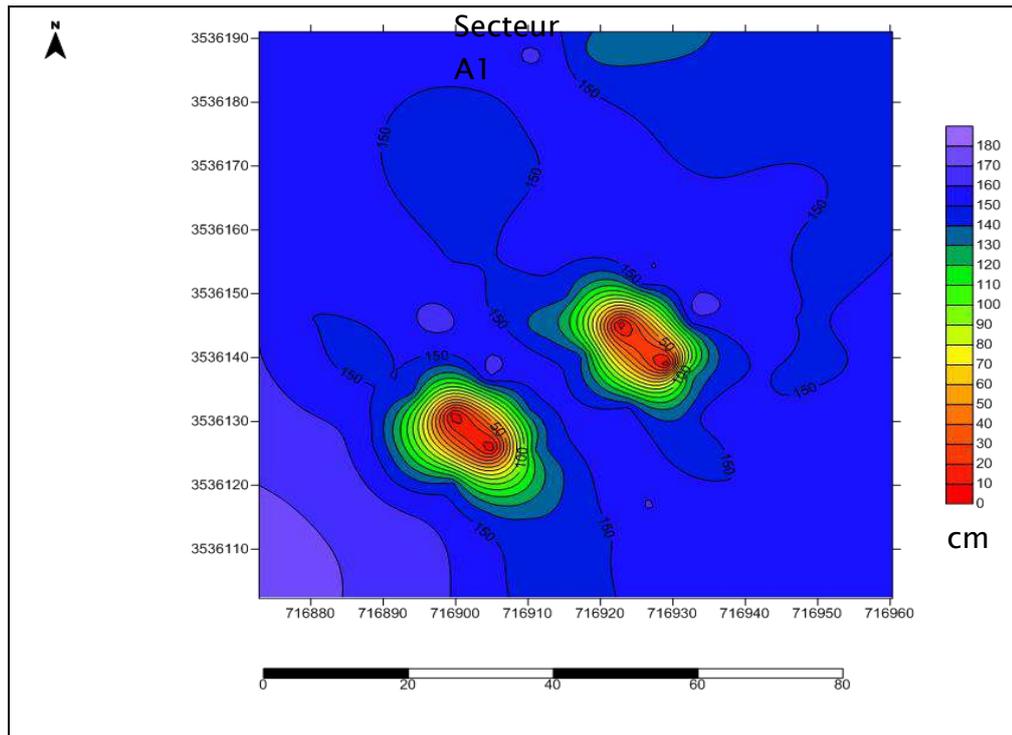


Figure 9. Variabilité spatiale des eaux phréatiques dans le demi-secteur A1

1.2. Variabilité spatiale des obstacles mécaniques

Le niveau des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses à l'exploitation sont à une profondeur compris entre 53 cm et 128 cm. Il semble plus superficiel dans le demi-secteur A1 par rapport demi-secteur C1, compris respectivement entre 53 cm et 121cm, et entre 45 cm et 128cm (Fig. 10). La présence d'obstacles mécaniques de croûtes limite la dynamique descendante des eaux d'irrigation en profondeur et favorisent au même temps la dynamique ascendante des eaux par évapotranspiration.

La remontée des eaux phréatique est à l'origine des formations gypseuses dans la cuvette de Ouargla et à l'exploitation de l'université (DADDI BOUHOUN, 2010).

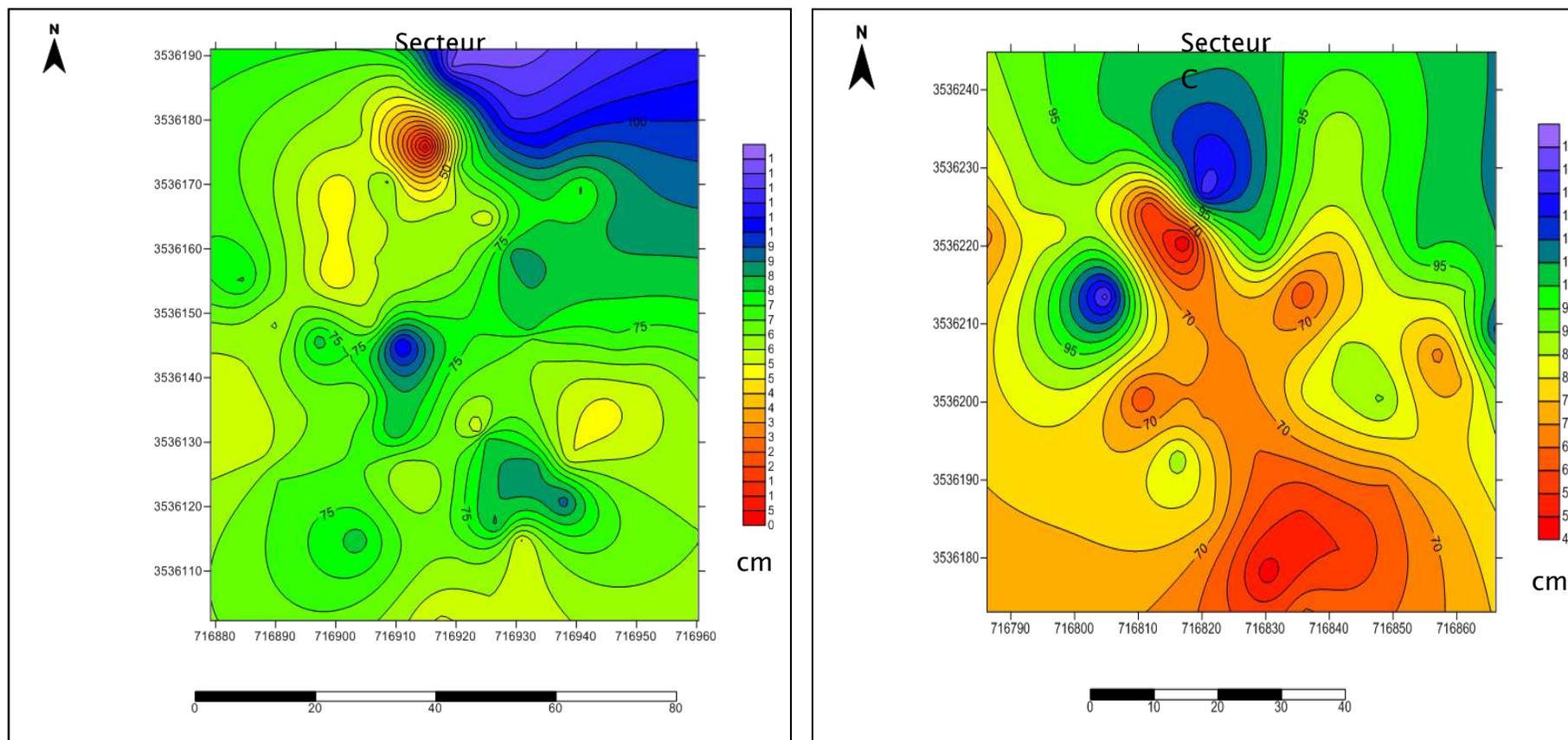


Figure 10. Variabilité spatiale des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses à l'exploitation

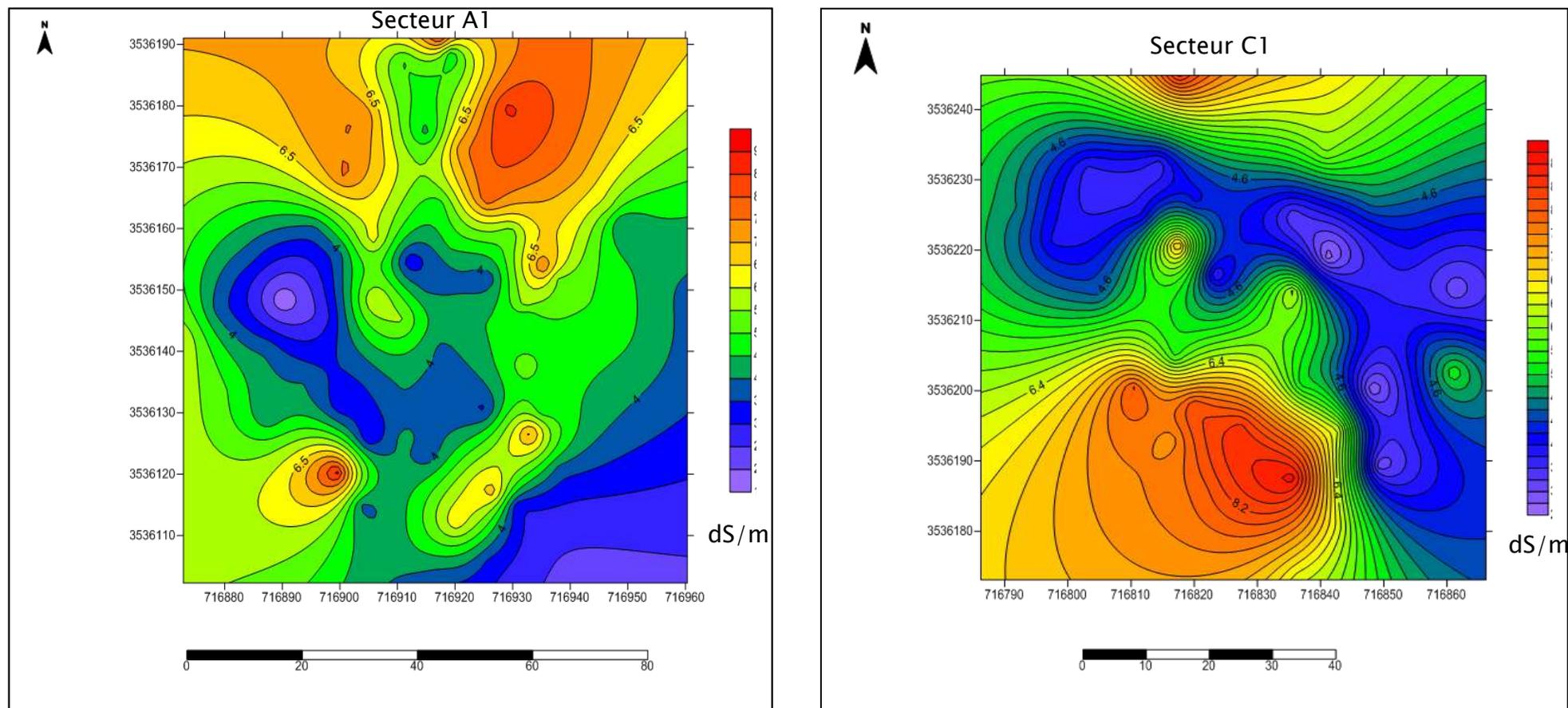


Figure 11. Variabilité spatiale de la salinité des sols à l'exploitation

1.3. Variabilité spatiale de la salinité

Le niveau de salinité à l'exploitation est variable, compris entre 1,62 dS/m et 8,89dS/m. Il semble plus élevé dans le demi-secteur A1 par rapport demi-secteur C1, compris respectivement entre 1,62 dS/m et 8,59 dS/m, et entre 2,87 dS/m et 8,89 dS/m (Fig. 11).

Le calage des cartes de variabilité des eaux phréatiques et des obstacles mécaniques de croûtes, indique une dégradation hydro-mécanique et halomorphe des sols de l'exploitation de l'université Ouargla. D'après DADDI BOUHOUN (2010), les obstacles hydriques de nappes phréatiques et mécaniques de croûtes gypseuses augmentent l'hydro-halomorphie dans les sols.

2. Variabilité spatiale de l'enracinement

Le niveau d'enracinement à l'exploitation sont à une profondeur compris entre 101 cm et 161 cm. Il semble plus superficiel dans le demi-secteur A1 par rapport demi-secteur C1, compris respectivement entre 107cm et 161cm, et entre 101 cm et 150cm (Fig. 12).

Le calage des cartes de variabilité des eaux phréatiques et des obstacles mécaniques de croûtes semble indiquer un impact négatif des obstacles hydro-mécanique sur l'enracinement à l'exploitation de l'université. Nous avons constaté qu'au-delà de 50 cm de profondeur dans les sols ces obstacles constituent un problème pour l'enracinement et l'infiltration des eaux.

Les obstacles hydriques de nappes phréatiques et mécaniques de croûtes dans les sols limitent le niveau d'enracinement chez les palmiers dattiers, et engendre une asphyxie, une pourriture et une déformation morphologique racinaire (DADDI BOUHOUN, 2010).

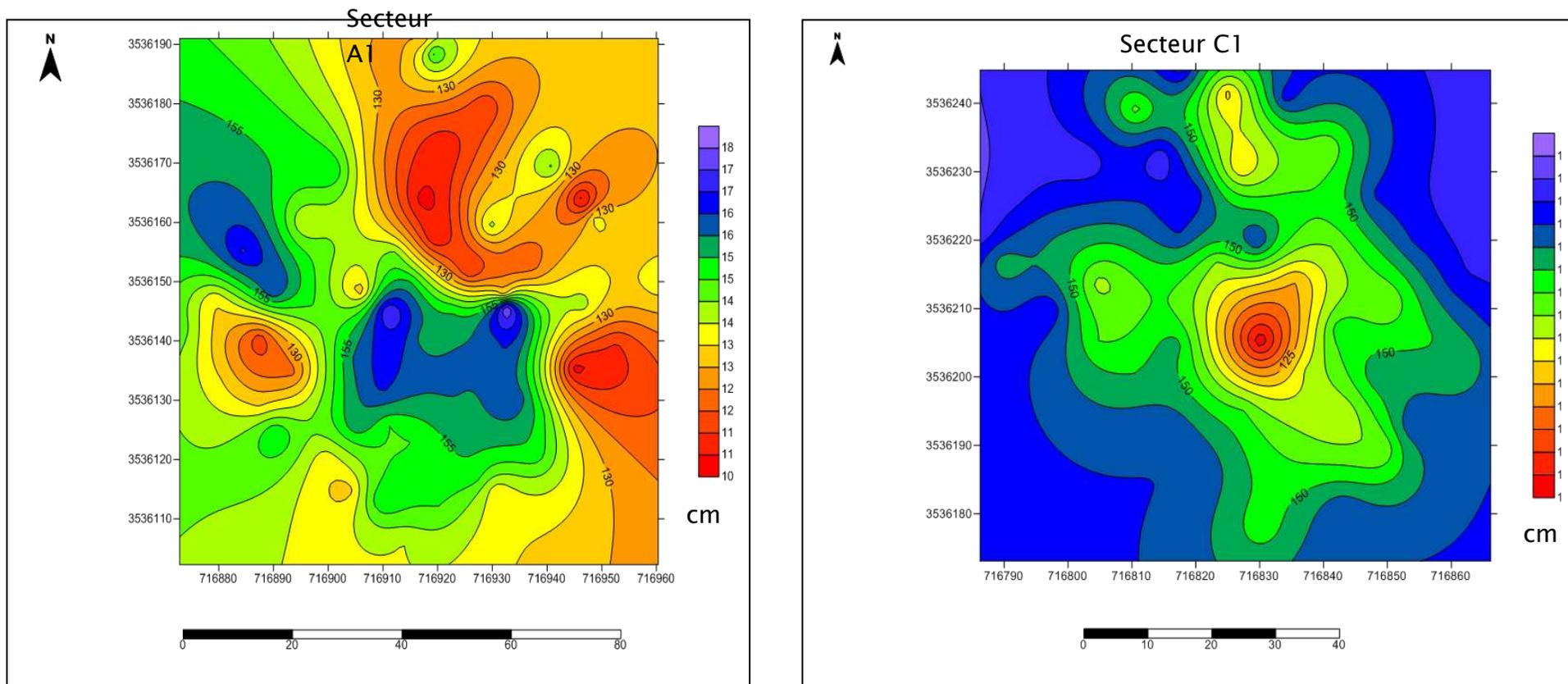


Figure 10. Variabilité spatiale des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses à l'exploitation

3. Conclusion

L'étude la variabilité spatiale des contraintes hydro-édaphique et leur impact sur la variabilité spatiale de l'enracinement des palmiers dattiers, nous indique les problèmes de dégradation hydro-édaphique sont généraliser dans l'ensemble des demi-secteurs A1 et C1.

Le niveau médiocre de drainage semble favorise la saturation des sols et limite ainsi la l'infiltration des eaux d'irrigation, ce qui produit un état d'hydromorphie dans les sols.

Les obstacles hydriques de nappes phréatiques et mécaniques de croûtes gypseuses augmentent l'hydro-halomorphie dans les sols et limitent l'enracinement des palmiers dattiers. Les conditions des sols devient non favorable au développement de l'enracinement et à l'alimentation hydrique à partir d'un profondeur de sols de 50 cm. Celle-ci est sera donc recommander dans le calcule des paramètres d'irrigation.

Chapitre VII. Recommandation de mise en valeur

Dans ce chapitre, nous venons suggérons certaines recommandation de mise en valeur sur la base des résultats de notre étude sur l'état de gestion de l'irrigation-drainage, les conditions hydro-édaphiques, la variabilité spatiale des contraintes mécaniques de croûtes gypseuses, hydriques de nappes phréatiques ainsi que leurs impact sur la salinité des sols à l'exploitation de l'université de Ouargla. Nos recommandations vont portées sur la conduite culturale et le pilotage de l'irrigation-drainage.

1. Recommandation de conduite culturale

La caractérisation hydro-édaphique et leur variabilité spatiale a révélé plusieurs problème, qui sont :

1. La présence d'obstacle mécanique de croûtes gypseuse qui limite l'enracinement des palmiers dattiers et l'infiltration des eaux ainsi que la lixiviation des sels solubles ;
2. Une alcalinité au niveau des sols. La détermination de l'origine de cette alcalinité peu être calcique ou sodique. La pauvreté des sols en carbonate de calcium laisse indique une alcalinité par le sodium, mais elle n'exclue pas la présence du calcium et pour étudier le rapport entre de ce dernier et le sodium, il est nécessaire de déterminer le faciès chimique des sels soluble et de mesurer le Sodium Adsorption Ratio (SAR) et l'Echangeable Sodium Percent (ESP) ;
3. Une pauvreté en matières organiques.

Pour une meilleure mise en valeur des potentialités agricoles à l'exploitation nous proposons :

1. Un laboure profond jusqu'à 50 cm de profondeur pour le défoncement des croûtes superficielle entre les rangés des palmiers dattiers. Le défoncement en profondeur d'environ 8 m³ (2 m x 2 m x 2 m) pour toute nouvelle plantation de palmier dattier afin d'assuré un bon enracinement selon l'étude de DADDI BOUHOUN (2010) ;
2. La correction du pH alcalin reste primordiale pour évité la non assimilabilité de certains oligo-éléments par les cultures comme Fe, Cu, Zn et Mn (SOLTNER,). La réduction de l'alcalinité reste possible par l'utilisation des engrais acidifiants dans la fertilisation des sols, jusqu'à correction du pH ;
3. Les amendements organiques sont conseillés pour contrer le déficit dans les sols et améliorer ainsi leur potentiel hydrique et de fertilité, aboutissant à l'augmentation des rendements des cultures.

2. Recommandation de pilotage de l'irrigation-drainage

La gestion de l'eau est un facteur de la production agricole et qui à un impact majeur sur le rendement des cultures. Autant un manque d'eau ou l'excès peut s'avérer néfaste pour les plantes. Notre étude montre a dégagé un problème de gestion d'irrigation-drainage et sur cette base nous essayer démettre certaines recommandation.

2.1. Recommandation de drainage

Les résultats de notre recherche montrent une stagnation des eaux de drainage et un niveau d'eau phréatique superficielle. Cette situation limite l'enracinement des palmiers dattiers (DADDI BOUHOUN, 2009) et ces rendements (DADDI BOUHOUN, 2011). Elle exprime un dysfonctionnement du bilan hydrique dans les sols de l'exploitation, dont les causes probable sont multiples :

1. Les apports en eau par irrigation excèdent leur évacuation par drainage ;
2. Les obstacles mécaniques empêchent l'infiltration des eaux d'irrigation et leur évacuation ;
3. Le male fonctionnement du réseau de drainage est due aux transformations ressentie des drains ou male entretien des drains.

Cela nous ramène à rétablir l'équilibre hydrique à l'exploitation par :

1. L'amélioration des propriétés physique des sols par labour et défoncement des croûtes ;
2. L'entretien des drains par la lutte contre les mauvaises herbes et l'ensablement ;
3. L'amélioration du réseau de drainage est primordiale. Elle doit se faire sur la base d'une étude qui déterminera les causes du male fonctionnement du réseau. Elle aura aussi comme objectif de proposer un nouveau dimensionnement du réseau de drainage, prenant en compte les contraintes hydro-mécaniques des sols, le mode de gestion de l'irrigation et la situation topographique de l'exploitation.

2.2. Recommandation de pilotage d'irrigation

Le niveau de salinité des sols et remontée des eaux phréatique nous montre les effets de la mauvaise gestion actuelle de l'irrigation par submersion et du drainage. Le mode d'irrigation actuelle est aléatoire et non rationnel. Pour cela, nous recommandons :

1. Un pilotage d'irrigation par submersion précis avec calendrier ;
2. Un suivi d'irrigation par submersion pour étudier la lixiviation des sels et corrigé si nécessaire la fraction de lessivage ;
3. D'étudier l'introduire de systèmes d'irrigation plus économique comme l'irrigation par aspersion ou l'irrigation localisé, notamment le goutte à goutte.

Un pilotage d'irrigation par submersion précis dans les demi-secteurs A1 et C1, doit tenir compte :

1. De la salinité des eaux d'irrigation, servant à calculer la fraction de lessivage ;
2. Des caractéristiques hydriques des sols (humidité à la capacité de rétention et au point de flétrissement) et de compacité des sols (densité apparente), permettant la détermination de la réserve utile (RU), la réserve facilement utilisable (RFU) ou dose pratique (Dp), ;
3. De l'évapotranspiration potentielle (ETP) de la région, permettant la détermination des besoins en eaux des cultures (ETM) ;
4. De la profondeur racinaire adéquate de la culture principale, servant au calcul de la RU

L'étude de la relation entre la variation spatiale des contraintes mécanique de croûtes, hydrique de nappes phréatiques et celle d'enracinement des palmiers dattiers, nous a conduite à identifier un seuil critique de profondeur estimé à 50 cm. Au-delà duquel les problèmes d'engorgement et de diminution d'infiltration risquent d'apparaître à cause des obstacles hydro-mécaniques. Afin d'éviter ces contraintes, nous avons choisi la profondeur racinaire 50 cm pour le calcul de la réserve utile des sols. Celle-ci correspond à celle recommander par (DADDI BOUHOUN, 1997).

A partir du calcul des paramètres d'irrigation nous recommandons une dose pratique, ajusté de 9 % de fraction de lessivage, de 3,09 m³/ha pour le demi-secteur A1 et de 3,59 m³/ha pour le demi-secteur C1 (Annexe III). Le calendrier mensuel d'irrigation établi dans les demi-secteurs montre des fréquences, des doses réelles et des tours d'eau variables selon les saisons (Annexe IV). Les fréquences d'irrigation sont compris entre 1 et 9, les doses réelles sont compris entre 20,88m³/ha et 36,66 m³/ha et les tours d'eau sont compris entre 3,44 jour et 31,00 jour.

3. Conclusion

Dans l'ensemble, les recommandations visent à mettre en valeur les sols dégradés de l'exploitation. Elles ont comme objectif de lutter contre la salinité, alcalinité, l'hydromorphie, les obstacles mécaniques de croûtes et aussi à améliorer leur potentiel hydrique et de fertilité.

Il faut améliorer la conduite culturale en favorisant l'infiltration des eaux, la lixiviation des sels et l'enracinement des palmiers dattiers par le travail profond des sols et l'élimination des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses.

L'évacuation des eaux de drainage nécessite une amélioration du réseau avec un entretien quotidien des drains.

Afin assurer une bonne alimentation en eau de la palmeraie, il faut revoir la gestion actuelle de l'irrigation par submersion. L'application de notre approche d'irrigation, adapté aux conditions des sols, reste une première phase dans une bonne conduite d'irrigation. Toutefois, l'efficacité de celle-ci reste à confirmer par expérimentation, notamment son pouvoir de lixiviation et de rendement. L'introduction des systèmes d'irrigation économiques comme le localisé est à étudier à l'exploitation de l'université.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail de recherche, nous pouvons conclure que l'exploitation agricole de l'université présentent des caractérisations hydro-édaphiques variables, avec un certaine différence entre les demi-secteurs A1 et C1.

Les eaux d'irrigation sont chargées en sels. La gestion de l'irrigation des sols est aléatoire, ne prenne pas en considération les potentialités hydro-édaphiques et les exigences climato-culturelles. Le mauvais drainage montre un réseau de drainage non fonctionnel et mal entretenu. Les effets de cette mauvaise conduite d'irrigation-drainage a produit dans les sols une hydromorphie, une salinisation, une alcalinisation.

Les sols sont hétérogène de texture sableuse à sablo-limoneuse, de structure particulière à massive au niveau des croûtes gypseuses. Les sols sont pauvres en calcaire et en matière organique. L'humidité des sols augmente vers le fond des profils, près du niveau des nappes phréatiques. Les croûtes gypseuses favorisent la saturation en eau et la dynamique ascendante des sels solubles et aussi limite la pénétration racinaire des palmiers dattiers.

L'étude la variabilité spatiale dans l'ensemble des demi-secteurs A1 et C1, nous a confirmé que les contraintes hydriques de nappes phréatiques et mécaniques de croûtes gypseuses augmentent l'hydro-halorphie dans les sols et limitent l'enracinement des palmiers dattiers. La profondeur critique de ce dernier doit être pris en considération le calcul des paramètres d'irrigation.

Nos recommandations de mise en valeur de l'exploitation de l'université de Ouargla, visent à lutter contre la dégradation hydro-édaphique qui risque de produire des stress de types hydrique par excès d'eau, salin-alkalin et mécaniques de croûtes. Les moyens de lutte vont se baser sur l'amélioration de la conduite culturale et la gestion de l'irrigation-drainage.

Dans la conduite culturale, nous préconisons d'améliorer des propriétés physiques des sols par le labour profond, le défoncement des croûtes gypseuses et les amendements organiques. Ce procédé contribuera à augmenter l'infiltration des eaux et des sels solubles ainsi que la profondeur d'enracinement des palmiers dattiers.

L'amélioration de la gestion de l'irrigation-drainage consiste premièrement à améliorer l'évacuation des eaux de drainage par l'amélioration des propriétés physiques des sols, le fonctionnement du réseau de drainage par un entretien quotidien des drains. En deuxième lieu, il faut corriger la gestion actuelle de l'irrigation par submersion par l'application des nouveaux paramètres d'irrigation, ajusté aux conditions environnementale à l'exploitation. Néanmoins, leurs actions sur la lixiviation des sels et le rendement en

palmeraie, reste à prouvé par expérimentation. Il faut passer aussi à un système d'irrigation plus économiques comme l'aspersion ou le localisé.

Enfin, cette recherche reste préliminaire à une prochaine étude sur l'évolution de la salinité à l'exploitation. D'autres recherches sont aussi recommandées sur l'amélioration des potentialités hydriques et de fertilités. Les informations collectées par les travaux de recherches vont permettre d'améliorer l'itinéraire technique de mise en valeur à l'exploitation et dans les fermes phoenicoles similaires à Ouargla et en zone saharienne. La vulgarisation des résultats de recherches reste indispensable dans toute politique de développement durable de l'agriculture saharienne.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **ARAGUES R., 1983** - The quality and availability of water used in irrigation systems. Proc. 17 th coll. Int. Potash Institued Bern, CRIDA, Zaragoza : 315-323.
2. **AUBERT G, 1975**- les sols sodiques en afrique du Nord. Annale de l'INA., Algerer,pp 185-195.
3. **AUBERT G, 1978** - Méthodes d'analyse des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille, 189 p.
4. **BAIZE D ., 1988**- Guide des analyses courantes en pédologie (choix- expression- présentation- interprétation). I.N.R.A., Paris, 172p.
5. **BENBRAHIM F, 2001**,. Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette de Ouargla. Mém.Ing, Université de Ouargla.
6. **BOUZIANE F. et SLIMANI R. (2012)** Mode de dégradation du sol sableux naturel dans la cuvette de Ouargla par deux formes chimique précipité et complexe possibilité d'utilisation agricole.Mém., Ing., Agro., université de Ouargla, 98 p.
7. **CHAMAYOU H., LEGROS J.P., 1989**- les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Ed. P.U.F., Paris, 593p.
8. **CHERBUY B., 1991** - Les sols salés et leur réhabilitation. Cemagref, Rennes, 124 p.
9. **CÔTE M., 1998** - Des oasis malades de trop d'eau? Sécheresse, 9 (2) : 123 - 130.
10. **DADAMOUSA M, 2007**- Les effets induits des différents programmes de développement agricole sur la préservation de l'écosystème saharien - cas de la région de Ouargla -
11. **DADDI BOUHOUN M., 1997**,. Contribution a l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne: cas du m'zab. Mém, Mag. Agro, Université de Ouargla.
12. **DADDI BOUHOU N M., 2010** ,. Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien). Thèse Doct., Université BADJI Mokhtar, Annaba, 39 p.
13. **DAOUD Y. 1993**- Contribution à l'étude des sols plaines du cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux, thèses Doct d'Eta. INA Alger,233p.
14. **DUBIEF J., 1963** - Le climat du sahara. Mém., Inst. Rech. Saha., Alger. Tome I, 298 p.

15. **DUCHUFFOUR P, 1976-** Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome 1, Ed. Masson, Paris, 477p
16. **DURAND J.H., 1958** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr. Imbert, Alger, 191 p.
17. **DURAND J.H., 1983** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imprimerie Boudin, Paris, 339 p.
18. **F.A. O, 2005:** Annuaire statistique de la FAO
19. **F.A.O., 2008:** Annuaire statistique de la FAO
20. **HALILAT M.T., 1993.** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zones sahariennes (région de Ouargla). Memoir Magister, Univ. Batna .
21. **HALITIM A., 1973** - Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Rennes, 176 p.
22. **HALITIM A., 1988:** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
23. **HAMDI AISSA B, 2001.,** La fonction actuelle et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Thèse, Doc, Agro, Paris Grignon, 307p.
24. **HAMMIA I, 2012.,** Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ. Mém. Ing. Agro, université de ouargla, p18
25. **HAOUALA F, FERDJANI H, BEN ELHADJI S, 2007.** Effets de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺, et Ca⁺⁺) et du chlore (CL⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et du chiendent. Biotechnology, Agronomie, Société et Environnement, vol .11, N°. 3:235-244.
26. **HORNEY R.D., TAYLOR B., MUNK D.S., ROBERTS B.A., LESCH S.M., PLANT R.E., 2005** - Development of practical site-specific management methods for reclaiming saltaffected soil. Computers and Electronics in Agriculture, 46 : 379–397.
27. **Hullin M, 1983-** cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés. Cours photocopié, Vol. 3, INA, Algerie, 139p.
28. **Idder M.A. (2006)** Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla . Mém., Mag., INA., El-Harrach, 102 p.
29. **GAUCHER G., BURDIN S., 1974** - Géologie, Géomorphologie et Hydrologie des terrains salés. P.U.F., Paris, 231 p.
30. **GREGORY B, 2005.** Ecophysiologie de semis de coniferes ectomycorhizes en milieu salin et sodique. Thèse de doctorat en science forestières 190p.
31. **LAHLOU M., BADRAOUI M., SOUDI B., GOUMARI A., TESSIER D., 2002,** *Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols*, France, 19p.

- 32. LEBSSISSE T, ASMANI R, 2014.,** Etude des potentialités hydro-édaphiques de la ferme de l'exploitation de l'université d'Ouargla. Problèmes posés et possibilités d'amélioration. Mém. Ing. Agro, université de ouargla.
- 33. Mahani K. (2006)** Contribution à l'étude de l'impact de quelques contraintes physico-chimique du sol sur le rendement du palmier dattier chez la variété Déglet-Nour (Ouargla). Mém., Ing., Agro., université de Ouargla, 108 p.
- 34. MAHBOUB R, 2008.,** Contribution à l'étude de réhabilitation de la palmeraie du département d'agronomie saharien (Ex: ITAS). Mém. Ing. Agro, Université de Ouargla, p27.
- 35. MCWILLIAM J.R., 1986 -** The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. Aust. J. Plant Physiol., 13 : 1-13.
- 36. Merabet S. (2011)** Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation. mém., Ing., Agro., université de Ouargla, 141 p.
- 37. Mermoud. A, 2006.** Cours physique du sol, Maitrise de la salinité des sols, pp 1-14
- 38. Mouhouche B., 1986-** cours d'irrigation. Polycopie, I.N.A., Alger, 100p
- 39. Nasrat A. (2007)** Contribution à l'étude de l'expérience de la concession agricole dans le périmètre de khchem Errih (Région de Ouargla cas de l'exploitation de l'I.T.A.S). Mém., Ing., Agro., université de Ouargla, 76 p.
- 40. Nezli I.E. (2009)** Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Thèse de doc., Université Mohamed Kheider, Biskra, Algérie, 117 p.
- 41. OLLIER C., POIREE M., 1983-** Irrigation. Les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. 6^{ème} Ed. Eyrolles, Paris, 503p.
- 42. OUSTANI M, 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse Magister. Uuniversité .Ouargla. 187p
- 43. POIREE M, OLLIER C., 1971-** Irrigation.les réseaux d'irrigation, théorie technique et économie des arrosages. 4^{ème} Ed. Eyrolles, Paris, 455p.
- 44. ROUVILOIS-BPIGOL M., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique.
- 45. SERVANT J., 1970 -** Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols. Conséquences pédologiques. Sci. Sol, 2 : 87-103.
- 46. SERVANT J.,1978-** La salinité dans les sols et les eaux : caractérisation et problème d'irrigation-drainage. Bull. B.R.G.M. Sect. II,N°2,pp. 123-142.

- 47. SOLTNER D., 1989** - Les bases de la production végétal. Tome I: Le sol, 17ème Ed. C.S.T.A., Angers, 468 p.
- 48. SZABOLOCS I., 1986** - Agronomical and ecological impact of irrigation on soil and water salinity. Advances in Soil Science. Volume 4 : 189-218.
- 49. U.S Salinity Laboratory, 1954-** Diagnosis and improvement of saline and alcali soil. USDA, Handbook N°60, Washington, 160p.
- 50. VIELLEFON J., 1979** - Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux; Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Pédol.,10 (2), pp. 195-223.
- 51. Youcefi M. (2011)** Etude de l'impact de l'hydro-halomorphie des sols sur la biogéographie des hydro-halophytes dans la cuvette de Ouargla. mém., mag., université de Ouargla,122 p.
- 52. ZELLA L. , 2012-** Les bases de l'irrigation. Office de publication universitaire 3- p268
- 53. ZERGOUN M., 1997** - Contribution à l'amélioration de l'efficacité des installations type pivot en régions sahariennes. Thèse Ing. I.H.A.S., Ouargla

Annexes

Annexes

Annexe I. Echelles utilisées à l'interprétation des résultats

Classe des sols gypseux (HELIMI, 2010 in SLIMANI, 2012)

Gypse (%)	Nom de la classe
< 0,3	Non gypseux
0,3-10	Légèrement gypseux
10-15	Modérément gypseux
15-25	Fortement gypseux
25-50	Extrêmement gypseux

Calcaire total (BAIZE, 1988)

CaCO ₃ (%)	Sol
CaCO ₃ ≤ 1	Non calcaire
1 < CaCO ₃ ≤ 5	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ ≤ 25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ ≤ 50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃ ≤ 80	Très calcaire
CaCO ₃ > 80	Excessivement calcaire

Matière organique (I.T.A, 1975)

M.O (%)	Sol
MO ≤ 1	Très pauvre
1 < MO ≤ 2	Pauvre
2 < MO ≤ 4	Moyenne
MO > 4	Riche

Annexe III. Calcul de la dose d'irrigation dans les demi-secteurs A1 et C1

Calcul de la dose pratique d'irrigation pour un profondeur de 500 mm dans A1										
Profils	Horizons	Hcr	Hpf	paisseur	Da	RU	f=2/3	RFU	Dp mm	Moy Dp
1	H1	2,46	1,16	240	1,56	4,87	0,67	3,24	34,52	34,30
	H2	21,9	10,81	260	1,63	46,91	0,67	31,28		
2	H1	1,99	1,1	100	1,48	1,32	0,67	0,88	42,93	
	H2	20,9	10,01	360	1,52	59,70	0,67	39,80		
	H3	16,2	9,31	40	1,22	3,37	0,67	2,25		
3	H1	1,83	1,07	180	1,54	2,11	0,67	1,40	25,46	
	H2	17	9,36	320	1,48	36,09	0,67	24,06		

Calcul de la dose pratique d'irrigation pour un profondeur de 500 mm dans C1										
Profils	Horizons	Hcr	Hpf	paisseur	Da	RU	f=2/3	RFU	Dp mm	Moy Dp
4	H1	4,04	2,1	100	1,49	2,89	0,67	1,93	37,96	39,93
	H2	17,5	9,94	180	1,38	18,88	0,67	12,59		
	H3	23,4	10,44	220	1,23	35,18	0,67	23,45		
5	H1	3,56	1,68	50	1,43	1,34	0,67	0,90	36,84	
	H2	16,5	8,48	350	1,34	37,43	0,67	24,95		
	H3	27,8	13,72	100	1,17	16,49	0,67	10,99		
6	H1	3,35	2,23	100	1,55	1,74	0,67	1,16	44,98	
	H2	26,9	15,31	180	1,56	32,60	0,67	21,73		
	H3	20,6	10,72	190	1,56	29,25	0,67	19,50		
	H4	24,6	15,23	30	1,38	3,88	0,67	2,59		

Annexe IV. Calendrier de l'irrigation dans les demi-secteurs A1 et C1

Calendrier d'irrigation pour le demi-secteur A1								
Mois	ETP	Kc	ETM	Dp mm	LF *(%)	N*	Dr	T
Janvier	34,79	0,60	20,88	34,30	9,00	1,00	20,88	31,00
Février	40,63	0,60	24,38			1,00	24,38	28,00
Mars	91,09	0,80	72,87			2,00	36,44	15,50
Avril	124,36	0,80	99,49			3,00	33,16	10,00
Mai	175,10	0,80	140,08			4,00	35,02	7,75
Juin	280,18	1,00	280,18			8,00	35,02	3,75
Juillet	329,94	1,00	329,94			9,00	36,66	3,44
Août	302,40	1,00	302,40			9,00	33,60	3,44
Septembre	174,48	0,80	139,58			4,00	34,90	7,50
Octobre	126,03	0,80	100,82			3,00	33,61	10,33
Novembre	69,36	0,80	55,49			2,00	27,74	15,00
Décembre	36,11	0,60	21,66			1,00	21,66	31,00

* correspond à CEi et une chute de rendement de 10 % pour le palmier dattier

Calendrier d'irrigation pour le demi-secteur C1								
Mois	ETP	Kc	ETM	Dp mm	LF *(%)	N*	Dr	T
Janvier	34,79	0,60	20,88	39,93	9,00	1,00	20,88	31,00
Février	40,63	0,60	24,38			1,00	24,38	28,00
Mars	91,09	0,80	72,87			2,00	36,44	15,50
Avril	124,36	0,80	99,49			3,00	33,16	10,00
Mai	175,10	0,80	140,08			4,00	35,02	7,75
Juin	280,18	1,00	280,18			8,00	35,02	3,75
Juillet	329,94	1,00	329,94			9,00	36,66	3,44
Août	302,40	1,00	302,40			9,00	33,60	3,44
Septembre	174,48	0,80	139,58			4,00	34,90	7,50
Octobre	126,03	0,80	100,82			3,00	33,61	10,33
Novembre	69,36	0,80	55,49			2,00	27,74	15,00
Décembre	36,11	0,60	21,66			1,00	21,66	31,00

* correspond à CEi et une chute de rendement de 10 % pour le palmier dattier

Résumé

L'exploitation de l'université de Ouargla présente des eaux d'irrigation très salées et conduite d'irrigation aléatoire. Le fonctionnement inadéquat du réseau de drainage à engendrer une hydromorphie dans les sols. La mauvaise gestion de l'irrigation-drainage et l'obstacle mécanique des croûtes ont produit une dégradation des sols par salinisation, alcalinisation et des conditions non favorable au développement racinaire des palmiers dattiers. L'étude de leur variabilité spatiale nous a permis de proposer des recommandations pratiques de mise en valeur et de recherche, de conduite culturale et de pilotage d'irrigation-drainage. Il est nécessaire d'améliorer les propriétés physiques des sols pour une meilleure évacuation des eaux et des sels. L'amélioration du pilotage d'irrigation doit obligatoirement passer par une estimation des paramètres d'irrigation et du calendrier d'irrigation. Toutefois, l'efficacité de cette approche reste à vérifier par expérimentation.

Mots clés: Impact, irrigation, drainage, salinisation, sols, exploitation, Ouargla.

Summary

The exploitation of the University of Ouargla has very salty irrigation water and conducting random irrigation. Improper operation of the drainage network to generate a water logging in soils. Mismanagement of irrigation-drainage and crusting of mechanical obstruction produced a degradation by soil salinization, alkalization and unfavorable conditions for root development date palms. The study of their spatial variability allowed us to propose practical recommendations for development and research, crop management and irrigation-drainage control. It is necessary to improve the physical properties of soils for better drainage of water and salts. Improved irrigation management must go through an estimate of irrigation parameters and irrigation scheduling. However, the effectiveness of this approach remains to be verified by experiment.

: الملخص

تتوفر المستثمرة الفلاحية التابعة لجامعة ورقلة على مياه ري مالحة جدا و سوء تسيير السقي والصرف مع تواجد عدة عوائق ميكانيكية و مائية متمثلة في ظاهرة صعود المياه و تكون طبقات غير نفوذة. مما أنتج التحلل بواسطة ملوحة التربة القلوية والظروف غير المواتية لنمو أشجار النخيل. فمن الضروري لتحسين الخواص الفيزيائية للتربة و تصريف أفضل للمياه والأملاح القيام بالتنمية الجذرية . الخواص

سمحت دراسة التباين المكاني لنا باقتراح توصيات عملية للتنمية والبحوث وإدارة المحاصيل وضبط الري والصرف

كلمات مفتاحية: تأثير الري والصرف ، والملوحة، واستغلال التربة، ورقلة