

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES  
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

*En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques*

*Spécialité : Agronomie saharienne*

*Option : Mise en valeur*

**THEME**

***Effet de l'irrigation par l'eau de la nappe  
phréatique sur la dynamique des sels dans le sol  
de Guerrara***

*Présenté et soutenu publiquement par :*

***M<sup>lle</sup> BENHAMMADI Oum Kelthoum***

01/07/2013

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	M. CHELOUFI H	Prof	(Univ. K M Ouargla)
<b>Promoteur :</b>	M. KHEMGANI M	M.C.B	(Univ. K M Ouargla)
<b>Co promoteur</b>	M <sup>m</sup> . HADJ SAID S	M.C.A	(Univ. K M Ouargla)
<b>Examineur :</b>	M. KAHELSEN K.	M.A.A	(Univ. K M Ouargla)
<b>Examineur :</b>	M. DJILI I.h	M.A.A	(Univ. K M Ouargla)

**Année Universitaire : 2012/2013**

# Remerciement

*En préambule à ce mémoire, je souhaitais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail ainsi qu'à la réussite de cette formidable année académique.*

*Je commencerais par remercier ma famille et plus particulièrement mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience  
je tiens à remercier sincèrement Monsieur KHANGHANI Abd-elmalik qui, en tant que Directeur de mémoire et encadreur professionnel, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*mes vifs remerciements vont également aux membres du jury : le président CHALOUFI Hamid et les examinateurs M GILLY Ibrahim et M KAHLSAN charif pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*J'exprime ma gratitude à tous les consultants et internautes rencontrés lors des recherches effectuées, monsieur MANSOURI Saleh et M IDDER abd-elhak qui ont accepté de répondre à mes questions avec gentillesse*

*je tiens aussi à remercier très chaleureusement les propriétaires des palmiers: Monsieur HAFFAR AHMED, BENOUMER Ibrahim, KHENIN Mohammed et, BSIS IBRAHIM et KHALËD AL-NAQIB*

*Ma gratitude s'adresse aussi à toute l'équipe du laboratoire de .....-Université  
Mes remerciements s'étendent également à tous mes enseignants durant les années des études.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.  
Merci à tous et à toutes.*



**Table des matières**

	<b>Introduction générale</b>	2
<b>Première partie : Synthèse bibliographique</b>		
<b>Chapitre I : Généralité sur le sol de Guerrara</b>		
<b>1.</b>	Généralité	6
<b>2.</b>	les sols alluviaux	6
<b>3.</b>	Évolution des sols alluviaux	7
<b>4.</b>	Propriétés	8
<b>5.</b>	Classification	8
<b>5.1</b>	Classification française (CPCS, 1967)	8
<b>5.1.1</b>	Sols alluviaux à faible évolution hydromorphe	8
<b>5.1.2</b>	Sols alluviaux hydromorphes	9
<b>5.2</b>	Classification américaine ou soil taxonomy (U.S.D.A, 1998)	10
<b>5.3</b>	Classification de la F.A.O	11
<b>6.</b>	Répartition des sols alluviaux	11
<b>6.1</b>	Dans le monde	11
<b>6.2</b>	Dans les zones arides	11
<b>6.3</b>	En Algérie	12
<b>Chapitre II: Les nappes phréatiques</b>		
<b>1.</b>	Eaux souterraines.	14
<b>1.1</b>	Les systèmes aquifères	14
<b>1.1.1</b>	Aquifère de complexe terminale	14
<b>1.1.2</b>	Aquifère du continentale intercalaire	14
<b>1.2</b>	Les nappes phréatiques	15
<b>1.2.1</b>	Mode d'alimentation des nappes phréatique	15
<b>1.2.2</b>	Caractérisation	16
<b>1.2.3</b>	Classification	16
<b>2</b>	La nappe alluviale	17
<b>2.1</b>	Caractéristiques	17
<b>2.2</b>	Alimentation de la nappe alluviale	18

<b>Chapitre III : Irrigation des sols en zone oasiennes de l'Algérie</b>		
<b>1.</b>	Irrigation dans les oasis	<b>20</b>
<b>2.</b>	Situation de l'irrigation	<b>20</b>
<b>2.1</b>	Terres irriguées	<b>20</b>
<b>2.2</b>	Systèmes d'irrigation	<b>21</b>
<b>3</b>	Caractéristiques des eaux d'irrigation	<b>22</b>
<b>3.1</b>	Caractéristiques physiques	<b>22</b>
<b>3.2</b>	Caractéristiques chimiques	<b>22</b>
<b>4.</b>	Classification des eaux d'irrigation	<b>23</b>
<b>4.1</b>	Diagramme de l'U.S.S.L modifié	<b>23</b>
<b>4.1.1</b>	La salinité de l'eau	<b>23</b>
<b>4.1.2</b>	Danger de l'alcalinisation du sol	<b>24</b>
<b>4.1.3</b>	Les Classes d'eau	<b>24</b>
<b>5.</b>	Problèmes liés à la qualité des eaux	<b>25</b>
<b>Deuxième partie Matériel et Méthodes</b>		
<b>Chapitre IV : Présentation de la région d'étude</b>		
<b>1.</b>	Introduction	<b>28</b>
<b>2.</b>	Situation géographique	<b>28</b>
<b>3.</b>	Géologie	<b>28</b>
<b>3.1</b>	Crétacé supérieur (CS)	<b>28</b>
<b>3.2</b>	Néogène	<b>29</b>
<b>3.3</b>	Quaternaire continental (qt)	<b>29</b>
<b>4.</b>	Géomorphologie	<b>31</b>
<b>4.1</b>	Formations structurales	<b>31</b>
<b>4.1.1</b>	Hamadas	<b>31</b>
<b>4.1.2</b>	Garas (buttes témoins)	<b>31</b>
<b>4.1.3</b>	Dayas	<b>31</b>
<b>4.2</b>	Formations des versants	<b>32</b>
<b>4.2.1</b>	Glacis	<b>32</b>
<b>4.2.2</b>	Cônes d'éboulis	<b>32</b>
<b>4.3</b>	Formations superficielles	<b>32</b>
<b>4.3.1</b>	Glacis supérieurs	<b>32</b>

4.3.2	Glacis du golf de Guerrara (Amied)	32
5.	Contexte hydrogéologique	33
5.1	Hydrologie locale	33
5.1.1	Nappe du Mio-Pliocène et Eocène	33
5.1.2	Nappe du Sénonien	33
5.1.3	Nappe de Turonien carbonate	33
5.1.4	Nappe du continental intercalaire	33
5.1.5	La nappe phréatique	33
5.2	Hydrologie superficielle (Oued Zigrir)	33
5.2.1	Généralités sur Oued Zegrir	33
5.2.2	Épandages des eaux de crues d'Oued Zegrir	34
6.	Contexte climatique	35
6.1	Données brutes	35
6.1.1	Températures	35
6.1.2	Précipitations	36
6.1.3	Vent	36
6.2	Synthèse des données climatiques	37
6.2.1	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	37
6.2.2	Climagramme d'Emberger	39
7.	Conclusion	39
<b>Chapitre V : Matériels et Méthodes</b>		
1.	Introduction	42
2.	Choix de la zone d'étude	42
3.	Méthodologie du travail	44
3.1	Phase préliminaire	44
3.1.1	Etude des documents de base	44
3.1.2	Prospection de reconnaissance	44
3.2	Phase de travail sur le terrain	44
3.2.1	Echantillonnage sur le terrain dans une parcelle	44
3.2.2	Echantillonnage sur le terrain dans un profile pédologique	45
3.2.3	Echantillonnage des eaux d'irrigation des puits	46
3.2.3	Présentation des sites	47
3.3	Phase d'analyse au laboratoire	51



<b>3.3.1</b>	Généralités	<b>51</b>
<b>3.3.2</b>	Etude analytique du profil	<b>51</b>
<b>Troisième partie : Résultats et discussions</b>		
<b>1.</b>	Caractérisation morphologique et analytique des profils	<b>54</b>
<b>1.1</b>	Profil A	<b>54</b>
<b>1.1.1</b>	Description morphologique	<b>54</b>
<b>1.1.2</b>	Description analytiques	<b>55</b>
<b>1.1.3</b>	Résultat et discussions partielle	<b>56</b>
<b>1.2</b>	Profil B	<b>58</b>
<b>1.2.1</b>	Description morphologique	<b>58</b>
<b>1.2.2</b>	Description analytiques	<b>59</b>
<b>1.2.3</b>	Résultat et discussions partielle	<b>60</b>
<b>1.3</b>	Profil C	<b>62</b>
<b>1.3.1</b>	Description morphologique	<b>62</b>
<b>1.3.2</b>	Description analytiques	<b>63</b>
<b>1.3.3</b>	Résultat et discussions partielle	<b>64</b>
<b>1.4</b>	Profil D	<b>65</b>
<b>1.4.1</b>	Description morphologique	<b>65</b>
<b>1.4.2</b>	Description analytiques	<b>66</b>
<b>1.4.3</b>	Résultat et discussions partielle	<b>67</b>
<b>2.</b>	Qualité d'eau d'irrigation	<b>69</b>
<b>2.1</b>	Caractères physique des eaux irrigation	<b>69</b>
<b>2.1.1</b>	Température	<b>69</b>
<b>2.1.2</b>	pH	<b>69</b>
<b>2.1.2</b>	Conductivité électrique.	<b>70</b>
<b>2.2</b>	Chimie et qualité de l'eau d'irrigation	<b>70</b>
<b>2.2.1</b>	Bilan ionique	<b>70</b>
<b>2.2.2</b>	Faciès chimique	<b>70</b>
<b>2.2.3</b>	Degré d'aptitude à l'irrigation (Méthode du S.A.R)	<b>70</b>
<b>2.2.4</b>	Conclusion	<b>70</b>

<b>3.</b>	Caractéristiques physico-chimique des sols irrigués	<b>72</b>
<b>3.1</b>	Evolution de CE	<b>72</b>
<b>3.1.1</b>	Evolution de la salinité (CE) en fonction de la profondeur	<b>73</b>
<b>3.1.2</b>	Evolution de la salinité (CE) dans le temps	<b>78</b>
<b>3.2</b>	Évolution du pH	<b>80</b>
<b>3.2.1</b>	Évolution du pH en fonction de profondeur	<b>80</b>
<b>3.2.2</b>	Évolution du pH dans le temps	<b>82</b>
<b>3.3</b>	Situation finale du bilan ionique du sol après la dernière irrigation	<b>83</b>
<b>Discussion générale</b>		<b>85</b>
<b>Conclusion générale</b>		<b>88</b>
<b>Références bibliographiques</b>		<b>90</b>
<b>Annexes</b>		<b>95</b>





### Liste des tableaux

N°	Titre	page
I	classification des eaux phréatiques.	17
II	Les superficies irriguées au Sahara algérien	21
III	Températures (°C.) moyennes mensuelles, des maxima et des minima pour l'année 2012 et les dix années (2003 à 2012) dans la région de Ghardaïa.	35
IV	précipitations (mm) pour l'année 2012 et les dix années (2003 à 2012) dans la région de Ghardaïa.	35
V	vent (m/s) enregistrées dans la région de Ghardaïa de l'année 2012	35
VI	caractéristiques physiques et chimiques du profil A	55
VII	Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil A.	57
VIII	caractéristiques physiques et chimiques du profil B	59
IX	Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil B	61
X	caractéristiques physiques et chimiques du profil C	63
XI	Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil C.	64
XII	caractéristiques physiques et chimiques du profil D	66
XIII	Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil D	67
XIV	les résultats des analyses de caractéristique de l'eau d'irrigation	69

### Liste des figures

N°	Titre	page
01	les sols alluviaux dans la classification Française (CPCS, 1967).	09
02	Les sols alluviaux dans la classification américaine (U.S.D.A, 1998)	10
03	Répartition des sols alluviaux par continent.	11
04	Situation géographique du Guerrara	29
05	Carte géologique de Guerrara	30
06	Coupe géologique de Guerrara	30
07	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN région de Ghardaïa (2003-2012)	38

08	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2012)	38
09	Climagramme d'Emberger de région de Ghardaïa	40
10	Carte géographique de l'ancienne palmeraie de Guerrara	42
11	la zone inondable dans la palmeraie par les crues de OuedZegrir	43
12	Positionnement des profils dans la palmeraie	52
13	Profil A	55
14	Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil A	56
15	Profil ionique du profil A	57
16	Profil B	59
17	Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil B	60
18	Profil ionique du profil B	61
19	Profil C	62
20	Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil C	63
21	Profil ionique du profil C	64
22	Profil D	66
23	Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil D	67
24	Profil ionique du profil D	68
25	Diagramme de piper	71
26	Diagramme de Riverside	71
27	Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site A)	72
28	Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils Site B	74
29	Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site C)	75
30	Variation de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site D)	77
31	Evolutions de la CE moyenne avec le temps	78
32	Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils Site A	80
33	Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils Site B	80

34	Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils Site C	81
35	Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils Site D	81
36	Variation de pH avec le temps	82
37	Profil ionique du profil A	83
38	Profil ionique du profil B	83
39	Profil ionique du profil C	84
40	Profil ionique du profil D	84

### **Liste des Photo**

N°	Titre	page
01	Les palmeraies en états de crue.	34
02	les trois endroits du 1 <sup>er</sup> site (A).	47
03	Les trois endroits du 2 <sup>ème</sup> site (B)	48
04	Les trois endroits du 3 <sup>ème</sup> site (C)	49
05	Les trois endroits du 4 <sup>ème</sup> site (D)	50
06	Profil A	55
07	Profil B	59
08	Profil C	62
09	Profil D	66

### **Liste des abréviations**

CE : Conductivité Electrique

FAO : Food and Agriculture Organisation

M.O : Matière organique

Prof. : Profondeur

SAR : Sodium Adsorption Ratio

USDA: United States Department of Agriculture

# Introduction

## **Introduction**

L'ancienne palmeraie de Guerrara constitue un exemple typique d'un agro système oasien traditionnel. Dans cette oasis, les alluvions apportées et déposées par les Oueds ont permis l'existence d'une nappe alluviale qui assure l'irrigation d'une grande partie de la palmeraie et le reste est irrigué par des eaux profondes.

La nappe alluviale est captée par des puits traditionnels dont la profondeur varie de 3 à plus de 30 mètres. Ces puits sont parfois mal entretenus et délaissés, en plus l'utilisation d'autres eaux en irrigation et le passage du réseau d'assainissement dans la palmeraie, ce qui a influencé le sol et le couvert végétal de la palmeraie (**KHEMGANI, 2010**).

En effet, les agriculteurs considèrent que la qualité des eaux de la nappe alluviale a changé et devient inconvenable pour l'irrigation de plusieurs spéculations. Ils confirment que l'eau des puits est devenue de plus en plus salée ce qui leurs a poussé d'arrêter de l'utiliser en irrigation dans certains cas.

La salinité de l'eau des puits a évolué d'une eau faiblement salée (**KHEMGANI, 2010**) à fortement salé à excessivement salée (**GUERGHOUT, MEZZAR. 2012**).

Cette salinité des eaux des nappes alluviale est considérée comme un problème pour la gestion des sols et de l'irrigation pour les agricultures.

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet d'irriguer avec cette eau sur le sol, notamment le problème de salinisation. Il s'agit d'une étude physico chimique des sols et de l'eau des puits, par des prélèvements de sol (après chaque irrigation) et d'eau pour être analysé par la suite au laboratoire.

Ce mémoire s'articule en trois parties :

La première partie est réservée à une synthèse bibliographique, permettant dans un premier chapitre de donner des généralités sur les sols alluviaux, et dans un deuxième chapitre la nappe phréatique et le chapitre (III) est consacré à l'irrigation par les nappes phréatiques dans les régions sahariennes.

La deuxième partie sera consacrée à la présentation de la région d'étude (chapitre IV) et le chapitre V traite le matériel et la méthodologie du travail

Dans la troisième partie, on dévoile les résultats obtenus et leur discussions.



# I- Synthèse bibliographique

# Chapitre I

## Généralité sur les sols Guerrara

Les sols de l'ancienne palmeraie, sont définis comme étant des sols alluviaux qui dérivent de matériaux fins portés par oued Zegrir au moment de ses crues occasionnelles.

### **1. Généralité**

Les zones alluviales sont définies comme étant des lieux bordant des ruisseaux, des torrents, des rivières, des fleuves et souvent aussi des lacs, périodiquement ou épisodiquement inondés et dans lesquels, en outre, les racines des plantes sont temporairement atteintes par une nappe phréatique à fortes fluctuations. Les inondations apportent aux végétaux une quantité d'eau supplémentaire à celle fournie par les précipitations ainsi que des éléments fertilisants (**KHUN et AMIET, 1998 In GHUERGHOUT et MAZZAR, 2012**).

Selon (**JEGO, 2008**) une plaine alluviale peut être assimilée au lit majeur d'un cours d'eau. Il s'agit d'une surface topographique, à faible dénivelé, en fond de vallée. Elle est constituée par des alluvions (débris, matériaux) déposées lors de crues du cours d'eau. La plaine alluviale appartient à la zone inondable d'un cours d'eau

### **2. Les sols alluviaux**

Un sol alluvial est un sol azonale constituée de dépôts alluvionnaires relativement récents. Il s'agit d'un sol du type (A) C ou AC formé sur matériaux marins, fluviaux, ou lacustres; généralement humide, à horizon (A) faiblement développé ou même absent. Le sol ne présente donc pas de développement de profil. Les matériaux grossiers, s'ils sont présents, sont roulés (**LOZET et MATHIEU, 2002**).

Ce sont des sols jeunes, soit des sols proches du matériau d'origine dont l'évolution pédologique est nulle ou faible. Leur principale caractéristique découlant directement de cela est qu'ils sont chimiquement peu altérés. Ainsi, peu de redistribution de fer, de carbonates ou de sels sont possibles, et ces caractéristiques se traduisent par une faible coloration des profils en raison de la faible quantité de fer libre (**DUCHAUFOR, 2001**).

Les sols alluviaux constituent les dépôts récents des vallées où ils occupent le « lit majeur » très souvent inondé des rivières. Ils sont caractérisés par la présence d'une nappe phréatique qui circule, et n'est donc pas réductrice mais subit de fortes oscillations saisonnières (**DOUFEN, 2012**).

Les sols alluviaux sont en générale soumis à une alternance de sécheresse et d'humidité provoquée par les oscillations de la nappe dépend cette alternance favorise leur oxygénation qui empêche les phénomènes de réduction et provoque la minéralisation rapide de matière organique. La formation de l'humus est alors limitée. (DUCHAUFOR, 1977).

D'après A.F.E.S., 1995, les sols alluviaux fluviatiles peuvent être relativement homogènes ou présentent une grande hétérogénéité minéralogique et granulométrique qui reflète d'une part la diversité des matériaux géologiques et pédologiques situés en amont du bassin versant, et d'autre part la circonstance des alluvionnements, raison pour laquelle les sols alluviaux peuvent être calcaire ou acides, ou sableux, limoneux ou argileux ; peu altérés ou au contraire altérés et assez riche en fer (BECHICHI.M, 2011).

### **3. Évolution des sols alluviaux**

Les apports alluvionnaires plus ou moins fréquents freinent l'évolution des sols alluviaux, et provoquent le rajeunissement du profil, cependant beaucoup de sols alluviaux manifestent une évolution plus ou moins marquée vers d'autres types de sol, soit par l'interruption des apports, soit par abaissement de la nappe ou modification de son potentiel d'oxydoréduction par de fortes oscillations (DUCHAUFOR, 1977 in DOUFEN.S)

Selon DUCHAUFOR 1997 nous trouvant les sols alluviaux suivants :

- Les sols alluviaux brunifiés : sont plus riches en argile et en fer ; Ces caractères étant souvent hérité lorsque le matériau transporté et déposé, a subi lui-même une pédogenèse antérieure « brunifiante ».
- Sols alluviaux hydromorphes : les caractères hydromorphes s'accroissent, lorsque la nappe, circulant moins rapidement et subissant des oscillations plus faibles, devient plus réductrice.
- Sols alluviaux humifères : sols caractérisés par une incorporation profonde de matière organique, très humifiée et de couleur foncée liée à la présence d'une végétation hygrophile très développée. On distingue les types rendziniques, chemozémiques, et même vertiques.

### **4. Propriétés des sols alluviaux :**

Les sols alluviaux ont en commun certaines propriétés liées surtout à leur régime hydrique malgré leur hétérogénéité :

- Présence d'une nappe phréatique permanente à forte oscillation. Cette nappe étant renouvelée constamment par les inondations.
  - Hétérogénéité fréquente de texture et de granulométrie, se manifestant par des variations brutales, aussi bien latéralement que verticalement au sein du profil : en règle générale, un matériel fin (limon, ou limon argileux homogène) d'épaisseur très variable, repose sur un lit de sable ou graviers.
  - Humification généralement activée par les conditions favorable de l'humidité du sol, sauf dans le cas où le milieu est trop sec.
  - Brunification des sols alluviaux en climat tempéré. Ces sols sont relativement riches en argile et en fer libre (**DUCHAUFOR, 1977 In DOUFEN.S, 2012**).
- La plupart des sédiments alluviaux contiennent une teneur appréciable de matière organique (**INSID, 1998 In Acte, 2008**).

## **5. Classification des sols alluviaux**

### **5.1 Classification française (CPCS, 1967)**

Dans ce type de classification, les sols alluviaux sont subdivisés en deux groupes (figure01) :

#### **5.1.1 Sols alluviaux à faible évolution hydromorphe**

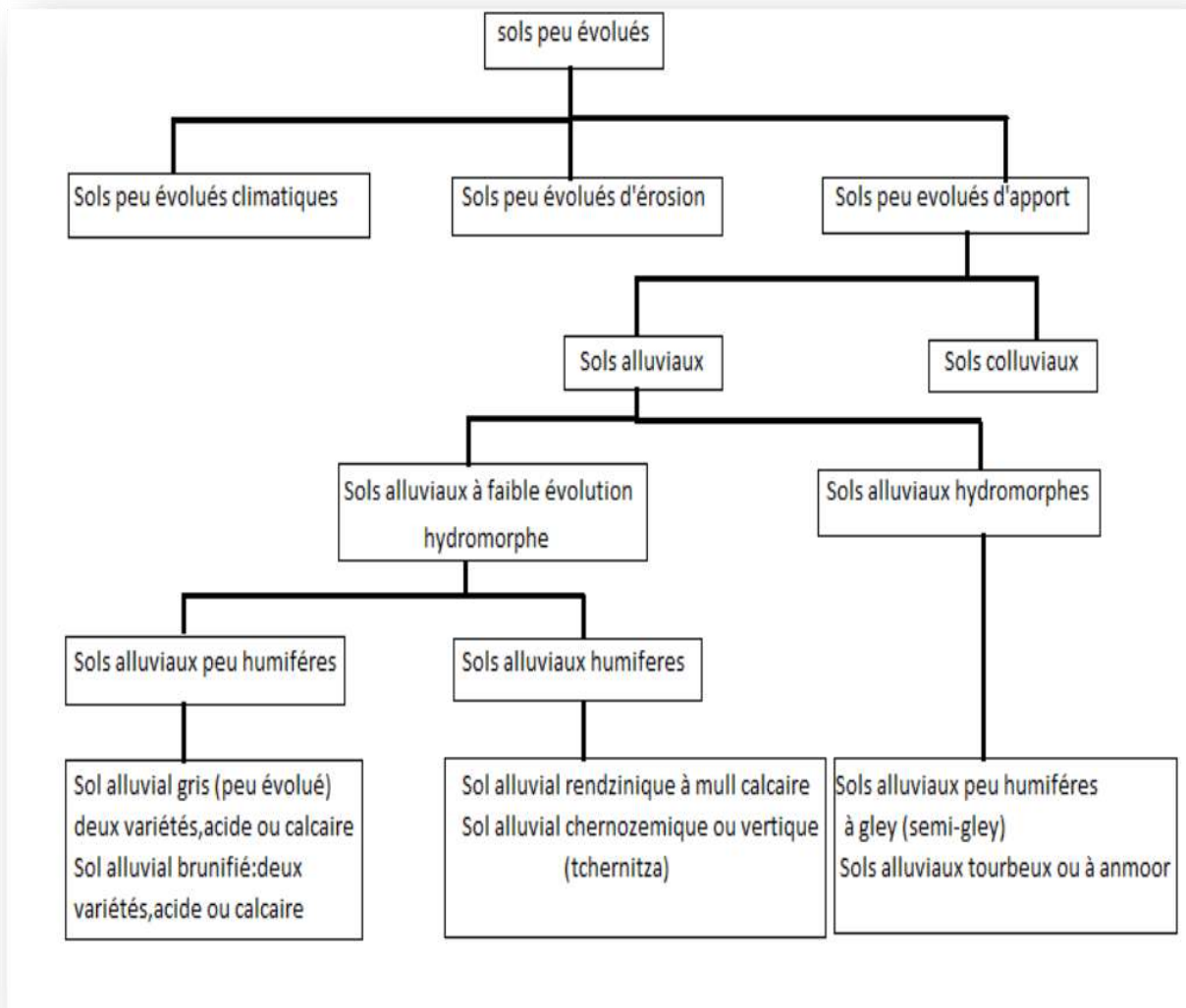
- sols alluviaux peu humifères :
  - Sols alluviaux gris (peu évolués) : deux variétés, acide ou calcaire ;
  - Sols alluviaux brunifiés : deux variétés, acides ou calcaires.
- Sols alluviaux humifères :
  - Sols alluviaux rendziniques à mull calcaire;
  - Sols alluviaux chernozemiques ou vertiques.

#### **5.1.2 Sols alluviaux hydromorphes**

- Sols alluviaux peu humifères, à gley ;
- Sols alluviaux tourbeux ou à anmoor.

D'après POUGET in DJILI (2004), dans les zones arides et semi arides de l'Algérie, ont trouvé les sols suivants :

- - Les sols peu évolués d'apport alluvial modaux.
- - Les sols peu évolués vertiques.
- - Les sols peu évolués halomorphes.



- **Figure 01 : les sols alluviaux dans la classification Française (CPCS, 1967)**

## 5.2 Classification américaine ou soil taxonomy (U.S.D.A, 1998)

Cette classification est basée sur les propriétés pédogénétique des sols; caractéristique morphologiques, chimiques, minérales et naturelles, qui sont connus sous le nom d'horizons diagnostiques:

Ordre:Entisols.

Sous ordre:Fluents.

Sous-groupe:

- torrifluents (chaud et sec).
- Tropofluents (chaud et humide).
- Udifluents (humide).
- Ustifluents (semi-aride).
- Xérofluents (climat méditerranéenne).

D'après Halitim (1988), les sols alluviaux des zones arides de l'Algérie sont rattachés aux grands groupes de Torrifluents et Ustifluents de la soitaxonomy.

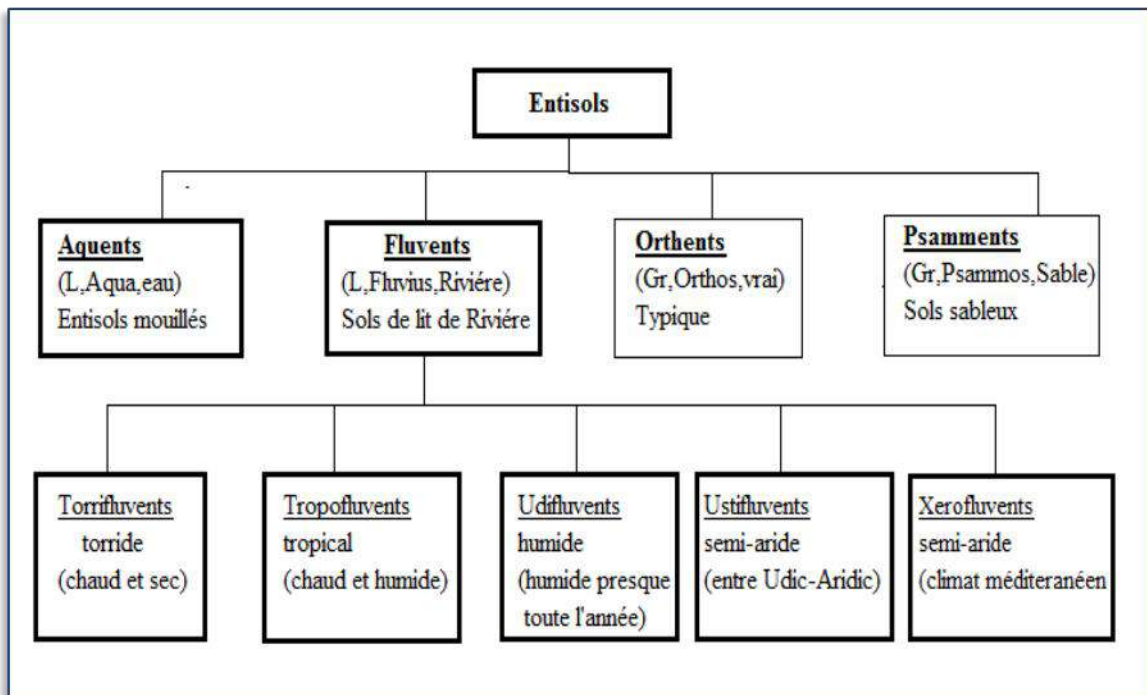


Figure 02: Les sols alluviaux dans la classification américaine (U.S.D.A, 1998)

### 5.3 Classification de la F.A.O

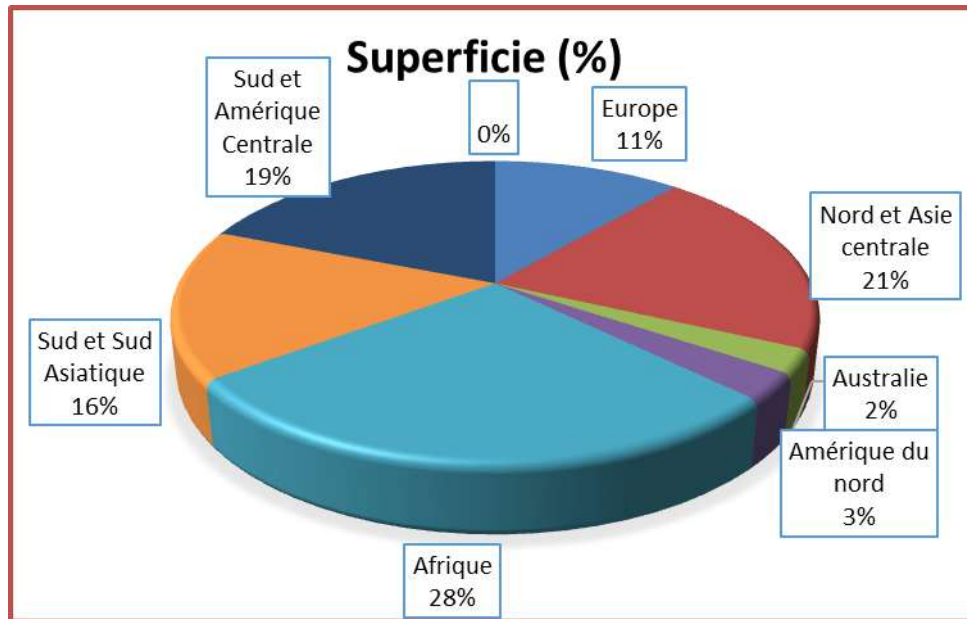
C'est une classification plus proche de la classification américaine dans la mesure où elle utilise la même notion d'horizon diagnostique fondamental. De ce fait, et suivant les caractéristiques des sols alluviaux, nous pouvons trouver certains d'entre eux rattachés à l'unité des Fluvisols, d'autres rattachés à l'unité des Vertisols (F.A.O, 1998).

## 6. Répartition des sols alluviaux



## 6.1 Dans le monde

Selon la FAO (1993), les sols alluviaux sont très répandus dans le monde. Leur surface totale est estimée à plus de 356 millions d'hectares. L'Afrique possède 98 million d'hectares de sols alluviaux, notamment dans les vallées de Chari, Niger, Sénégal et Nil. (KHEMGANI, 2010)



**Figure 03 : Répartition des sols alluviaux par continent**  
(F.A.O, 1993 in KHEMGANI, 2010)

## 6.2 Dans les zones arides

Les sols alluviaux des zones arides sont ceux des sols des lits d'oued et de leurs zones d'épandage. Les apports sont très limités dans le temps par la rareté de pluies d'intensité suffisante, et par la quantité des écoulements qui n'intéressent souvent que quelques tronçons du bassin ou de fond des Dayas (DUTIL, 1971; COOKE et al. 1993, in DOUFEN, 2012).

Les produits entraînés vers les points bas sont constitués principalement par des sables fins, une partie de limon et très peu d'argile. Souvent, dans les oueds il ne s'agit que d'un remaniement interne des dépôts de leur lit, se traduisant par un transfert en un autre point en aval du bassin. Les produits accumulés sont généralement des sables fins sans cohésion (DOUFEN, 2012).

Par ailleurs on peut constater des remaniements superficiels des matériaux argileux. Dans ce cas, les produits remaniés par l'eau donnent naissance à une organisation se

traduisant par une forte polygonation. Ce phénomène est une conséquence de la dessiccation amorçant la formation d'un réseau de fentes de retrait. Selon TOUTAIN (1979), ces terres sont riches en éléments minéraux notamment en potassium, phosphore et calcium (**DOUFEN, 2012**).

### **6.3 En Algérie**

D'après DJILI (2004), en Algérie plusieurs travaux ont été réalisés sur l'étude des sols alluviaux, à savoir l'étude de Boulaine (1957) sur les sols des plaines de Chelif, Dutil (1971) sur les sols et les paléosols du Sahara, Pouget (1980) sur les steppes sud algéroises, Halitim(1988) sur les sols des régions arides, Dadi Bouhoun (1997) sur l'évolution de la salinité des sols alluviaux du M'zab, Djili (2004) et Youcef (2006) sur les aspects analytique et morphologique des sols alluviaux en zones arides (cas de la Dayet El Amied), selon KHEMGANI (2010), d'autre d'étude ont été menées dans le même contexte, tel que celles de Aouam (2007) et Khadraoui (2010).

# Chapitre II

## Les nappes phréatiques

## 1. Eaux souterraines.

Les eaux souterraines ont une double appartenance, elles font partie du cycle de l'eau et du sous-sol. Elles sont liées aux eaux de surfaces et s'interpénètrent continuellement dans l'espace et dans le temps à la faveur d'infiltration et de drainage (**BAHIR et MENNANI, 2002**).

Les ressources en eau souterraines au Sahara sont essentiellement constituées par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès ; alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et les Continental Intercalaire ; ainsi que d'autres ressources en eau situées dans les périphéries du bassin du Sahara septentrional et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatiques) (**KHADRAOUI, 2008**).

En zones arides, les eaux souterraines constituent la principale ressource en eau. Elles se localisent au niveau de différentes formations géologiques et peuvent être exploitées par des puits, forages, foggara et parfois à partir des sources libres (**KHEMGANI, 2010**).

### 1.1 Systèmes aquifères

#### 1.1.1 Aquifère de complexe terminale

La nappe du complexe terminale (CT) localisée dans le Sahara occidental et s'étend sur une superficie de 350.000 Km<sup>2</sup> avec une profondeur oscillant entre 100 et 500 m. Cette nappe regroupe deux systèmes aquifères, qui sont appelés nappes des sables et nappe des calcaires. La nappe du complexe terminale est en charge sous les formations argileuse du Moi-Pliocène dans la partie Nord et libre dans la partie Sud. L'écoulement général se fait vers les chotts et vers le golfe de Gabes. Les eaux de cet aquifère se caractérisent par une température peu élevée, l'eau est moins chargée en sels sur les bordures et relativement plus chargée au centre (plus de 5g/l) (**KHADRAOUI, 2011**).

#### 1.1.2 Aquifère du continental intercalaire

La nappe du continental intercalaire occupe l'intervalle stratigraphié compris entre la base du Trias et le sommet de l'albien. Ce réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional (600.000 Km<sup>2</sup>) et à son épaisseur, qui peut atteindre 1000 mètres au Nord-Ouest du Sahara (**KHADRAOUI, 2011**).

La nappe du continental intercalaire est un réservoir à eau douce ; la plus grand partie de l'eau de cette ressource a été remplie pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. Les eaux du continentale Intercalaire sont caractérisées par : une température qui dépasse les 60°C sauf aux endroits où l'aquifère est proche de la surface du sol et une minéralisation de l'eau qui oscille entre 1 et 2g/l de résidu sec. L'alimentation de la nappe est relativement à la périphérie du réservoir, tout au long et à l'extrémité des Oueds, qui descendent des montes de l'atlas saharien (**KHADRAOUI, 2011**).

## **1.2 Les nappes phréatiques**

Elle est dite aussi nappe libre, cette nappe est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Sa profondeur varie en fonction des points et des saisons (**ONA, 2003. In YOUSFI, 2011**).

On désigne sous le nom de nappe phréatique les aquifères superficiels dont la profondeur n'excède pas les 50 mètre. Ces nappes sont partout présentes au Sahara dans la dépression dans les vallées. (**TESCO-VISITER, 1986, In HAFOUDA, 2005**).

### **1.2.1 Mode d'alimentation des nappes phréatique**

Les nappes phréatiques sont alimentées par :

- Les eaux d'irrigation provenant par les pompages des forages captent les nappes profondes.
- Les rejets des eaux usées dans les drains et les fossés d'aisances sans oublier les eaux d'assainissement agricoles.
- Les forages dont le tubage et la cimentation sont détériorés.
- Les pluies torrentielles (**HAFOUDA, 2005**)

### 1.2.2 Caractérisation des eaux phréatiques

Les principaux paramètres de caractérisation d'une eau phréatique sont la salinité, la sodicité (servant, 1978) et le faciès chimique (SAFAR, 1983. In BEN BRAHIM 2000).

D'après SERVANT (1978), la salinité est ordinairement exprimée par la conductivité électrique en dS/m à 25°C. la sodicité d'une eau traduit la propriété qu'a cette eau d'augmenter la proportion de sodium échangeable, le paramètre le plus utilisé pour déterminer la sodicité est le SAR.

Le faciès chimique représente la /les anions et cations pré dominant dans l'eau ou dans la solution de sol.

D'après BOUHIHI (1996), les principales méthodes pour déterminer les faciès sont :

- Le rapporte  $Cl/SO_4^{-2}$  pour les anions
  - $Cl/SO_4^{-2} > 5$  eau chlorurée
  - $Cl/SO_4^{-2} < 5$  eau chlorurée – sulfate
  - $0,2 < Cl/SO_4^{-2} > 1$  eau sulfato – chlorurée
  - $Cl/SO_4^{-2} < 0,2$  eau sulfate
- Le diagramme de PIPER pour le faciès globale.

Le diagramme est divisé en deux triangle de classification l'un pour le faciès cationique et l'autre pour le faciès anionique, à partir des deux faciès nous déterminant le faciès globale dont la nomination anionique précède toujours celle cationique (fig) (BEN BRHIM, 2000).

### 1.2.3 Classification des eaux phréatique.

Le tableau I représente la classification des eaux phréatiques en fonction des valeurs de résidus sec (FLOREA, 1961 In BEN BRAHIM, 2001).

Tableau I: Classification des eaux phréatiques

Résidus sec en g/l	Déférents types d'eau de nappe
$\leq 0,5$	Eau douce
$0,5 < R.S \leq 4,5$	Eau très faiblement salée
$4,5 < R.S \leq 10$	Eau faiblement salée
$10 < R.S \leq 25$	Eau moyennement salée
$25 < R.S \leq 45$	Eau fortement salée
$45 < R.S \leq 100$	Eau très fortement salée
$>100$	Eau excessivement salée

## 2. La nappe alluviale

L'ensemble des dépôts compris entre deux phases érosives intenses qui ont laissé leur empreinte dans le bed-rock par un palier d'érosion d'altimétrie facilement repérable et de présence régionale constante (**LECOLE, 1980 In CHAUSSE, 2003**).

Les systèmes alluviaux sont une partie de l'hydro système fluvial, définie comme un ensemble fonctionnel en interaction avec un coure d'eau, grâce à des flux des matières (eau, soluté, charge solide), d'organismes et d'énergie (**AMOROS et PETTS, 1993 In KHEMGANI, 2010**).

La nappe alluviale est une nappe libre qui circule dans les alluvions de la rivière, est qui se trouve à une profondeur faible, ce qui facilite sont exploitation par des puits et forage (**LENOBLE, 1995**).

Les alluviaux déposé par les cours d'eau, sont généralement accompagnées d'une nappe alluviale, dont la qualité de l'eau est meilleure que celle du cours d'eau, du fait qu'elle a été filtrée par le sous-sol. Cette eau utilisée comme eau potable et en agriculture (**BANTON et BANGOY, 1999**).

### 2.1 Caractéristiques de la nappe alluviale

Elle est caractérisée par la porosité des milieux qui détermine l'espace disponible pour l'eau, ses dimensions, sa hauteur, la vitesse et sens d'écoulement. Cette nappe est délimité par des alluviaux secs en haut (perméable) et un substratum imperméable en bas qui est généralement l'argile (**LENOBLE, 1995**).



## **2.2 Alimentation de la nappe alluviale**

Selon **BEAUCHAMP (1995)**, la source d'alimentation en eau d'un bassin hydrologique est fournie par les précipitations efficaces, c'est à dire par le volume d'eau qui reste disponible à la surface du sol après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle. L'eau se répartit en deux fractions:

- le ruissellement qui alimente l'écoulement de surface collecté par le réseau hydrographique;
- l'infiltration qui alimente le stock d'eau souterrain.

# Chapitre III

## Irrigation des sols en zone oasiennes de l'Algérie

Le Sahara algérien couvre une superficie de plus de deux millions de kilomètres carré et s'étend de l'Atlas saharien et des Aurès jusqu'aux frontières Maliennes, Nigériennes et Libyennes, soit une distance de plus de deux mille kilomètres (nord-sud).

### **1. Irrigation dans les oasis**

On définit généralement l'irrigation comme l'apport d'eau au sol dans le but d'assurer l'humidité nécessaire à la croissance des plantes. Cependant, selon une définition plus large et plus détaillée, l'irrigation est l'application d'eau au sol. (JEAN et ALAIN, 2006).

L'irrigation fut un facteur puissant de richesse, de prospérité et par voie de conséquence de sécurité. (CLEMENT et al, 2007).

Au Sahara, les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le Tassili. Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie de ces eaux coulent dans des oueds et recueillies par des retenues (Ziban et Saoura) et / ou elles alimentent les nappes phréatiques et des fois par l'intermédiaires de barrages de l'inféro-flux (Laghouat et Tamanrasset) (KHADRAOUI, 2006).

Les principales ressources en eau d'irrigation des palmeraies sont les eaux souterraines (sources, nappes phréatiques et nappes profondes) et les eaux superficielles (crues, oueds...) (BOUZAHER, 1990).

### **2. Situation de l'irrigation**

#### **2.1 Terres irriguées:**

Les quatre wilayates du Sud s'accaparent 30% de la SAU irriguée. La wilaya de Biskra occupe la première place avec 13,24%, suivi de la wilaya de M'sila avec 5,64 % puis la Wilaya d'Adrar avec 5,54% et celle d'El Oued avec 5,3%. Ce sont particulièrement ces zones d'irrigation qui nécessitent une rénovation de leur technique d'irrigation. (HALILAT, 2004/BEN DAOUD, 2012).

Tableau II : Les superficies irriguées au Sahara algérien.

Wilaya	Superficie (ha)	Pourcentage%
Adrar	25704	14,55
Biskra	72949	41,30
Bechar	2874	1,60
Tamanrasset	4606	2,60
Ouargla	21700	12,30
Illizi	904	0,50
Tindouf	70	0,03
El Oued	37959	21,50
Ghardaïa	9824	5,55
<b>TOTAL</b>	<b>176590</b>	<b>99,93</b>

(KADRAOUI, 2005)

## 2.2 Systèmes d'irrigation

L'irrigation dans les régions sahariennes se fait par plusieurs systèmes traditionnels au plus modernes et le captage généralement par les forages est actuellement le plus généralisé sur l'ensemble des aires d'irrigation.

D'après **ZELLA ET SAMADHI, 2006**, le type de l'oasis dépend de la nature et de l'exploitation, la ressource en eau, la nature du sol et sa topographie, et on a quatre types :

- L'oasis située dans les dépressions, dont l'eau d'irrigation est exploitée à partir des forages dans les nappes profondes (cas de Ouargla).
- L'oasis de ghout, où l'eau d'irrigation est prise par capillarité (Frane, Hadjira, Hassi Naga et Oued Souf).
- Les oasis de grandes vallées, l'irrigation par écrêtage de crues et petits barrages permet d'associer aux cultures oasiennes des cultures de crues. C'est le cas des Ziban et du M'Zab (**TOUTAIN et al, 1988**).
- L'oasis de dépression, alimentée en eau par les foggaras (Adrar, Timimoune).

Le système d'irrigation le plus utilisé dans les palmeraies traditionnelles est la submersion. Au niveau des nouvelles palmeraies, en plus de la submersion, on utilise le système localisé pour les palmiers, le fruitier et le maraîchage.

Dans la région de Guerrara, la nappe superficielle (**alluviale**) est sollicitée par un grand nombre de puits traditionnels (1300 puits) estimés à l'irrigation de la palmeraie (**HADJ SAID et al, 2008**).

### **3- Caractéristiques des eaux d'irrigation**

La qualité d'une eau d'irrigation est déterminée par les caractéristiques physiques et chimiques.

#### **3.1 Caractéristiques physiques**

La température : son rôle est primordial. La température optimale semble se situer autour de 25°C pour la plupart des plantes pendant la période active de la végétation

Une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents notamment avec les jeunes plantes (**ABDELAZIZ, 1998 In GOUAREH.H 2006**).

#### **3.2 Caractéristiques chimiques**

La détermination de la qualité chimique des eaux se base (BOULAINÉ, 1978 ; F.A.O, 1988) sur :

- La concentration totale en sels dissous (exprimé en C.E)
- Le rapport du sodium aux autres cations (exprimé par le S.A.R)
- La présence du bore et d'autres éléments toxiques
- Parfois la qualité de carbonate par rapport à celle de la somme.

La concentration et la qualité des sels des eaux d'irrigation varient selon l'origine de ces eaux (pluies, oueds, fleuves, eaux souterraines...) (**ABDELAZIZ, 1998 In GOUAREH, 2006**).

#### 4) Classification des eaux d'irrigation

La classification des eaux d'irrigation tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol telle que le taux d'infiltration (**DAURAND, 1983. In BEN BRAHIM, 2000**).

##### 4.1 Diagramme de l'U.S.S.L modifié.

Le diagramme de l'U.S.S.L (1954) modifié par DURAND (1985) est établi essentiellement sur la base des observations réalisées en Afrique du nord, cette classification suppose des conditions correctes de cultures, un bon drainage et des sols suffisamment perméables (p 70).

Ce diagramme se base sur la salinité de l'eau (CE à 25°C) et le danger d'alcalinisation des sols exprimés par le S.A.R.

##### 4.1.1 Salinité de l'eau.

D'après DURAND (1958), ce caractère permet de déterminer cinq classes d'eau. (**BEN BRAHIM, 2000**)

- C1 : C.E < 0,250 dS/m → eau non saline.
- C2 : 0,250 < C.E < 0,750 dS/m → eau à salinité moyenne.
- C3 : 0,750 < C.E < 2,250 dS/m → eau à forte salinité.
- C4 : 2,250 < C.E < 5 dS/m → eau à très forte salinité.
- C5 : C.E > 5 dS/m → eau à salinité excessive.

##### 5.1.2 Danger de l'alcalinisation du sol.

En fonction de l'alcalinisation des sols, quatre classes ont été distinguées par l'U.S.S.L (1954), ces classes ne sont pas délimitées par des valeurs absolues mais par des droites à pente négatives en fonction de la salinité. Donc cette classification tient aussi compte non seulement du S.A.R mais aussi de la quantité totale des sels dissous dans l'eau. (**BEN BRAHIM, 2000**)

Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}} \quad \text{avec : Na}^+, \text{Ca}^{++} \text{ et Mg}^{++} \text{ en meq/l}$$

- S1 : S.A.R < 10 : l'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation dans presque tous les sols sans qu'il y ait des difficultés d'alcalinisation.
- S2 : 10 < S.A.R < 18 : l'eau contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelque difficulté dans les sols à texture fine. Si le sol contient du gypse ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
- S3 : 18 < S.A.R < 26 : contenant une quantité élevée de sodium, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage et lessivage important.
- S4 : S.A.R > 26 : les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendement analogues permet l'utilisation. (GULHATI, 1976 *In* GUARCH.H, 2006).

### **5.1.3 Les classes d'eau.**

Il Ya 20 classes d'eau dans le diagramme de l'U.S.S.L (1954) dont la qualité pour l'irrigation varie en fonction de la salinité et de la sodicité en même temps (Annexe 06).



### **6) Les problèmes liés à la qualité des eaux**

La médiocre quantité d'eau d'irrigation peut nuire généralement aux rendements et la qualité des récoltes. Les problèmes engendrés par l'utilisation des eaux chargées peuvent être résumés comme suit :

- ✓ Des phénomènes de toxicité des sels vis-à-vis végétaux.
- ✓ Une augmentation de la pression osmotique qui peut freiner voire même arrêter l'absorption de l'eau par la plante.
- ✓ Une dégradation des caractéristiques du sol : perte de la structure, baisse de perméabilité avec le risque d'asphyxie des racines qui en résultent.
- ✓ Un risque de contamination des eaux souterraines si celles-ci ne sont pas salées au préalable. **(BEN BRAHIM, 2000).**

# Matériel et méthodes

# Chapitre IV

## Présentation de la région d'étude

## 1. Introduction.

L'objet de ce chapitre est la présentation du contexte global de la région étudiée en prenant compte des données géographiques, hydrologiques, géomorphologiques et climatiques.

## 2. Situation géographique.

Notre zone d'étude est localisée dans la région de Guerrara. Située à près de 110Km au nord – est de Ghardaia (chef-lieu de wilaya) et à 360Km au sud d'Alger (figure 05).

La commune de Guerrara couvre une superficie totale de 2600 Km. Ses coordonnées géographiques sont : 32°50' Nord et 4°30' Est. L'oasis est à une altitude moyenne de 303m.

Elle est limitée :

- Au nord : par la Daïra de Messaad (wilaya de Djelfa)
- A l'est : par la Daira d'El hadjira (wilaya de Ouargla).
- A l'ouest : par la Daïra de Barraian et Bounora.
- Au sud : par la Daïra de Zelfana et Alattaf.

Le mot Guerrara prend son origine de Garas (buttes témoins, c'est à dire, des plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure). Certains expliquent le mot Guerrara ou El-Gauarrara comme vaste dépression en forme de cuvette où l'eau de surface se stagne périodiquement. (HAMDI AISSA, 2008).

## 3. Géologie.

Selon la carte géologique de Guerrara (figure 06), on trouve trois types de formations géologiques :

**3.1 Crétacé supérieur (CS)** la coupe géologique ouest-est, permettent de constaté l'existence d'affleurement secondaire représenté la crétacé supérieure et occupe la zone de Bled Bouaïcha au Nord-Ouest de Guerrara (DJILI, 2004).

**3.2 Néogène** (en jaune) présenté par la dépression de Guerrara qui est creusé dans le Pontien. Il s'agit du Mio-Pliocène (mp). Le reste du terrain est constitué du **Pliocène continental (pc)**

comme des étendus formes de calcaire épais et continus. Cette formation s'étend dans la région des Dayas (DJILI, 2004).

**3.3 Quaternaire continental (qt)** est représenté par des formations sédimentaires sahariennes, qui sont des alluvions fluviales.(KHAMGANI, 2010).

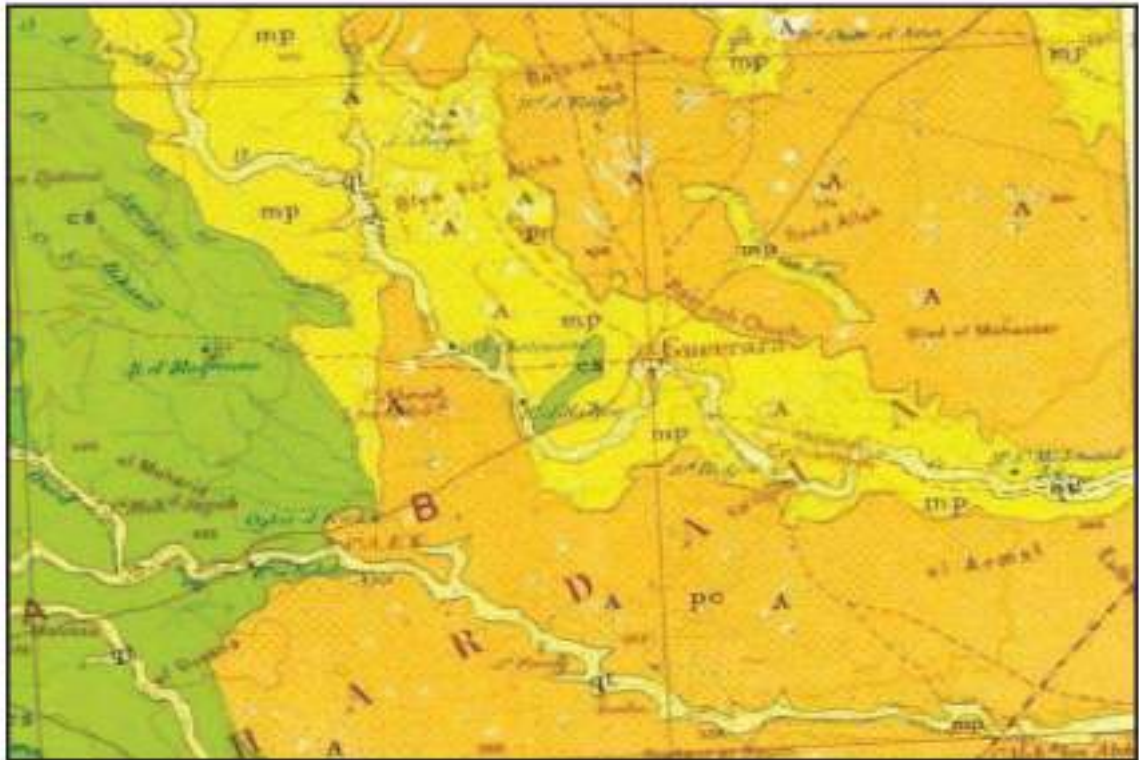


KOUZMINE, 2003 In NEZLI, 2009)

KHEMGANI, 2010



Figure 04: Situation géographique du Guerrara



Echelle: 1/500000

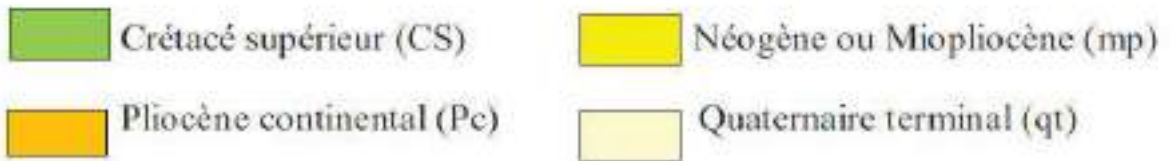


Figure 05 : Carte géologique de Guerrara (S.C.G, 1952, HADJ-SAÏD et al, 2008).

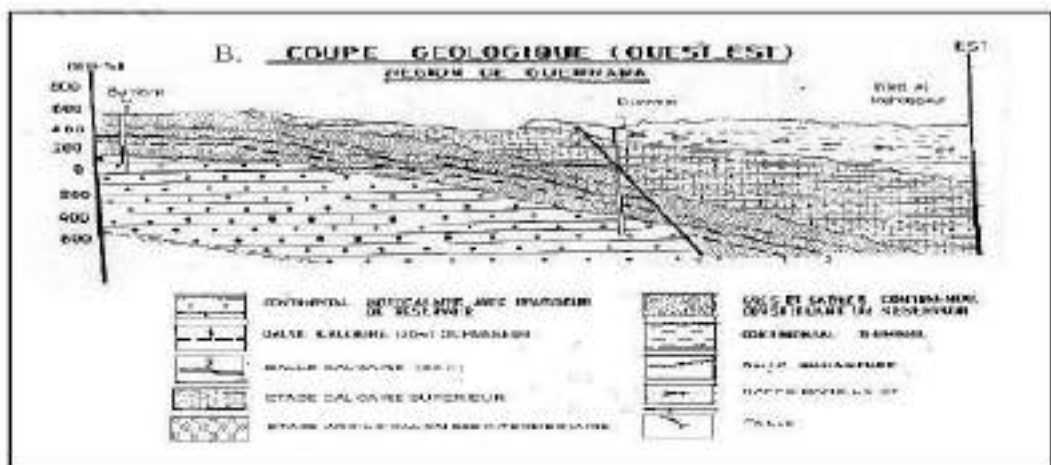


Figure 06: Coupe géologique de Guerrara (S.C.G, 1952, HADJ SAID.S et al, 2008)

## 4. Géomorphologie

Les terrains autour de la région de Guerrara sont fortement dénudés. Ils résultent d'une forte érosion fluviale qui a entaillé les plateaux de Pliocène Continental et remodelé par la suite, par l'érosion éolienne. (HAMDIAISSA, 2008)

Selon le travail qui a été réalisé par AITEUR et HAMDANI, 2006. In DOUFENE, 2012 sur la géomorphologie de la région d'étude a permis de constater la présence de plusieurs unités géomorphologiques, à savoir :

### 4.1 Formations structurales.

**4.1.1 Hamadas :** plateau structural défini par des calcaires gréseux et des grès. il se réduit en deux dalles hamadienne légèrement inclinées vers le sud-est, ces dernières se terminent par des fronts aux talus entaillés dans des grès gypseux en pente forte et très tendues surplombés par des corniches abruptes. Ces dalles sont à une dénivellation de 75 m sur une distance qui varie de 2 à 3 Km.

**4.1.2 Garas (buttes témoins):** plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure (CAPOT-REY *et al*, 1969).

Sont façonnées par le fonctionnement du réseau hydrographique.

**4.1.3 Dayas :** on appelle Daya le point le plus bas d'un bassin fermé. Le terme est plus scientifiquement appliqué aux dépressions de faibles dimensions pouvant varier d'un à quelques dizaines d'hectares, que l'on trouve un peu partout en milieu aride ou saharien (DUTIL, 1971 ; COOKE *et al.*, 1993).

On peut aussi considérer les Dayas comme étant des points bas qui réservent de grandes quantités d'eau qui s'infilte assez rapidement dans la formation géologique sous-jacente. Ces eaux contiennent des particules minérales en suspension qui constituent un alluvionnement fin composé, principalement de sable et de limon. Elles offrent ainsi le caractère de sédiments récents qui reposent sur un substratum perméable (DUTIL, 1971).

Les Dayas les plus reconnus dans la région de Guerrara sont :

- Les Dayas isolées sur le plateau et le glacis.
- Les Dayas liées au réseau d'oued Zegrir comme zones d'épandage fermées (Dayet

Ben feilah à l'est de Guerrara), ou possédant un exutoire prolongeant ainsi le lit d'oued (Dayet El Amied).

## 4.2 Formations des versants

**4.2.1 Glacis :** selon Ville 1872 (in DJILI, 2004), le versant nord de la grande dépression de Guerrara présente deux niveaux d'étage de Glacis (glacis de terrasse). Il se caractérise par l'affleurement du substratum gréseux de Mio-pliocène. Ce dernier est caractérisé par des sables et des graviers gréseux.

**4.2.2 Cônes d'éboulis :** il s'agit des éboulis de pente qui ont subi le phénomène de gélifraction et de thermoclastisme qui les ont ameublies, le ruissellement à son tour leur a conféré un aspect de cône d'éboulis complexe. Le remplissage est essentiellement sablo limoneux issu des formations gréseuses. L'aire d'alimentation en eau de Dayet Hadjou est très restreinte tandis que Dayet Ben Feileh reçoit directement les écoulements de l'oued Zgrir (DOUFENE, 2012).

## 4.3 Formations superficielles

**4.3.1 Glacis supérieurs :** les formations sont essentiellement sablo-limoneuses à graveleuses. Elles sont tapissées de couverture caillouteuse qui leur confère un aspect de Reg. L'épaisseur est considérable tandis que la couleur est blanche pale comme elle paraît sur l'image satellite. Ce qu'est dû aux cailloutis calcaires. (DOUFENE, 2012)

**4.3.2 Glacis du golf de Guerrara (Amied) :** les formations dépassent 14 m d'épaisseur avec une couleur rougeâtre. La texture est sablo-limoneuse et les surfaces sont légèrement parsemées de nodules de gypse, mise à part les glacis de Drain qui marquent une formation sablo-limoneuse mêlée de gypse poudreux (DOUFEN, 2012).



## 5. Contexte hydrogéologique.

### 5.1 Hydrologie locale

Cinq aquifères sont exploitables à Guerrara, y compris la nappe superficielle :

**5.1.1 nappe du Mio-Pliocène et Eocène** qui se localise dans la partie Est de Guerrara; il s'agit d'une nappe de Mio-Pliocène sableux de 125 m d'épaisseur en plus d'une nappe d'Eocène à calcaire blanc fin et de 100 m d'épaisseur.

**5.1.2 nappe du Sénonien** qui est rencontrée dans la partie Ouest de Guerrara et liée aux deux précédentes nappes et qui peut être exploitée à environ 430 m de profondeur.

**5.1.3 nappe de Turonien carbonate;** d'une épaisseur de 74 m, de 500 m de profondeur et caractérise la partie Ouest de Guerrara.

**5.1.4 La nappe du continental intercalaire** ou nappe albienne qui se trouve à environ 500 à 900m de profondeur (DOUFEN, 2012).

#### 5.1.5 Nappe phréatique.

Est une nappe superficielle ou alluviale qui est une nappe d'Oued. Elle est alimentée par les crues d'Oued Zegrir. La profondeur de cette nappe est variable selon la saison ; 0.4 à 6m en période de hautes eaux et de 10 à 35m en période des basses eaux.

## 5.2 Hydrologie superficielle (Oued Zigrir)

### 5.2.1 Généralités sur Oued Zegrir

C'est l'un des grands Oueds qui traversent le Mzab. Limité à la hauteur de Guerrara, Il est d'une longueur de 270 Km à la daya ben Feïla (300 m d'altitude), et son origine la tête de l'Oued Ajerma (860 m d'altitude) (DUBIFE, 1953 in DJILI, 2004).

Il est constitué de tributaires irréguliers ramifiés autour d'un tronc principal et raccordé selon des angles variés généralement très inférieur à 90° (PEULVAST et VANNEY, 2001 In DJILI, 2004).

### 5.2.2 Épandages des eaux de crues d'Oued Zegrir

Dans le but d'une bonne gestion des eaux de Oued Zegrir, les habitants de Guerrara ont mis en place un dispositif qui permet de guider les eaux des crues vers la palmeraie, inondation pendant des jours à des semaines pour assurer une bonne alimentation de la nappe alluviale et par la suite évacuer les eaux en surplus (KHEMGANI, 2010), ces dispositifs relativement simples et peu coûteux, il canoniste en (DJILI, 2004) :

- Une digue de dérivation des eaux de la crue vers un barrage de dérivation
- Le barrage de dérivation qui s'ouvre soit vers l'ancienne oasis soit vers l'extérieure ou vers les deux
- L'acheminement à l'intérieur de l'ancienne oasis est contrôlé par des canaux et diguettes.



Photo 1 : Les palmerait en états de crue (GUEMARI, 2009)

## 6. Contexte climatique

Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et des températures élevées.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C, avec des étés chauds et des hivers froids. Les pluies se caractérisent par leurs grandes variabilités interannuelles. Ces conditions désertiques extrêmes influent sur l'hydrographie saharienne. En conséquence, le maigre couvert végétal qui subsiste développe des stratégies d'adaptation.

### 6.1 Données brutes

#### 6.1.1 Températures

Elle représente un facteur de toute première importance du fait qu'elle peut contrôler l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

**Tableau III-** Températures (°C.) moyennes mensuelles, des maxima et des minima pour l'année 2012 et les dix années (2003 à 2012) dans la région de Ghardaïa.

Années	T (°C.)	Mois											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	M.	16,6	14,9	21,8	27,4	33,6	40,8	42,9	41,2	35,6	30,8	23,3	18,3
	m.	5,5	4,4	10,4	14,5	20,1	27,2	29,9	28,3	22,6	19,4	12,6	6,9
	Moy.	11,0	9,65	16,1	20,9	26,9	34	36,4	34,7	29,1	25,1	17,9	12,6
2003 à 2012	M.	17,4	18,8 8	24,5	28,6	33,2	38,4	42,1	41,1	35,8	28,4	22,9	17,9
	m.	6,13	7,40	10,9	14,9	18,7	24,3	27,3	27,4	22,7	17,9	11,4	7,17
	Moy.	11,8	13,4 0	17,7	21,6	26,0 5	31,8	34,9	34,3	29,5	23,5	17,4	12,6

(O.N.M., Ghardaïa 2013)

M : moyennes mensuelles des températures maximales en °C.;

m : moyennes mensuelles des températures minimales en °C.;

(M+m)/2 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales en °C.

T est la température exprimée en °C.

Les valeurs de la température affichées dans le tableau III caractérisent le climat d'une région saharienne. On remarque que le maximum du mois le plus chaud est noté en juillet avec 42,9°C, et le minimum le plus froid est noté au mois de février avec 4,4°C (Tableau. III).

L'examen des températures maximale de la période allant de 2003 à 2012 montre que le mois le plus chaud est en juillet avec  $42,0^{\circ}\text{C}$ ., et le minimale du mois le plus froid est noté en janvier avec  $6,1^{\circ}\text{C}$ .

### 6.1.2 Précipitations.

Avec la température, les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat (FAURIE *et al*, 2011).

**Tableau IV-** Valeurs des précipitations (mm) pour l'année 2012 et les dix années (2003 à 2012) dans la région de Ghardaïa.

Années		Mois												Cumul
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
P (mm)	2012	9,7	1	6,3	7,2	0,2	1,9	0,2	0,6	7,5	0,3	4	0,5	39,4
	2003	11,76	1,79	3,55	8,75	1,89	3,23	3,20	4,56	22,46	9,71	5,84	4,11	80,83
	-2012													

(O.N.M. Ghardaïa, 2013)

P : Précipitations mensuelles exprimées en millimètres.

Durant l'année 2012, les précipitations sont presque nulles entre juillet et octobre (0,2 mm, 0,3mm) avec un cumul annuel de 39,4 mm. Le mois le plus pluvieux est janvier avec 9,7 mm (Tabl. IV). Le cumul des précipitations annuelles moyennes pour la période 2003 à 2012 est de 80,8 mm et le mois le plus pluvieux durant cette période est le mois de septembre avec 18,5 mm (Tabl. IV)

### 6.1.3 Vent

Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux, qui exerce une action modification indirecte sur la température et l'humidité (DAJOZ, 2006).

D'après DUBIEF (1964), le vent est un phénomène continu au désert ou il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuse qu'il transporte.

**Tableau V-** Valeurs du vent (m/s) enregistrées dans la région de Ghardaïa de l'année 2012

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy.
V (m/s)		3,9	3,8	3,1	4,1	3,7	3,2	2,4	2,2	2,4	2,4	2,6	2,2

V (m/s) : Vitesse du vent exprimée en mètre par seconde

A partir du tableau 05 qui représente la vitesse du vent durant l'année 2012, on constate que la valeur maximale du vent est de 4,1 m/s enregistrée en Avril, alors que sa vitesse minimale est de l'ordre de 2,2 m/s au mois d'août et décembre.

## 6.2 Synthèse des données climatiques.

Pour caractériser le climat de la région de Ghardaïa et préciser sa localisation à l'échelle méditerranéenne, on fait appel au diagramme ombrothermique et le climagramme D'EMBERGER. Dans cette présente étude, seulement les deux derniers indices cités dessus sont utilisés.

### 6.2.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.

Il représente les courbes de températures et de précipitations. La saison aride apparaît quand la courbe des précipitations se positionne au-dessous de celle des températures (FAURIE *et al*, 2011). Le diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa de l'année 2012 indique le prolongement de la période sèche toute l'année (Fig. 8), et les dix dernières années allant de 2003 à 2012. (Fig. 9).

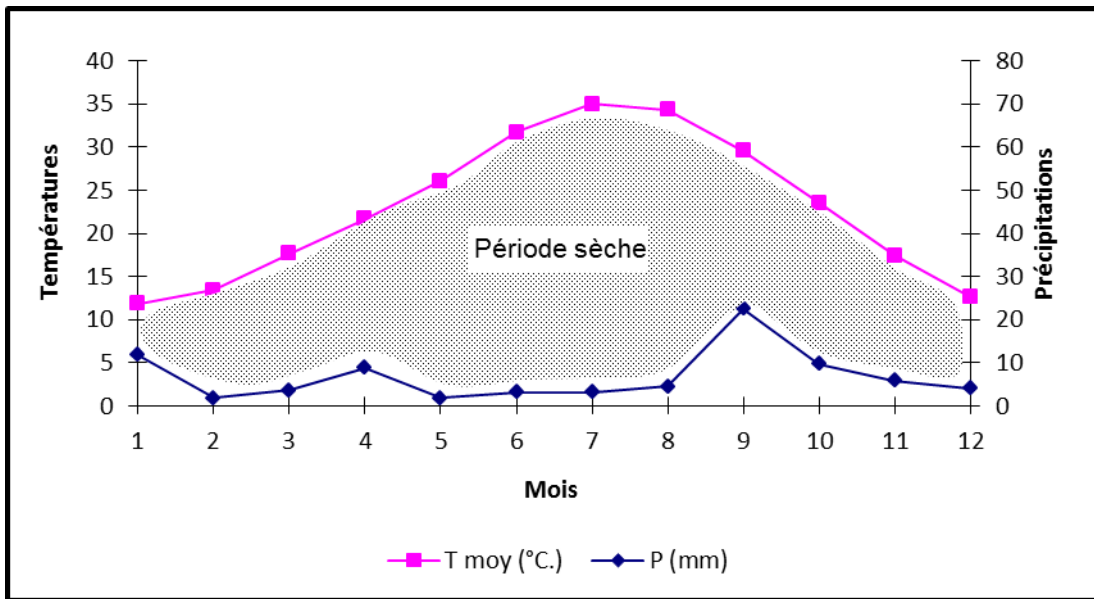


Figure 7: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de la région de Ghardaïa (2003-2012)

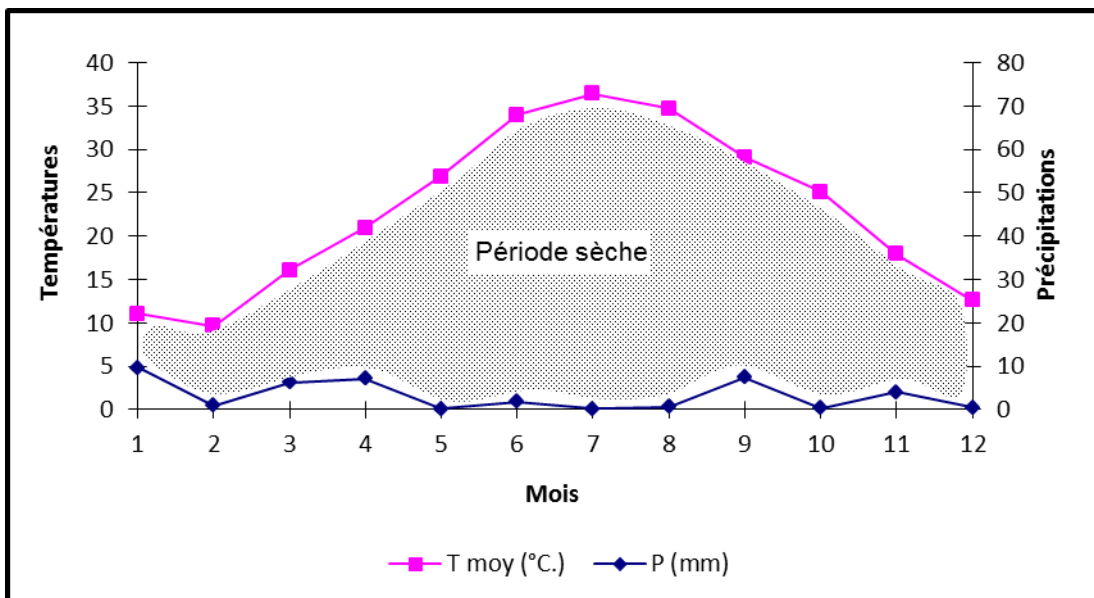


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de la région de Ghardaïa (2012)

### 6.2.2 Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens (DAJOZ, 1971). Le quotient pluviothermique D'EMBERGER est déterminé selon la formule suivante (STEWART, 1969).

$$Q_3 = \frac{3,43 \times P}{M - m}$$

$Q_3$  : Quotient pluviométrique D'EMBERGER ;

P : Somme des précipitations annuelles en mm ;

M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud ;

M m : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid.

Le quotient  $Q_3$  de la région d'étude calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période qui s'étalant sur les 10 ans (2003 à 2012) est égal à 7,6. Les températures moyennes des minima des mois les plus froids égalent à 5,9 °C. En rapportant ces valeurs sur le climagramme d'Emberger (Fig. 10), on constate que la région de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 9).

## 7. Conclusion

Guerrerra l'une des sept oasis du Mzab, elle ne reçoit ses eaux d'irrigation que d'une seule rivière : L'Oued Zegrir.

Deux immenses barrages ont été construits en travers de l'Oued. Leurs rôles sont de retenir l'eau des crues qui se répand ensuite en une vaste nappe dans toutes les directions, pour faciliter cette infiltration on pratique de grandes tranchées entre les palmiers, mais une seule année de sécheresse suffit pour tarir tous les puits. Aussi la crue de l'Oued est une question vitale pour les habitants de Guerrerra.

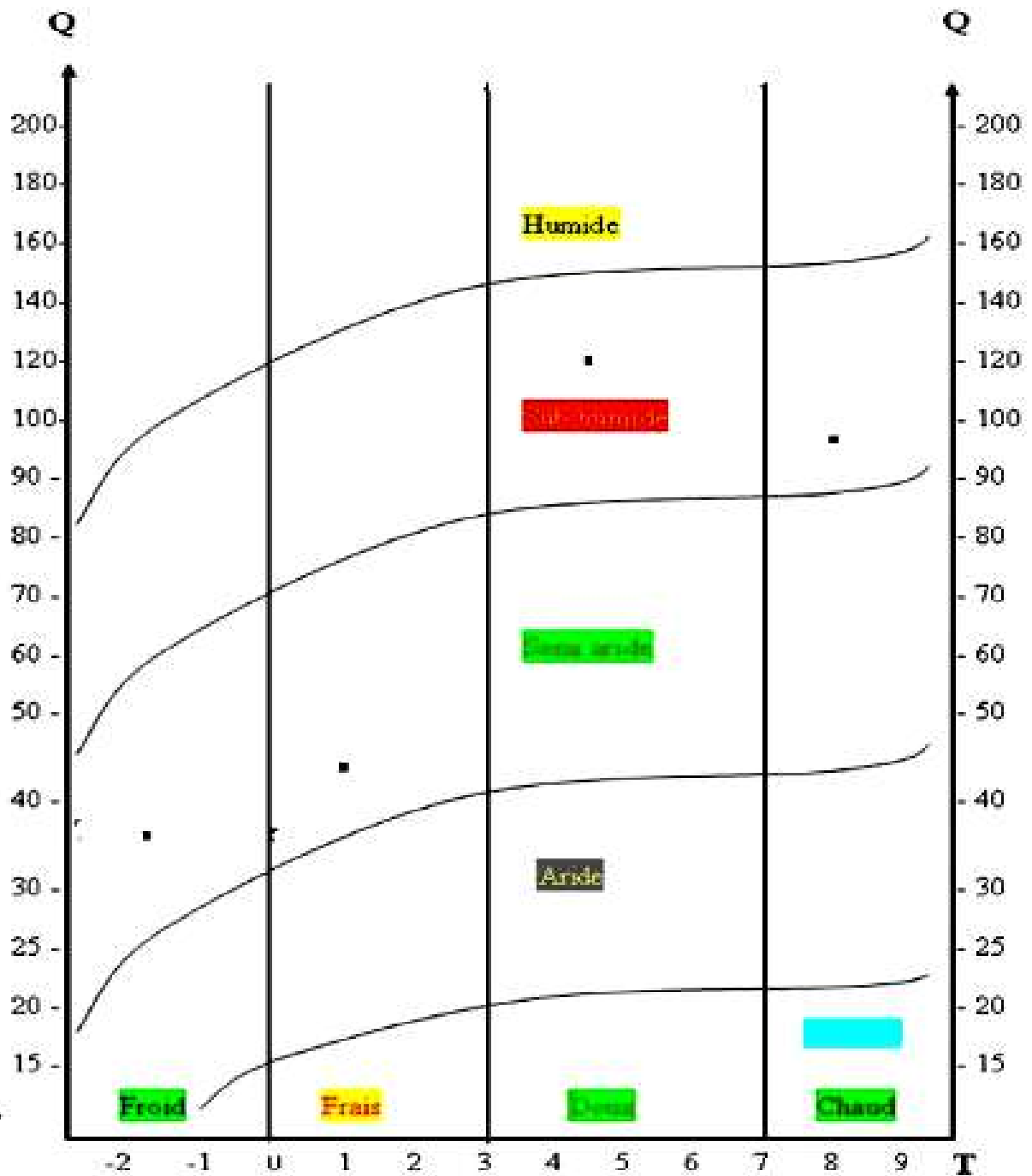


Figure 9 : Climagramme d'Emberger de région de Ghardaia



# Chapitre v

# Matériels et Méthodes

Dans cette partie seront présentées l'ensemble des méthodes du choix de la zone d'étude, l'échantillonnage du sol et de l'eau d'irrigation, la description morphologique des horizons, la caractérisation des constituants des sols et les analyses physiques et chimiques nécessaires au laboratoire.

### 1. Choix de la zone d'étude.

Pour la réalisation du présent travail, on a opté pour l'ancienne palmeraie de Guerrara qui a une superficie de 400 ha, avec 82000 palmiers dattier et qui est irriguée en grande partie par les eaux de la nappe alluviale sur le lit de l'Oued Zegrir (figure.11 et figure 10).

Le système traditionnel d'irrigation exploitait la seule nappe phréatique (nappe alluviale), au moyen de nombreux puits (1300).



**Figure 10: Cartegéographique de l'ancienne palmeraie de Guerrara.**



### 3. Méthodologie de travail.

L'étude pédologique a été réalisée selon les étapes suivantes :

#### 3.1 Phase préliminaire

##### 3.1.1 Etude des documents de base

Cette étude consiste essentiellement à une consultation de tous les documents de base disponibles qui pourraient donner certaines informations sur la région d'étude, nous avons consulté quelques mémoires, thèses, revues, cartes, photographies aériennes, images satellitaires...etc.

- La carte topographique de Guerrara, échelle 1/20 000, (1960).
- Quelques études agro-pédologiques du périmètre irrigué l'ancienne palmeraie (Geurrara).

##### 3.1.2 Prospection de reconnaissance

Elle consiste en une prospection de reconnaissance sur le terrain afin de mieux connaître la zone d'étude. Lors de cette étape nous avons choisi l'emplacement, et ensuite la réalisation de nos profils pédologiques. Pour ce, nous avons utilisé le matériel suivant : Une tarière, une pelle, une pioche, une bêche, un marteau, une truelle pour rafraîchir le coup, un canif, un flacon d'acide chlorhydrique 10 %, un flacon d'eau, des sachets en plastiques pour récupérer les échantillons, et la charte des couleurs de munsell.

#### 3.2 Phase de travail sur le terrain

L'analyse des documents de bases est suivie par un travail de terrain pour localiser les points d'observation et de prélèvement (profile et plusieurs sondages à la tarière).

##### 3.2.1 Echantillonnage sur le terrain dans une parcelle

###### a) Principe

Il s'agit d'une méthode générale d'échantillonnage des sols en vue d'analyse destinées à une interprétation agronomique afin d'évaluer certains paramètres de la fertilité (CLEMENT, 1998).

L'échantillonnage du sol a été effectué périodiquement après chaque irrigation (chaque semaine) et durant trois mois de suivi (fin janvier au début d'avril), dans le but d'observer l'évolution de la CE et du pH.

Nous avons en tout 4 sites d'échantillonnages dans l'ancienne palmeraie avec trois endroits différents dans chaque site (répétitions) et un prélèvement hors les parcelles (le témoin)

Les prélèvements du sol ont été pris sur 20, 40, 60, 80, 100 et 120 cm de profondeur après 24h de l'irrigation.

Au total, 864 échantillons de sol en plus 24 échantillons du sol témoin (sol non irrigué) ont fait l'objet de suivi de la CE et du pH. En plus, 24 échantillons moyens pour chaque site (4 x 6) du dernier prélèvement ont subi une analyse de tous les éléments.

### **3.2.2 Echantillonnage sur le terrain dans un profil pédologique.**

#### **a) Description de l'environnement**

Toute étude approfondie de sol commence par une étude spatiale du terrain dirigée par un pédologue ou un agro-pédologue qui va localiser les sites des fosses pédologiques et la détermination des horizons (**CLEMENT, 1998**).

Pour présenter l'environnement de chaque profil d'observation nous avons retenu les critères suivants :

- Descripteur.
- Localisation (coordonnées géographique).
- Date de description.
- L'état de la surface.
- Topographie.
- Conditions climatiques (le temps).
- Végétation.

## b) Etude morphologique du profil

Quand la description morphologique des horizons de chaque profil, nous avons retenu les critères suivants :

- Epaisseur (cm).
- L'humidité.
- Couleur (Munsell Soil Color Charts).
- Texture.
- Structure.
- Réaction à HCl.
- Eléments grossiers (dimension, nature, abondance).
- Les racines (présence, taille, nature).
- Les tâches.

## c) Echantillonnage

Nous avons fait 4 profils (1 profil de chaque site) de façon à représenter les caractéristiques morphologiques du sol de la zone d'étude. Le sol de chaque profil est constitué de deux horizons distincts. Après description des profils selon la méthode décrite par **BAIZE et JABIOL (1995) In KHEMGANI, 2010**, nous avons échantillonné les sols de chaque horizon, puis nous avons effectué les analyses classiques au laboratoire.

### 3.2.3 Échantillonnage des eaux d'irrigation

Nous avons fait 4 échantillonnages des eaux des puits, dans chaque site en fait un prélèvement des eaux d'irrigation, pour connues les caractères physicochimique de ces eaux en fait presque tous les analyse physicochimique des eaux d'irrigation.



### 3.2.3 Présentations des sites

✓ **Site A : palmeraie de HAFFAR AHMED.**

Ses coordonnées géographiques sont : 32°47'0.95"N, 4°29'35.28"E (Figure 04)

Irrigation par submersion



**Le 1<sup>er</sup> endroit**



**La 2<sup>ème</sup> endroit**



**La 3<sup>ème</sup> endroit**



**Le puits**

**Photo 2 : les trois endroits du 1<sup>er</sup> site (A)**

✓ **Site B : palmeraie de BSIS BRAHIM.**

Ses coordonnées géographiques sont 32°47'26.49"N, 4°30'19.98"E (Figure 04)

Irrigation par submersion



**Le 1<sup>er</sup> endroit**



**La 2<sup>ème</sup> endroit**



**La 3<sup>ème</sup> endroit**



**Le puits**

**Photo 03: les trois endroits du 2<sup>ème</sup> site (B)**



✓ **Site C : palmeraie de LAKHNNIN MOUHAMED.**

Ses coordonnées géographiques sont 32°47'23.25"N 4°30'18.38"E (Figure 04

Irrigation par submersion



**Le 1<sup>er</sup> endroit**



**La 2<sup>ème</sup> endroit**



**La 3<sup>ème</sup> endroit**



**Le puits**

**Photo 4 : les trois endroits du 3<sup>ème</sup> site (C)**

✓ **Site D : palmeraie de BEN OUMER BRAHIM.**

Ses coordonnées géographiques sont 32°46'57.34"N, 4°29'25.70"E. (Figure 04)

Irrigation par submersion



**Le 1<sup>er</sup> endroit**



**La 2<sup>ème</sup> endroit**



**La 3<sup>ème</sup> endroit**



**Le puits**

**Photo 05 : les trois endroits du 4<sup>ème</sup> site (D)**

### 3.3 Phase d'analyse au laboratoire

#### 3.3.1 Généralités

Chaque échantillon recueilli est mis dans un sachet en plastique qui porte un code relatif à l'horizon de chaque profil et les échantillons de chaque parcelle et au l'endroit auxquels il correspond, puis transporté au laboratoire, séché à l'aire libre et tamiser à 2mm pour être prêt, aux différentes analyse.

#### 3.3.2 Etude analytique du profil

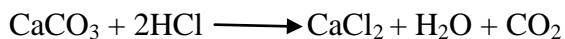
Les analyses physiques et chimiques ont été réalisées au laboratoire de pédologie de la faculté des sciences et science de la nature et vie et science de la terre et de l'université d'Ouargla.

##### 3.3.2.1 Granulométrie

Suite au manque de matériel de la granulométrie au laboratoire, nous n'avons pas pu faire cette analyse et on a pris les résultats trouvés par **KHEMGANI, 2008**.

##### 3.3.2.2 Calcaire total

On utilise la propriété du carbonate de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide, en eau et gaz carbonique. Ce dernier est recueilli dans un tube gradué en ml ou en unités inférieures. (**AUBERT, 1978**).



##### 3.3.2.3 Gypse.

Nous avons utilisé la méthode chimique, par le dosage des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  libérés après une attaque aux carbonates d'ammonium et précipitation sous forme de chlorure de baryum (**COUTINET, 1965 et VIEILLEFON, 1979**)





Figure 12 : Positionnement des profils dans la palmeraie

### 3.3.2.4 Matière organique

On utilise une méthode (ANNE) qui repose sur l'oxydation du carbone organique du sol, par un oxydant puissant (bicarbonate de potassium) en milieu acide puis titrer par le sel de Mohr. (HEBBAD, 1992).

### 3.3.2.5 Conductivité électrique

Elle est mesurée par la méthode de conductimétrie. Le rapport terre/eau utilisée est égal à 1/5

### 3.3.2.6 pH

Elle est mesurée par le pH-mètre sur des extraits au 1/5 pour le sol.

### 3.3.2.7 Bilan ionique

Effectué sur des extraits du rapport (terre/eau) de 1/5

#### a) Cations solubles

- $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  par spectrophotomètre à flamme ;
- $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  : Ces éléments ont été déterminés par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Ethyène Diamine Tétra Acétique) qui nous permet de réaliser un dosage de la somme de calcium et de magnésium. Les réactifs nécessaires pour l'effectuation du mode opératoire sont :  
Ethyène Diamine Tétra Acétique (EDTA) à 10N, une solution tampon pH=10, les indicateurs colorés et une solution KOH (concentré à 28%)  
(RODIER et al., 2005, InMENSOUS, 2010)

#### b) Anions solubles

- $\text{Cl}^-$  : il s'agit par la méthode de Mohr qui est basée sur la précipitation par les nitrates d'Argent en présence de chromate. (HABBAD, 1992)
- $\text{HCO}_3^-$  : sont dosés par titrimétrie au  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en présence de méthyle orange
- $\text{SO}_4^{2-}$  : est fait par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de Baryome (HABBAD, 1992).

# Résultat et discussion

## 1 Caractérisation morphologique et analytique des profils

### 1.1 Profil A (photo 6)

#### 1.1.1 Description morphologique

-**localisation** : 32°47'0.95"N, 4°29'35.28"E

-**temps** : ensoleillé.

-**végétation** : *Phoenix dactylifera*.

-**état de surface** : *Synodon Dactylon*, *Melilotus*

-**topographie** : plane.

-**date**: 30/03/2013 à 10h30mn.

- **AP (0-44cm)** : Sa couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), texture tendance lamineuse (sa colle entre les doigts), peu compact, structure massive à éclats anguleux, pas d'éléments grossiers, humide, moyenne activité racinaire de taille fine et moyenne, la transition est nette, forte effervescence à l'HCl.

- **C (44-120)** : Sa couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (Brun foncé), texture tendance argileuse fine (sa colle entre les doigts), compact, structure particulièrement à légèrement grumeleuse, moyenne activité racinaire moyenne, présence de quelques taches de couleur blanche, noir (trace de matière organique) et de quelques graviers de taille 2 à 3mm, et forte effervescence à l'HCl.



Figure13 : Profil A



Photo 6 : Profil A

### 1.1.2 Description analytique

D'après KHEMGANI, 2008 le sol de la palmeraie de Guerrara, comme étant un sol alluvial de type Fluvisol aridique-calcarique caractérisé par une texture limoneuse à limono-argileuse.

Les tableaux.VI et. VII représente les caractéristiques et les résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil A.

**Tableau VI: caractéristiques physiques et chimiques du profil A**

les horizons	prof. cm	Calcaire Total %	Gypse %	MO %
AP	00-44	8,76	5,52	3,43
C	44- >120	11,18	7,37	2,91



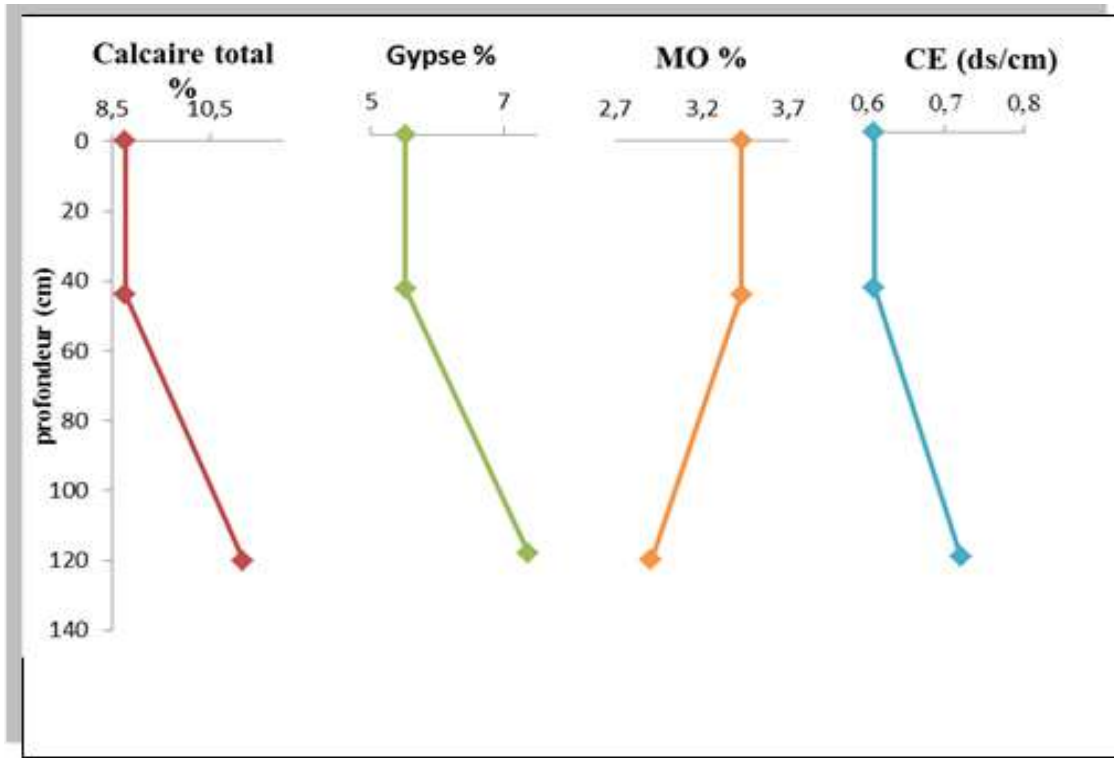


Figure 14. Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil A

### 1.1.3 Résultat et discussions partielle (a)

Selon les normes d'interprétation du taux de calcaire du sol BAIZE (Annexe 02), le sol est modérément calcaire dans les deux horizons (8,76 et 11,18).

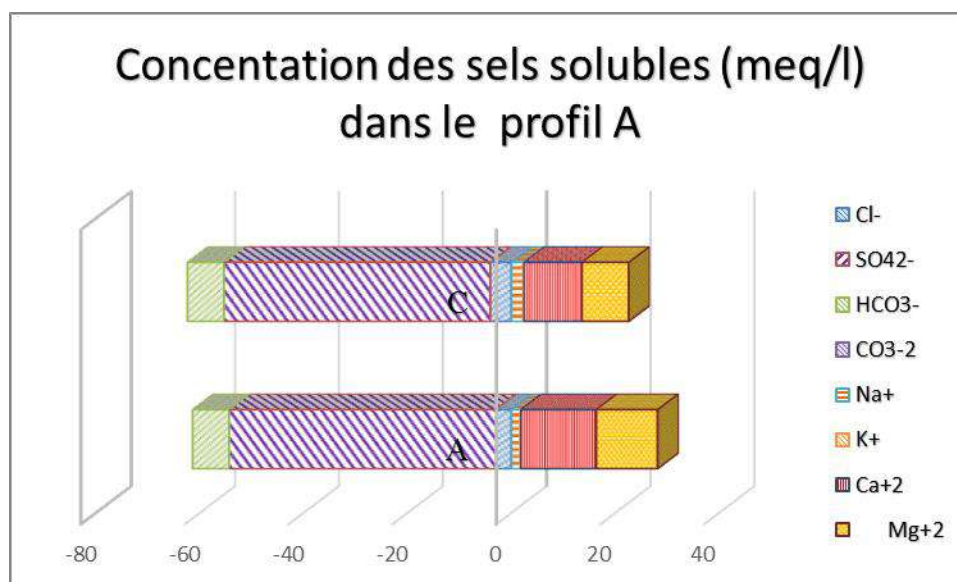
Comme tous les sols des régions arides, le taux de matière organique est faible et diminue progressivement et graduellement avec la profondeur.

Dans l'horizon A le taux de matière organique (3,43%) qui diminue progressivement jusqu'à 2,91% selon (Morand, 2001) le sol est Moyenne en M O, cette source est à l'origine des débris d'une culture précédente et excréments des animaux, ainsi que le carbone transporté avec les alluvions.

Selon (BARZANJI, Annexe 01) Le sol est Légèrement gypseux car le taux de gypse ne dépasse pas 10%.

**Tableau VII: Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil A.**

les horizons	prof. cm	pH	CE (ds/m)	Anions (meq)				cations (meq)			
				Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
AP	00-44	7,71	0,61	3	51,36	7	0	1,66	0,10	14,60	11,8
C	44-120	7,64	0,72	4	51,34	7	0	2,28	0,11	11,20	9

**Figure 15. Profil ionique du profil A**

### 1.1.3 Résultat et discussions partielle (b)

Selon SERVANT (Annexe 03), qui représente la classification de la salinité en fonction de la CE de l'extrait saturé du sol, le sol dans le profil A est moyennement salé dans les deux horizons car  $0,5 \leq CE \leq 1$  ds/m. son profil salin de type (D) (SERVANT, 1973 et 1975. In YUCEFI, 2011)

Selon (AUBERT, 1978), le pH du sol est très légèrement à légèrement alcalin (7,4 à 7,8) et qui varié avec la profondeur.

Pour le bilan anionique (tabl. VI), le sol est chargé en sulfates avec des valeurs respectives de 51,36 à 51,38 meq/l, et pour le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et le chlore observe une teneur faible.

Le faciès cationique du complexe adsorbant du sol est dominé par le calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) (11,20 à 14,60) meq, puis par le magnésium (9 à 11,8)meq, le sodium (1,66 à 2,28) meq et en fin par le potassium.

## 1.2. Profil B (photo 07) :

### 1.2.1 Description morphologique:

**-localisation** : 32°47'26.49"N, 4°30'19.98"E

**-temps** : nuageux.

**-végétation** : *Phoenix dactylifera*..

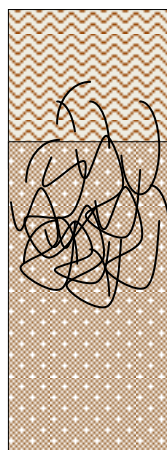
**-état de surface** : *Synodon Dactylon*

**-topographie** : plane.

**-date**: 10/04/2013 à 10 h30 mn.

**Ap (0-30cm)**: 7.5 YR 5/4(brun) a l'état humide, de texture tendance limoneuse, riche en limon fin, structure massive à éclats anguleux, humide, activité racinaire faible (peu de racines de palmier), la transition est graduelle, présence de quelque tache de couleur blanche, noir (trace de matière organique et de quelques graviers de taille 2 à 3mm moyen effervescence a l'HCl.

**-C1 (30-120cm)** : 7.5 YR 4/4 (brun) a l'état humide, texture tendance limoneuse, plus riche en limon fin que le premier horizon, la structure est massive, transition est graduelle, forte activité racinaire et présence de quelque tache de couleur noir (trace de matière organique) dans la partie supérieure de l'horizon, très humide et plastique, moyen effervescent a l'HCl.



**Figure 16 : Profil B**



**Photo 07 : Profil**

### 1.2.2 Description analytiques:

Les tableaux. VIII et. IX représente les caractéristiques et les résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil B

**Tableau VIII: caractéristiques physiques et chimiques du profil B**

les horizons	prof. cm	Calcaire Total %	Gypse %	MO %
AP	00-30	7,98	1,84	3,06
C	30-120	10,67	1,84	2,30

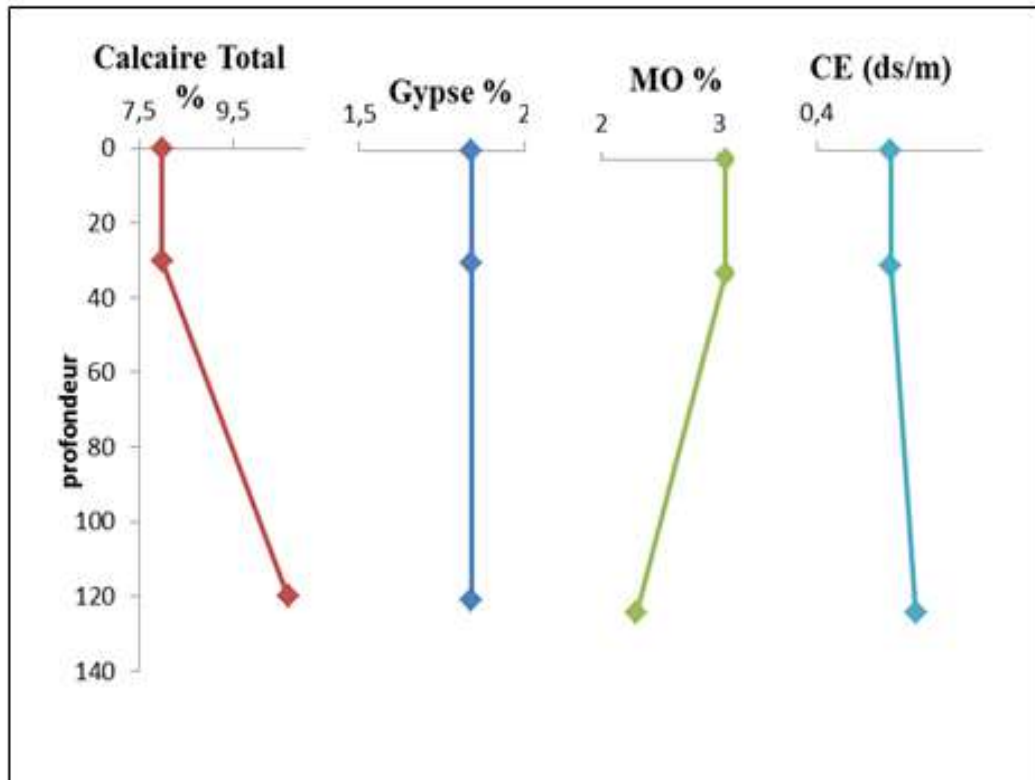


Figure 17. Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil B

### 1.2.3 Résultat et discussions partielle (a)

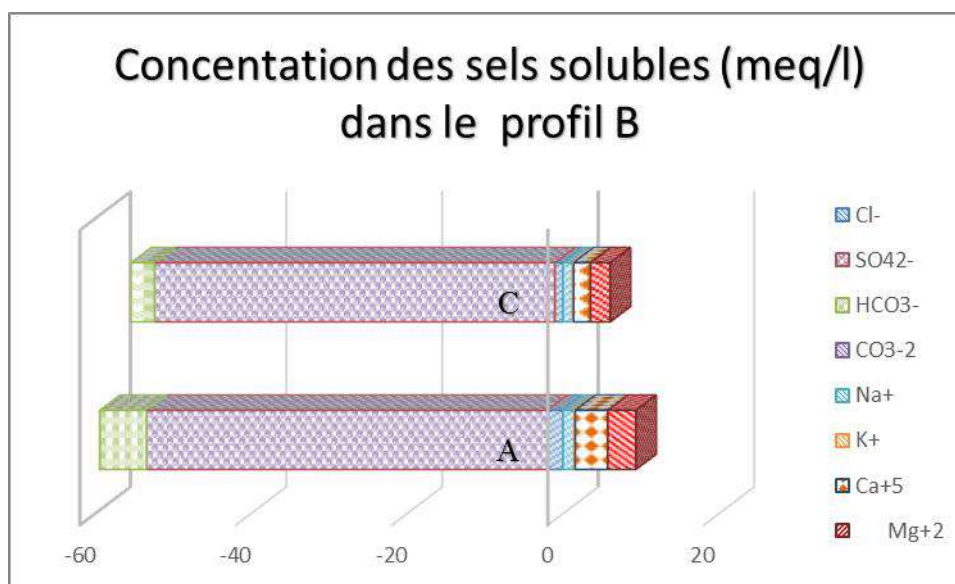
Selon les normes interprétation du taux de calcaire du sol (BAIZE, Annexe 02), le sol est modérément calcaire dans les deux horizons (7,98 et 10,67),

Comme tous les sols des régions arides, le taux de matière organique est faible qui diminué progressivement et graduellement avec la profondeur. Dans l'horizon A le taux de matière organique (3,06%) qui diminue progressivement jusqu'à 2,30% selon (MORAND, Annexe 05) le sol est Moyenne en MO.

D'après (BARZANJI, Annexe 01) Annexe 1 le sol est légèrement gypseux avec un taux de (1,84%).

**Tableau IX: Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil B.**

horiz	prof.cm	pH	CE (ds/m)	Anions (meq)				cations (meq)			
				Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+5</sup>	Mg <sup>+2</sup>
AP	00-30	7,36	0,49	2	51,36	6	0	1,45	0,11	4,20	3,6
C	30-120	7,45	0,52	1,00	51,36	3,00	0	1,24	0,12	2,20	2,5

**Figure 18. Profil ionique du profil B**

### 1.2.3 Résultat et discussions partielle (b)

Selon (SERVANT Annexe 03), qui représente la classification de la salinité en fonction de la CE de l'extrait saturé du sol, le sol dans le profil B est faiblement à moyennement salé dans l'horizon A (0,49 ds/m), et le deuxième (0,52). Son profil salin de type (D) (SERVANT, 1973 et 1975. In YUCEFI, 2011)

Selon (AUBERT, 1978), le pH du sol est très légèrement alcalin (7,36 à 7,45) et qui varie avec la profondeur

Pour le bilan anionique (tabl. IX), le sol est chargé en sulfates avec des valeurs respectives de 51,36, et pour le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et le chlore observe une teneur faible.

Le faciès cationique du complexe adsorbant du sol est dominé par le calcium (Ca<sup>+2</sup>) (2,20 à 4,20) meq, puis par le magnésium (2,5 à 3,6) meq, le sodium (1,24 à 1,45) meq et en fin par le potassium.

**1.3. Profil C (photo 08) :****1.3.1 Description morphologique:**

**-localisation :** 32°47'23.25"N 4°30'18.38"E

**-temps :** nuageux.

**-végétation :** *Phoenix dactylifera*..

**-état de surface** Sol nu (sous palmiers).

**-topographie :** plane.

**-date:** 30/03/2013 à 11h30mn.

**Ap (0-20cm):** 7.5 YR 5/3(brun) a l'état humide, la texture est tendance limoneuse, structure massive, présence d'éléments grossiers avec 2 à 3 mm, sol sec, présence quelque tache noire qui résulte de la décomposition des débris végétaux et de dates sur la surface du sol, l'activité racinaire faible à moyen, transition nette, forte effervescence a l'HCl.

**C (20-120cm):** 7.5 YR 4/3 (brun) a l'état humide, texture tendance limoneuses, structure massive, sol sec, présence des nodule de calcaire 2mm à 1cm, quelque tache noire de matière organique, forte activité racinaire (racines de palmiers), forte effervescence a l'HCl



**Figure 19 : Profil C**



**Photo 08 : Profil**



### 1.3.2 Description analytiques:

Les tableaux. X et. XI représente les caractéristiques et les résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil C.

**Tableau X : caractéristiques physiques et chimiques du profil C**

les horizons	prof. cm	Calcaire Total %	Gypse %	MO %
AP	00-20	8,03	1,84	4,30
C	20-120	10,23	11,05	3,17

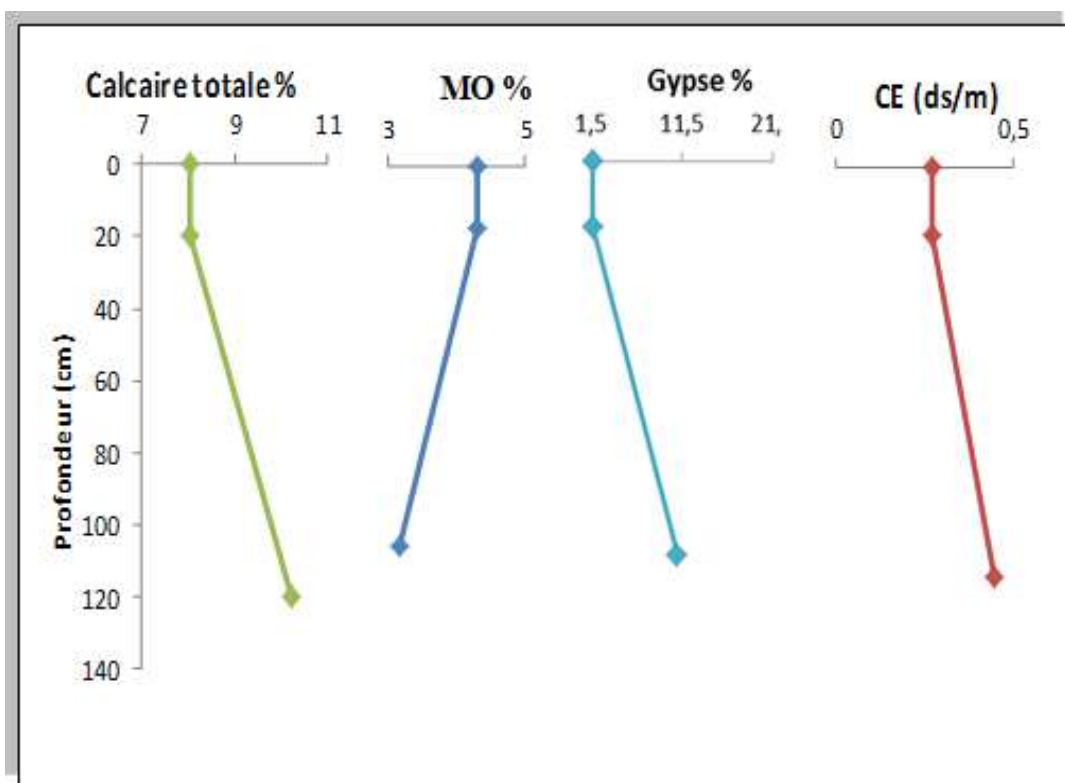


Figure 20 : Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil C



**1.3.3 Résultat et discussion partielle (a)**

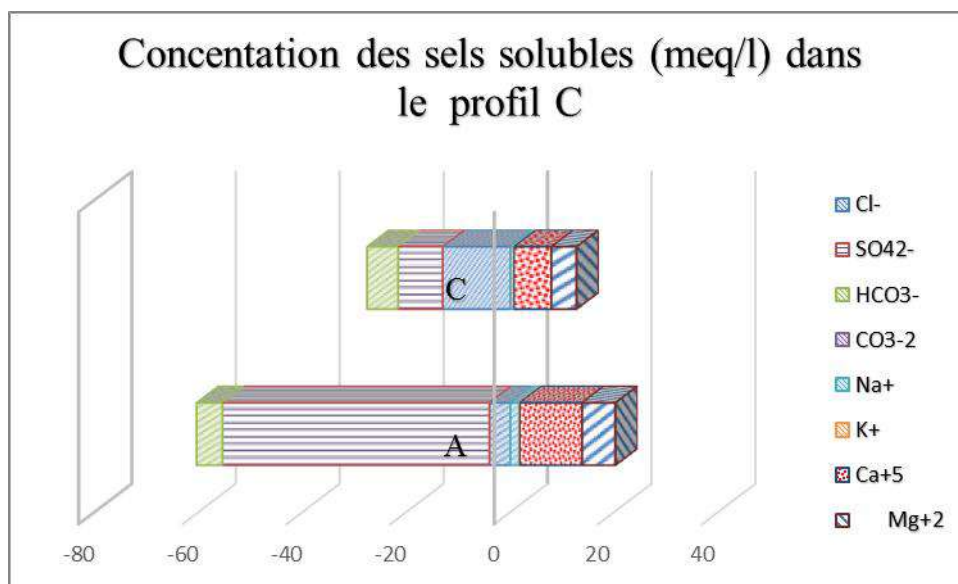
Le taux de calcaire du sol selon BAIZE, Annexe 02, le sol est modérément calcaire dans les deux horizons (8,03 et 10,23).

Le taux de matière organique est Moyenne (MORAND, Annexe 05) qui diminué progressivement et graduellement avec la profondeur. Dans l’horizon A le taux de matière organique (4,30%) et C avec 3,17% cette source est à l’origine des débris d’une culture précédente et excréments des animaux.

Selon BARZANJI, Annexe 01 Le sol est légèrement à Modérément gypseux car le taux de gypse de 1,84% dans l’horizon A et avec 11,05% dans l’horizon C.

**Tableau XI: Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil C.**

horiz	prof.cm	pH	CE (ds/m)	Anions (meq)				cations (meq)			
				Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+5</sup>	Mg <sup>+2</sup>
AP	00-20	7,63	0,27	4	56,36	5	0	1,66	0,15	12,00	6,4
C	20-120	7,6	0,45	13	8,56	6	0	0,62	0,10	7,20	4,8



**Figure 21. Profil ionique du profil C**

### 1.3.3 Résultat et discussions partielle (b)

D'après SERVANT Annexe 03, le sol dans le profil C est faiblement salé car  $0,5 \leq CE \leq 1$  dS/m. son profil salin de type (D) (SERVANT, 1973 et 1975. In YUCEFI, 2011) Selon (AUBERT, 1978), le pH du sol légèrement alcalin (7,60 à 7,63) tabl.06 et qui varié avec la profondeur

Pour le bilan anionique (tabl. XI), le sol est dominé par sulfates avec des valeurs respectives de 56,36 meq/l pour l'horizon Ap et avec 8,56 meq/l dans l'horizon C, et pour le  $HCO_3^-$  et le chlore observe une teneur faible.

Le faciès cationique du complexe adsorbant du sol est dominé par le calcium ( $Ca^{+2}$ ) dans les deux horizons (7,20 à 12,00) meq/l, puis par le magnésium (4,8 à 6,4) meq, le sodium (0,62 à 1,66) meq et en fin par le potassium.

## 1.4. Profil D (photo 9) :

### 1.4.1 Description morphologique:

**-localisation** : 32°46'57.34"N, 4°29'25.70"E

**-temps** : nuageux.

**-végétation** : *Phoenix dactylifera*..

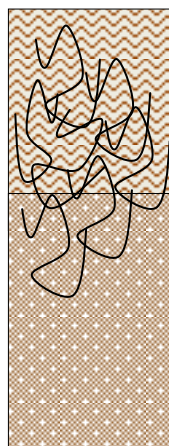
**-état de surface** Sol nu (sous palmiers).

**-topographie** : plane.

**-date**: 10/04/2013 à A 10h30mn.

**-Ap (0-65cm)**: 7.5 YR 5/3 (brun) a l'état humide, texture tendance limoneuses avec présence d'argile, sol sec, structure massive, pas d'éléments grossiers, forte activité racinaire, transition graduelle, présence quelque tache noire qui résulte de la décomposition des débris végétaux et de dates sur la surface du sol forte effervescence a l'HCl.

**-C1 (65-120cm):** 7.5 YR 4/3 (brun) a l'état humide, texture tendance lumineuse, sols sec, structure massive, pas d'éléments grossiers, transition graduelle, moyen activité racinaire, très forte effervescence a l'HCl



**Figure 22 : Profil D**



**Photo 9 : Profil D**

#### 1.4.2 Description analytiques:

Les tableaux XI et .XII représente les caractéristiques et les résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil D

**Tableau .XII: caractéristiques physiques et chimiques du profil D**

les horizons	prof. cm	Calcaire Total %	Gypse %	MO %
AP	00-65	8,70	3,68	3,33
C	65-120	8,22	1,84	4,44

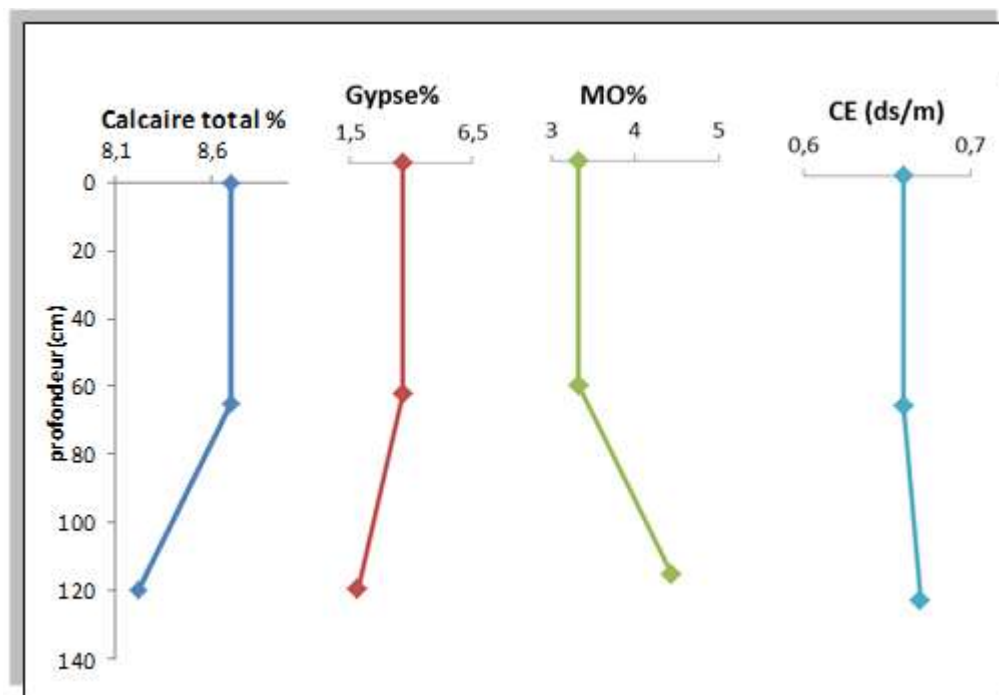


Figure 23. Profils calcaires, matière organique, gypse et de CE du profil D

### 1.4.3 Résultat et discussions partielle (a)

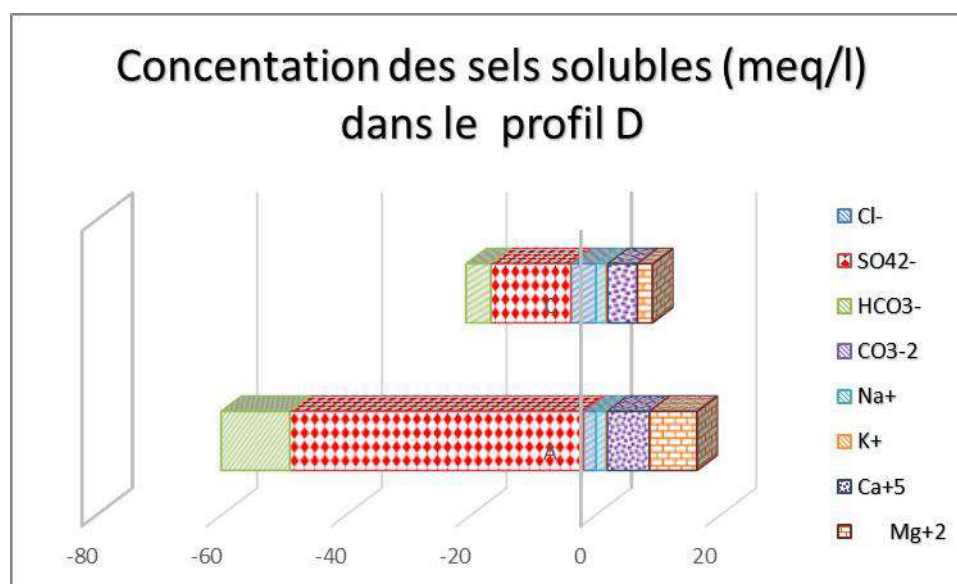
Le sol est modérément calcaire dans les deux horizons (8,7 à 8,22%),

Le taux de matière organique est moyen selon MORAND, 2001, dans l'horizon (A) le taux de matière organique (3,33%) et (4,44%) dans le deuxième horizon.

Le gypse est présent dans le premier horizon avec une teneur de 3.68% et très faible en profondeur (1.84%) Selon BARZANJI, 1973 le sol est légèrement gypseux.

Tableau XIII: Résultats des analyses physiques et chimiques de sol du profil D

prof.cm	pH	CE (ds/m)	Anions (meq)				cations (meq)			
			Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+5</sup>	Mg <sup>+2</sup>
00-65	7,8	0,66	2	47,08	11	0	1,66	0,12	6,80	7,6
65-120	7,74	0,67	4	12,84	4	0	1,66	0,17	4,80	2,4



**Figure 24 : Profil ionique du profil D**

#### 1.4.3 Résultat et discussions partielle (b)

Selon servant Annexe 3, qui représente la classification de la salinité en fonction de la CE de l'extrait saturé du sol, le sol dans le profil D est faiblement à moyennement salé dans l'horizon A (0,49 dS/m), et le deuxième (0,52). Son profil salin de type (D) (SERVANT, 1973 et 1975. In YUCEFI, 2011)

Selon AUBERT, 1978 le pH du sol est très légèrement alcalin (7,36 à 7,45) et qui varie avec la profondeur.

Pour le bilan anionique (tabl. XIII), le sol est dominé par sulfates avec des valeurs respectives de 47,08 meq/l pour l'horizon Ap et avec 12,84 meq/l dans l'horizon C, et pour le  $\text{HCO}_3^-$  et le chlore observe une teneur faible.

Le faciès cationique du complexe adsorbant du sol est dominé par le calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) (2,20 à 4,20) meq, puis par le magnésium (2,5 à 3,6) meq, le sodium (1,24 à 1,45) meq et en fin par le potassium.

## 2. Qualité d'eau d'irrigation

### Le tableau XIV : les résultats des analyses de caractéristique de l'eau d'irrigation

l'échantillon de puits	T °C	pH	CE (ds/m)	S.A.R	Anions (meq)				cations (meq)			
					Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
Haffar (A)	20,4	6,8	4,7	5,21	39,86	21,67	5,33	0	26,09	1,23	24	20
Bsis (B)	22,1	6,5	6,33	3,61	40,03	20,83	4,52	0	23,91	1,28	28,9	11,6
Lakhnin (C)	22,4	6,9	5,55	4,89	29,75	42,79	5,77	0	19,75	1,08	30,8	28,95
Benomar (D)	20,5	7,4	2,6	4,66	20,51	11,46	6,41	0	17,39	1,54	10,4	5,6

L'appréciation de la qualité d'une d'eau d'irrigation s'appuie sur la qualité totale des sels dissous et sur sa composition chimique qui permet de calculer le SAR. Il est également important de considérer la présence éventuelle de sels toxique (chlorures, sodium... etc) (HAROUNA, 2001)

### 2.1 Caractères physique des eaux irrigation

#### 2.1.1 Température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (CHAPMAN *et al*, 1996).

Dans la zone d'étude, nous avons remarqué que cette température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre et reste toutefois voisine, Avec un minimum de 20,5 °C (puits A) et un maximum de 22,4 °C (puits C).

#### 2.1.2 pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux.

Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (CHAPMAN *et al*, 1996)

Les valeurs du pH des eaux d'irrigation ne montrent pas de variations notables, sont proches de la neutralité avec un minimum de 6,49 au puits B et un maximum de 7,39 au puits D.

### 2.1.3 Conductivité électrique.

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. (DERWICH E et al, 2010).

D'après DURAND (1958) dans le chapitre III l'eau d'irrigation généralement forte salinité (puits D, A) à salinité excessive (puits B, C) car  $2,250 < C.E < 5$  (dS/m) et  $C.E > 5$  (dS/m) cette eau présente un risque très élevé de salinisation des sols irrigués.

## 2.2. Chimie et qualité de l'eau d'irrigation

### 2.2.1 Bilan ionique

Pour le bilan cationique, l'eau d'irrigation est marqué par la dominance du sodium et le calcium par rapport aux autres cations ( $Ca^{+2} \geq Na^+ > Mg^{+2} > K^+$ ) avec une valeur de  $Ca^{+2}$  (10,4 (puits .D) à 30,8 (puits .C)) meq/l et de (17,39 (B et D) à 26,09(puits A et C)) meq/l pour le  $Na^+$ , avec une valeur de  $Mg^{+2}$ (5,6 (puits. D) à 28,95(puits .C)) meq/l, et Pour le potassium (K), on observe des teneurs très faibles, avec une maximum étant de 1,54 meq/l et le minimum de 1,08 meq/l ;

Pour le bilan anionique, l'eau est chargée en chlorures et en sulfates avec des valeurs respectives de 20,51 (puits. D) à 40,03(puits .B) meq/l et 11,46 (puits. D) à 42,79 (puits. C) meq/l (tabl. ) et pour le  $HCO_3^-$  observe une teneur faible.

Selon les normes (Annexe) d'une analyse d'eau d'irrigation, on observe tous les sels soluble est dominé dans ces norme sauf le potassium et magnésium à puits C

### 2.2.2 Faciès chimique.

En s'appuyant sur le diagramme de Piper pour déterminer le faciès minéral de l'eau d'irrigation (fig.25), Il s'avère que son faciès chimique est de type chlorurées et sulfatées calcique et magnésiennes.

### 2.2.3 Degré d'aptitude à l'irrigation (Méthode du S.A.R)

La figure montre que les eaux d'irrigation se situent en général, dans deux classes principales :

C4-S1 : Qualité à médiocre à mauvaise, fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés. Dans les puits A et D

C5-S1 : très déconseillé pour l'irrigation pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces très tolérantes comme le palmier dattier. Dans les puits B et C.

## Conclusion

L'eau utilisée pour l'irrigation, provient de la nappe alluviale est très salée ( $2,250 < C.E < 5$  (dS/m). Faiblement sodique ( $S.A.R < 6$ ) et le faciès globale chlorurées et sulfatées calcique et magnésiennes, l'eau est donc toxique par les sels de sulfates et de chlore et alcaline, sous l'effet des fortes teneurs en calcium, magnésium et sodium. Ce qui peut être expliqué par la contamination de l'eau des forages au profond. et la diminution le niveau piézomètres favorise élévation la concentration des sels.



Figure 25 : Diagramme de piper



Figure 26 : Diagramme de Riverside



### 3. Caractères physico-chimique des sols cultivés

#### 3.1 Evolution de CE.

##### 3.1.1 Evolution de la salinité (CE dS/m) en fonction de profondeur

###### 3.1.1.1 Site A

N.B : les profils salins de **SERVANT 1975** In **YOUSFI, 2011** (Annexe 25).

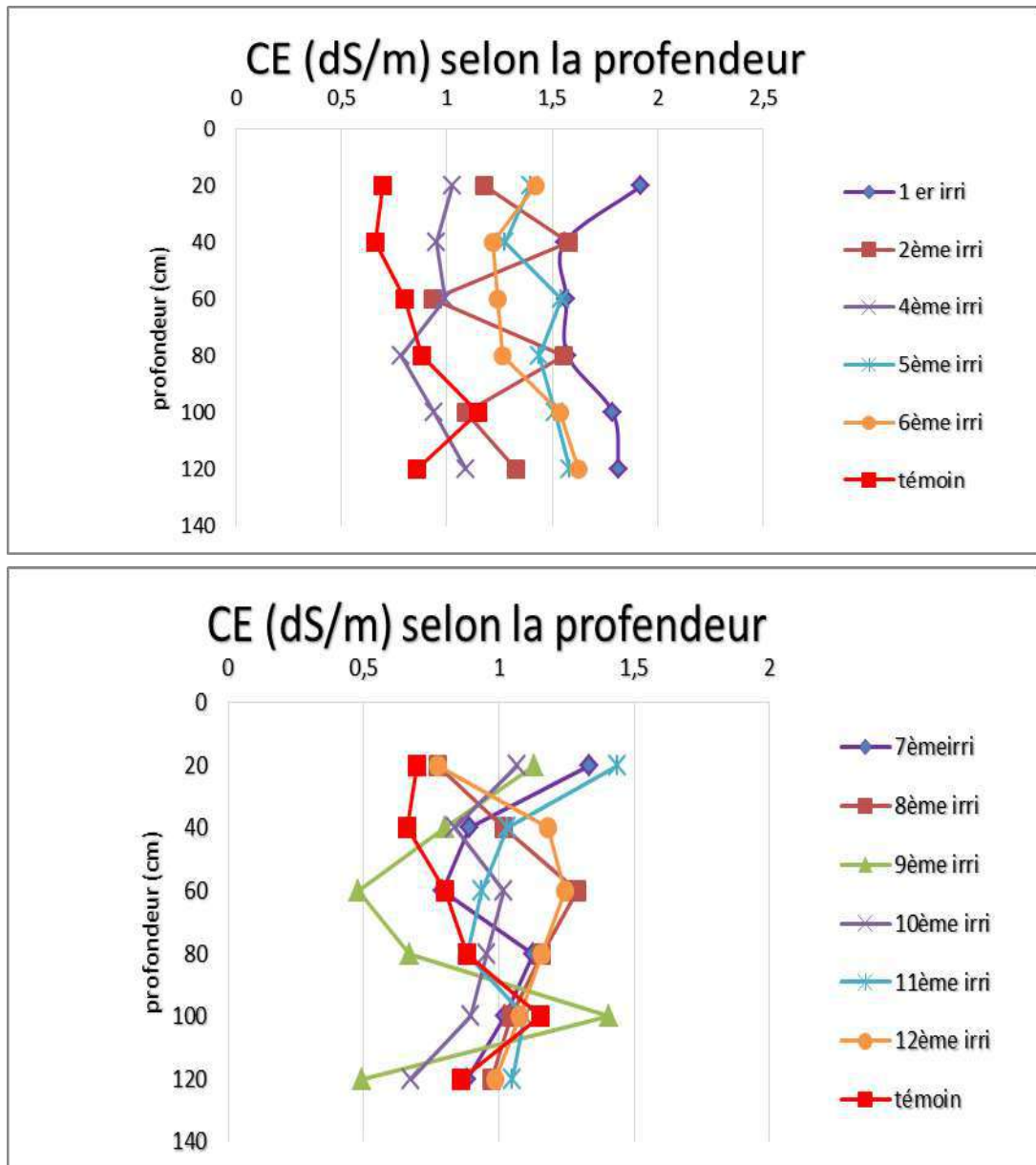


Figure 27 : Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site A) (Annexe 9)

➤ **Résultat et discussion partielle**

D'après la figure au-dessus généralement le sol irrigué est salé à fortement salé car les valeurs de CE varient entre 0,83 à 1,70 dS/m par contre au sol non irrigué (témoin) avec des valeurs entre 0,6 à 1,15 d'après SERVANT, 1975 le sol est moyennement salé

D'une manière générale en a deux types des profils salins dans le sol irrigué.

Le premier profil c'est de type C qui est remarqué après la première, quatrième, sixième, septième, neuvième et onzième irrigation, l'accumulation des sels est ascendante (accumulation à la surface) sous l'effet de la micro capillarité car l'insuffisance d'eau d'irrigation donc un dessèchement rapide du sol provoque une redistribution de l'eau dans le profil (la création de profil salin sous l'effet du profil hydrique) ce phénomène dépend de la granulométrie.

Le deuxième profil c'est de type B on observe sa après tous les irrigations qui restent, dont la distribution saline à maximum est marquée moyennement profonde c'est-à-dire déplacement des sels vers le bas du profil sous l'influence de l'irrigation. Qui attendent 1,92 dS/m annexe.

3.1.1.2 Site B

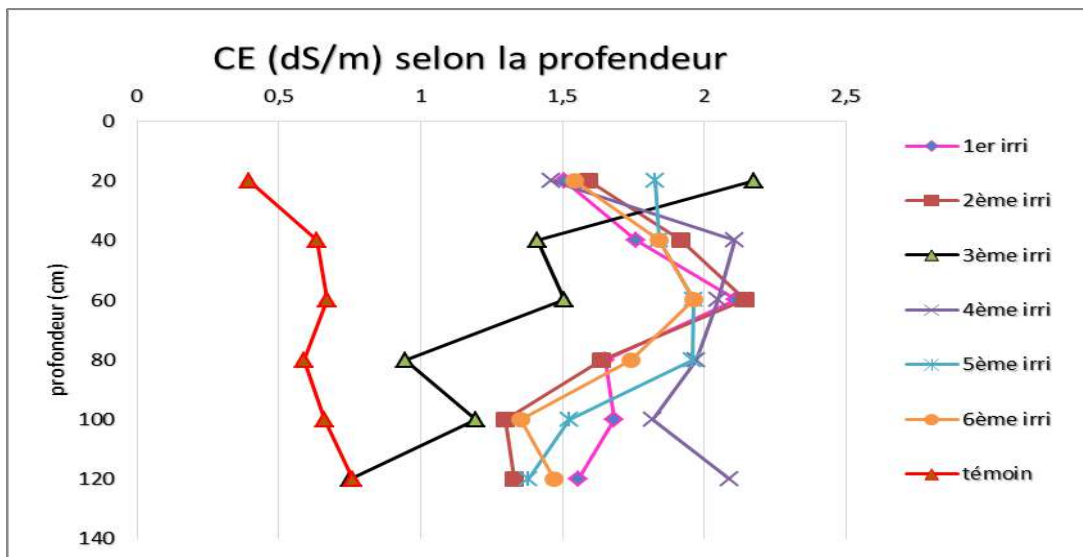
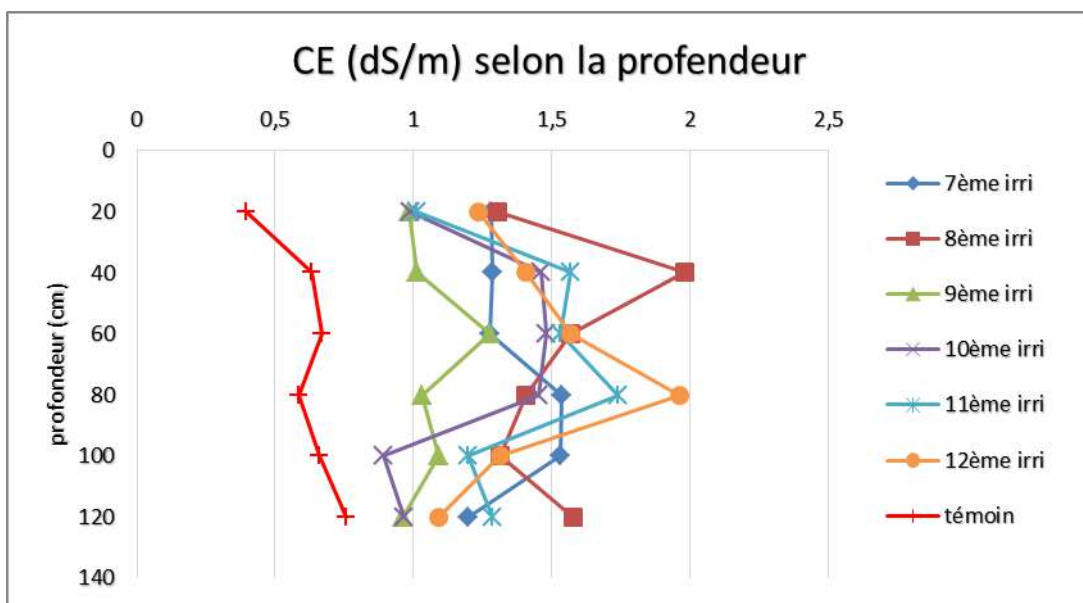


Figure 28 : Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site B) (Annexe 13)



➤ Résultat et discussion partielle

A travers la figure au-dessus on remarque que :

D'après SERVANT. Annexe 3 le sol non irrigué (témoin) en générale sol faiblement salé par contre dans les sols irrigué sont salé à fortement sal car les valeurs de CE entre (1,05 à 2,08) dS/m, ceci montre que l'effet d'eau d'irrigation sur le sol car  $2,250 < C.E < 5$  (dS/m) selon DURAND (1958) (p 23) l'eau est à salinité excessive qui présente un risque très élevé par rapport eaux d'irrigation de site A. Généralement le profil salin est de type B un maximum de salinité bien différenciée qui apparaît dans la partie moyenne du profil (2,10 dS/m) à moins d'un

mètre de profondeur, c'est à dire déplacement des sels vers le bas du profil sous l'influence de l'irrigation sauf à la troisième irrigation qui atteint le maximum au surface (manque dose de lessivage)

3.1.1.3 Site C

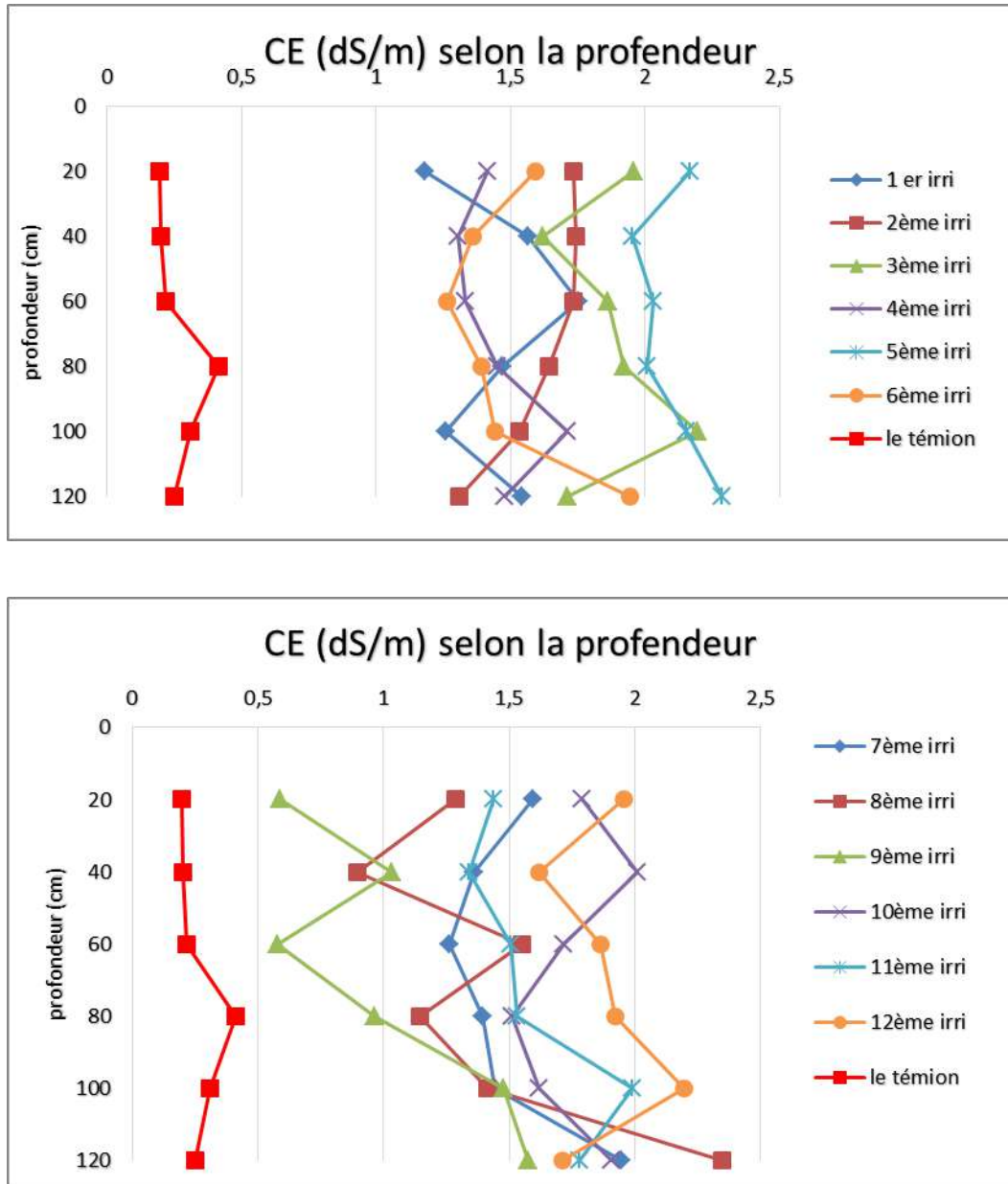


Figure 29 : Evolution de la CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (Site C) (Annexe 17)

➤ **Résultat et discussion partielle**

A travers la figure au-dessus on remarque que

D’après SERVANT. Annexe 3 le sol irrigué (témoin) en générale sol non à faiblement salé par contre dans les sols cultivés sont salé à fortement saline car les valeurs de CE entre (1,03 à 2,10) dS/m par ceci montre que l’effet d’eau d’irrigation sur le sol car il présente les mêmes caractères physico-chimique d’eaux d’irrigation de site B donc présente la mémé risque sur le sol.

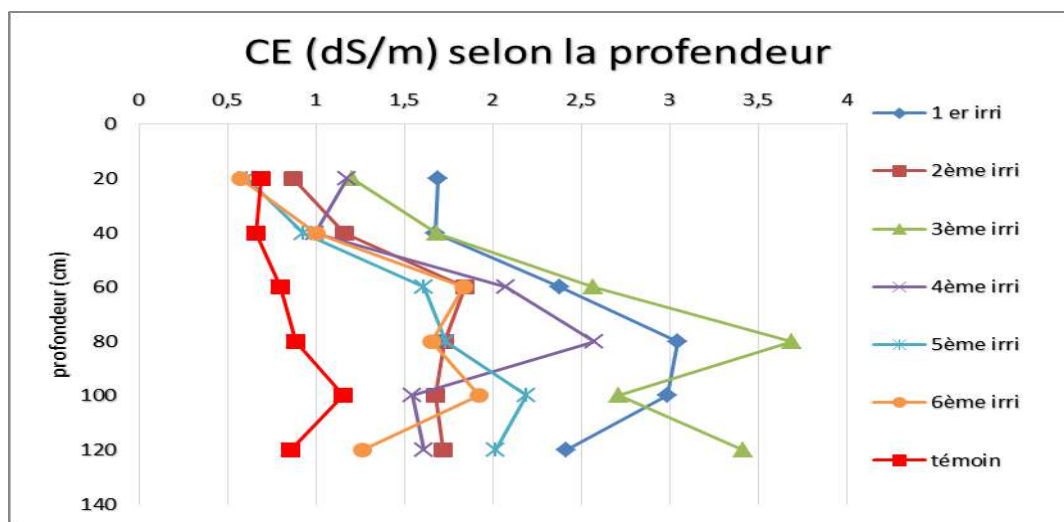
En générale dans cette site il Ya trois type des profils saline de SERVANT 1975

Profil de type C qui remarqué après la deuxième, troisième quatrième, cinquième, sixième, et douzaine d’irrigation accumulation des sel des sel au surface sous l’effet de la capillarité, mais cette ascendante d’une manière générale est moins important (ascendant des sel lente) car le sol est lourd qui varier entre 1,26 à 22,28dS/m

La deuxième type de profil salin est de profil B, on observe sa après les irrigations suivant le premier et le dixième l’accumulation des sels dans la parité racinaire sous l’effet de l’irrigation, avec des valeurs varié entre 1,18 et 2,01 dS/m.

Pour le troisième profil selon SERVANT 1975 In YOUSFI, 2011 le profil de type D pour les restent d’après les irrigations, l’accumulation des sels à la profondeur (0,57 à 2,34) dS/m ceci montre que le sol subit à un bon lessivage

**3.1.1.4 Site D**



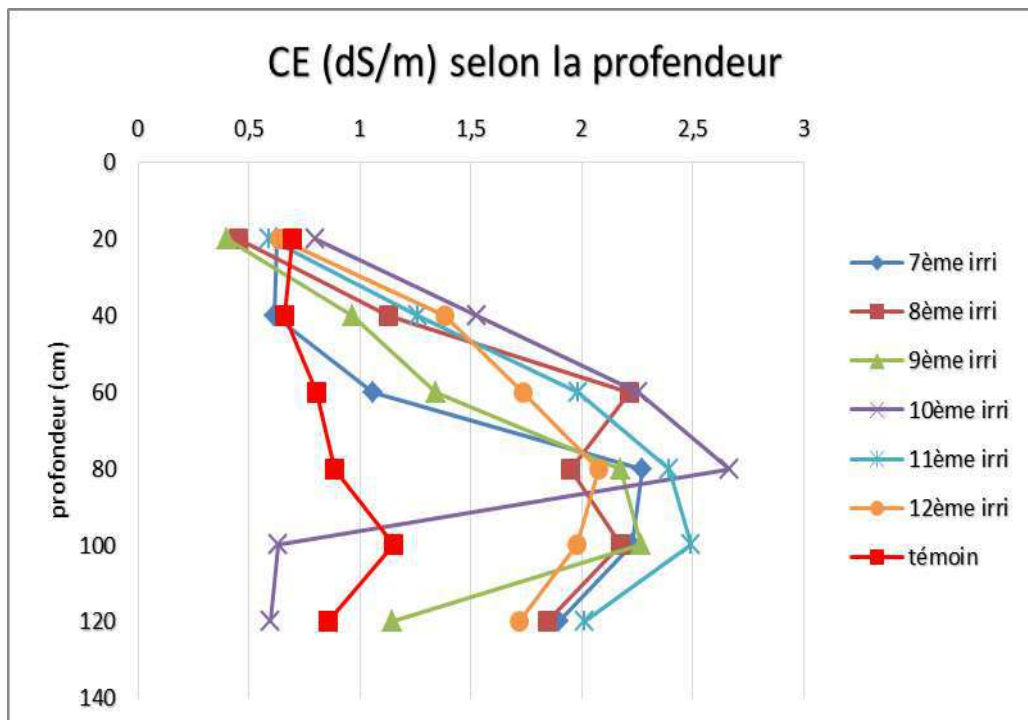


Figure 30 : variation de CE moyenne (dS/m) en fonction de la profondeur des profils (site D) (Annexe 21)

➤ **Résultat et discussion partielle**

D'après SEVANT Annexe 3 les profils salin de type D, dont l'accumulation des sels au profond avec des valeurs entre (0,60 à 3,43) dS/m c'est-à-dire le sol sous l'effet par un bon dose d'irrigation (dose de lessivage).

Le sol en générale est salé à très fortement salé, avec des valeurs entre 1,27 et 2,45 (Annexe) dans le sol irrigué mais dans le sol non irrigué est généralement moyennement salé

### 3.1.2 Evolution de la salinité (CE dS/m) dans le temps

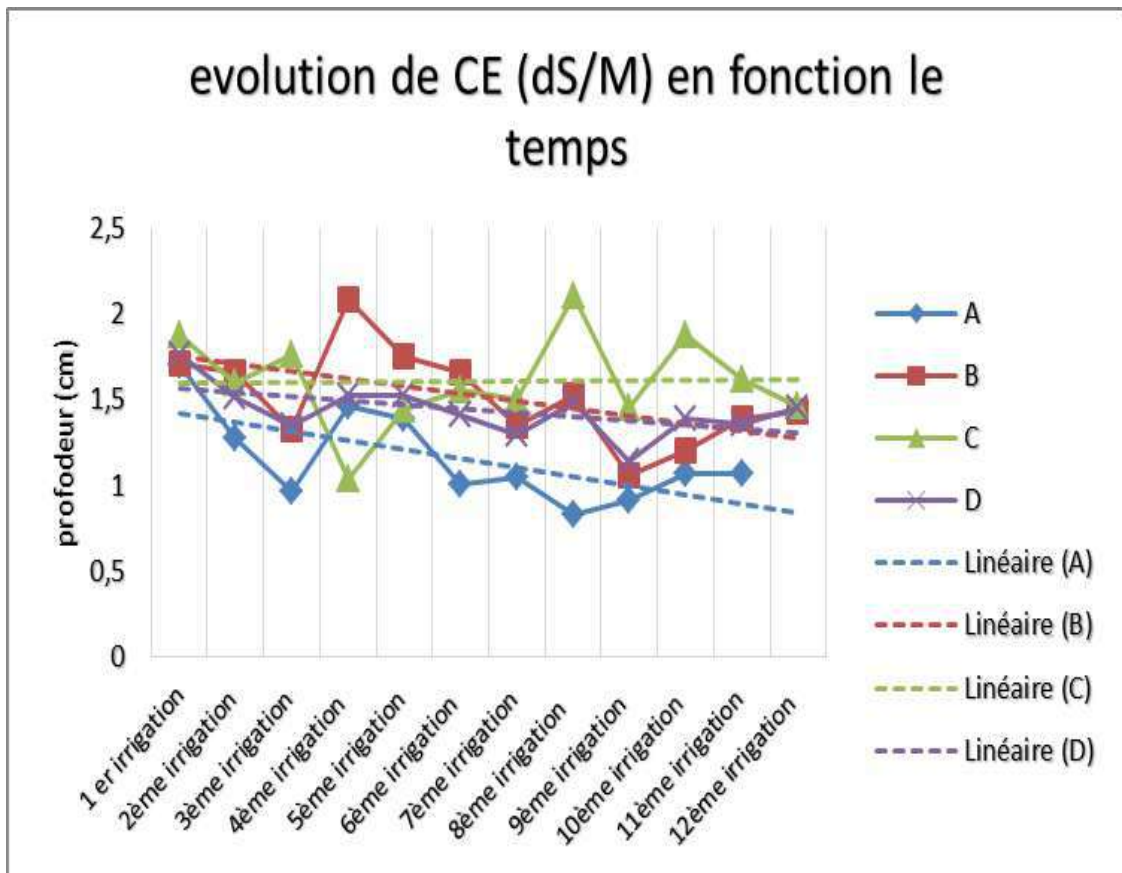


Figure 31 : Evolutions de la CE moyenne en fonction de période de prélèvement (Annexe 23)

#### 3.1.2.1 Résultat et discussion partielle

Les résultats de la CE suite aux irrigations sont illustrés par la figure au-dessus ; elle permet d'une part de suivre l'évolution quantitative de la salinité globale après irrigation, d'autre part d'une manière générale on constate que :

##### Site A :

Les valeurs de la conductivité électrique diminuent suite à la première irrigation, pour augmenter ensuite à partir de la troisième irrigation, pour atteindre une valeur 1,45 dS/m dans la quatrième irrigation ; le satisfaire des doses dans les trois irrigations influe sur l'accumulation des sels dans le profond.

Les valeurs de CE connue un abaissement observable après la quatrième irrigation à la valeur minimale du courbe de 0,83 dS/m, c'est montre qu'il y a un grand lessivage des sels par un apport

d'eau important dans cette irrigation.

### Site B

Les valeurs de CE connue un abaissement observable après la première jusqu'à la troisième irrigation. C'est le signe de l'accumulation des sels à la profondeur

Une diminution générale de la CE suite après la quatrième irrigation à valeur minimale de 1,05 dS/m, ceci menée à l'importance de l'apport d'eau qui contient une dose pour le lessivage.

### Site C

Les valeurs de la conductivité électrique d'une manière générale diminuent jusqu'à la quatrième irrigation qui atteignent la valeur minimale du courbe (1,03dS/m), par contre une évolution observable de CE après le quatrième jusqu'à le huitième d'irrigation, pour atteindre une valeur maximale 2,10 dS/m; l'insuffisance des doses dans les quatre irrigations influe sur l'accumulation des sels dans le profil (0 à 120 cm).

Les valeurs de la conductivité électrique diminuent suite à la première irrigation, pour augmenter ensuite à partir de la deuxième irrigation.

Suite après la huitième irrigation, Les valeurs de la conductivité électrique diminuent pour augmenter ensuite à partir de la neuvième pour une valeur de 1,87 dS/m, puis une diminution remarquable pour les restes ceci montre que une dose de lessivage acceptable pour lixiviation des sels. .

### Site D

D'une manière générale les valeurs de CE est diminué de suite d'irrigation à irrigation, c'est montre qu'il y a un bon lessivage des sels par un apport d'eau important dans cette irrigation avec une valeurs maximum après la première irrigation de 2,45 dS/m et une valeur minimale après douzaine irrigation de 1,2 dS/m.

### Conclusion :

Après l'étude de la variation des valeurs de la conductivité électrique dépend les 12 irrigations dans les 4 sites

En générale le sol varié avec des valeurs de CE varie entre 0,83 et 2,54 dS/m après ces valeurs traduisant que le sol sont classées selon Servant (1975) Annexe 3 à moyennement à très fortement.

En générale, on constate une diminution légère des valeurs CE durant la période d'observation, à l'exception la courbe C reste stable car l'insuffisance d'eau d'irrigation (manque d'eau de lessivage).



### 3.2 Évolution du pH

#### 3.2.1 Évolution du pH en fonction de profondeur

##### Site A

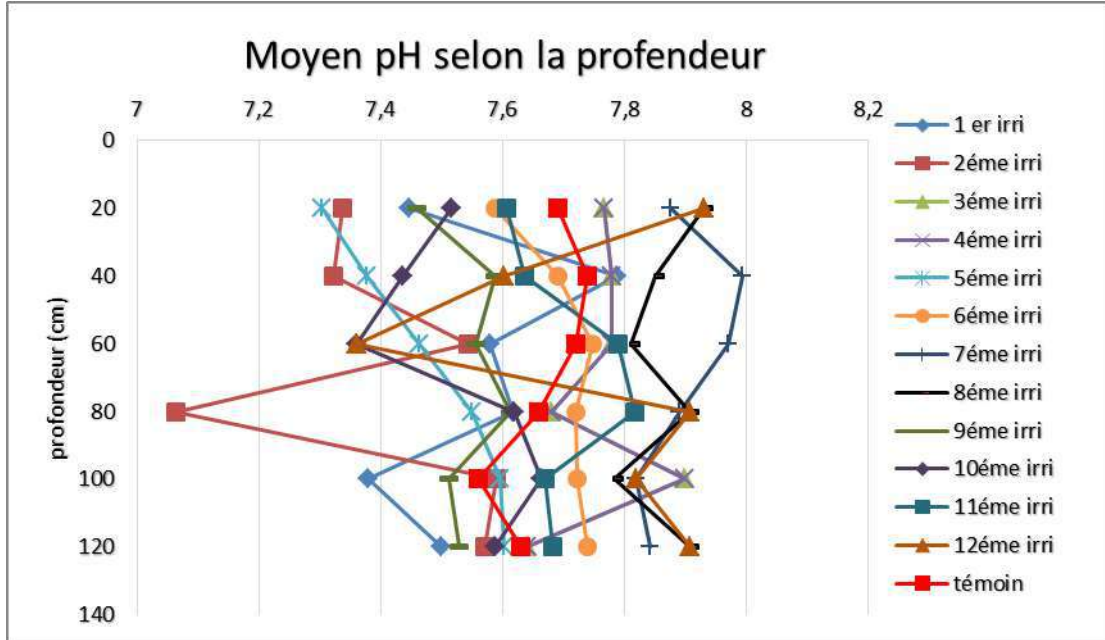


Figure 32 : Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils (Site A)  
(Annexe 9)

##### Site B

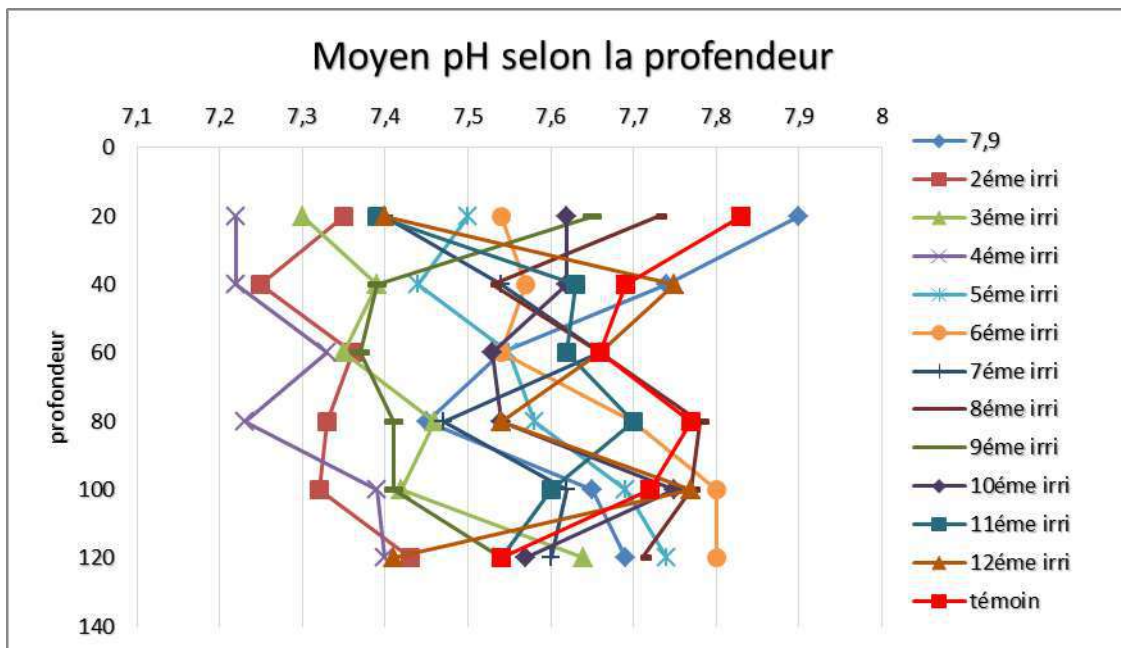


Figure 33 : Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils (Site B)  
(Annexe 13)

Site C

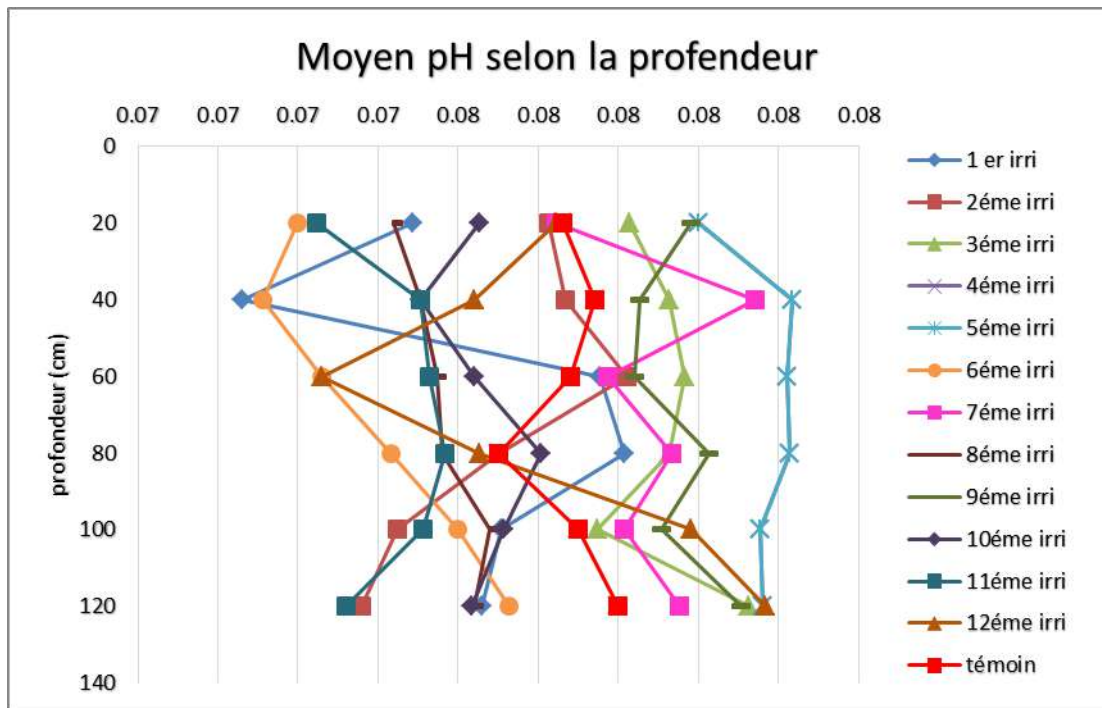


Figure 34 : Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils (Site C)  
(Annexe 17)

Site D

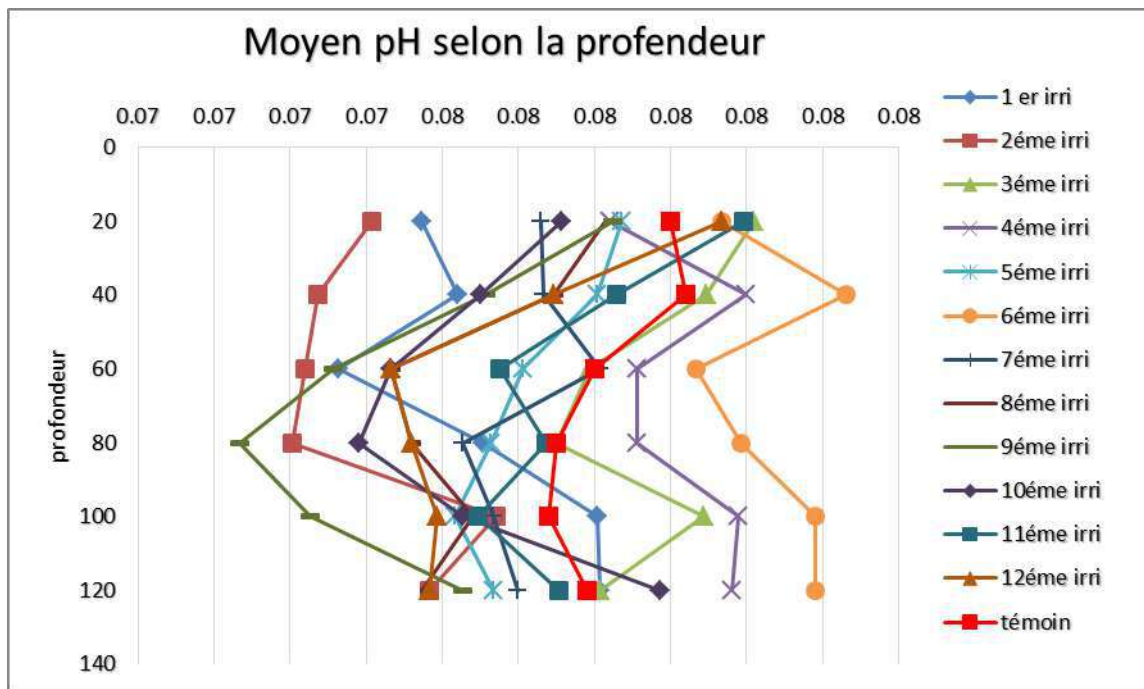
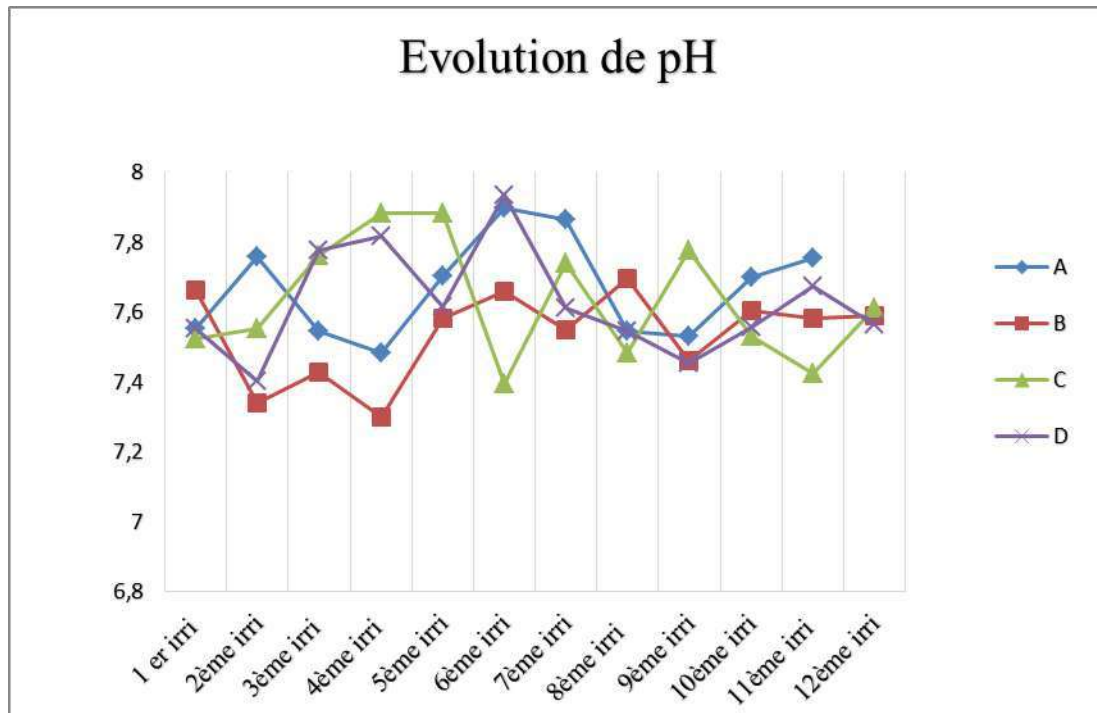


Figure 35 : Variation du pH moyen en fonction de la profondeur des profils (Site D)  
(Annexe 21)

**Résultat et discussion partiel :**

Les courbes représentées par les figures (32 - 35) montrent que le pH de les 4profile est relativement constant sur l'ensemble des profils avec un minimum 7,06 et un maximum de 8,03 selon Aubert, 1978 Très légèrement alcalin à Légèrement alcalin. Cette variation est en relation du la concentration de Na échangeable.

**3.2.2 Évolution du pH dans le temps**

**Figure 36 : Variation de pH en fonction la période de prélèvement (Annexe 24)**

**Résultat et discussion partiel**

D'après les courbes représentées par la figure on remarque que :

Le pH variés d'une irrigation à une autre

Les fortes valeurs

Nous constatant une faible variation de pH. Toutefois, nous remarquons l'irrigation, due fort probablement à la dynamique des sels alcalins dans les profils.

Une diminution de pH après chaque apport d'eau et une augmentation par l'apport de l'eau à travers l'irrigation ont montré que plus la fréquence d'irrigation utilisé est grande plus la solution du sol est diluée et plus l'enlèvement des sels solubles est facile. Selon (SOLTNER, 1989), la solution du sol est alcalin ( $7,20 \leq \text{pH} \leq 7,85$ ).

### 3.3 Situation finale du bilan ionique du sol après le dernier prélèvement

Site A

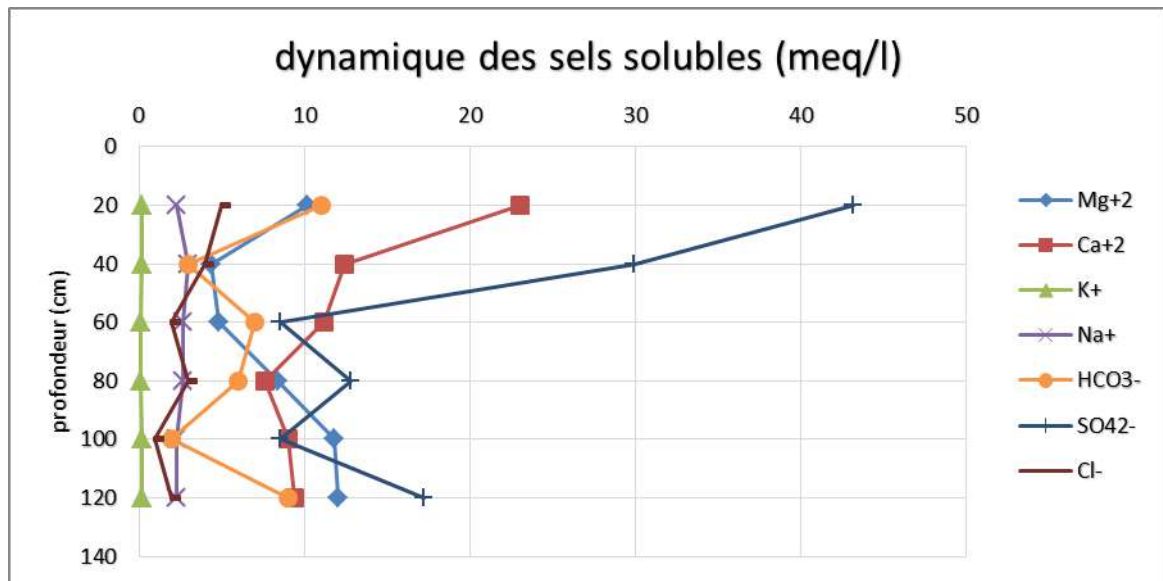


Figure 37 : Profil ionique du profil A (Annexe 10)

Site B

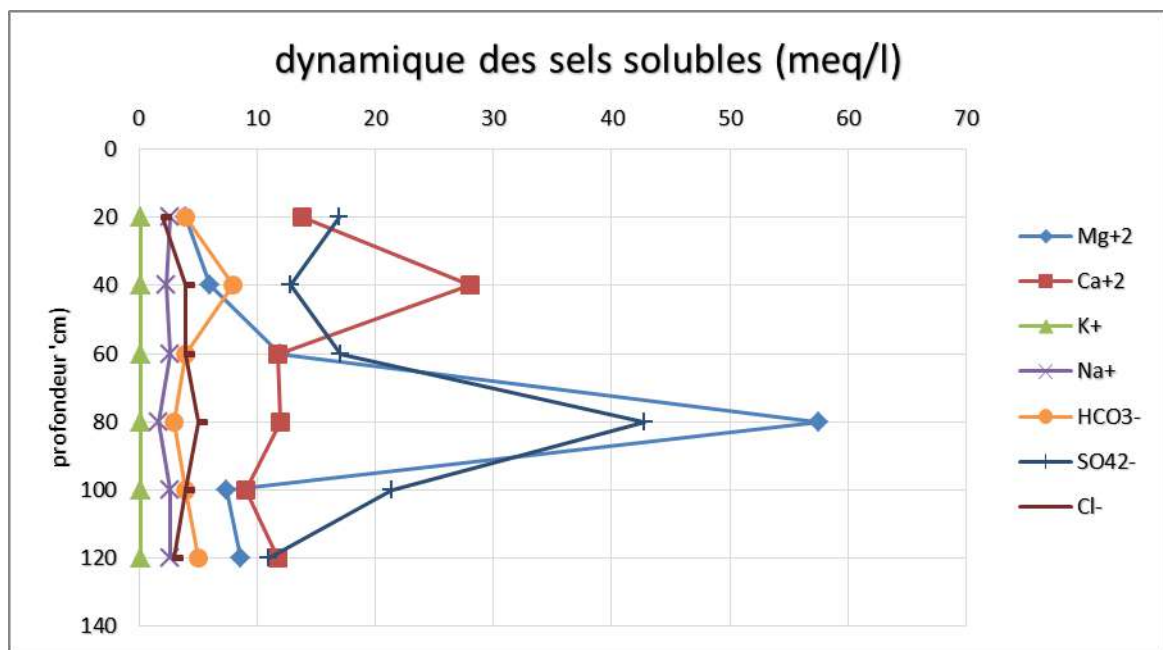


Figure 38 : Profil ionique du profil B (Annexe 14)

Site C

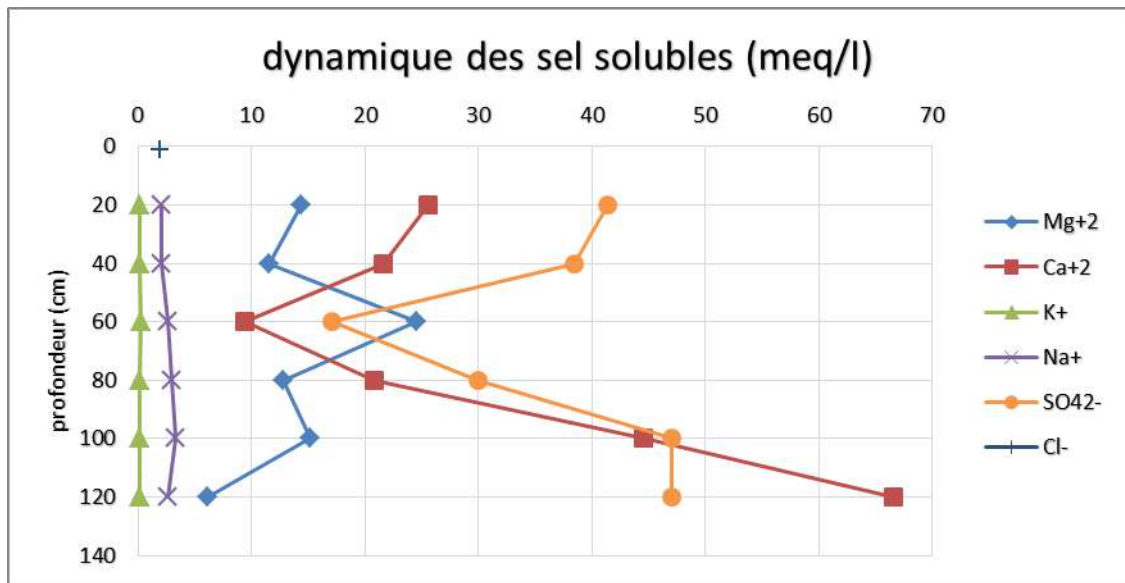


Figure 39 : Profil ionique du profil C (Annexe 18)

Site D

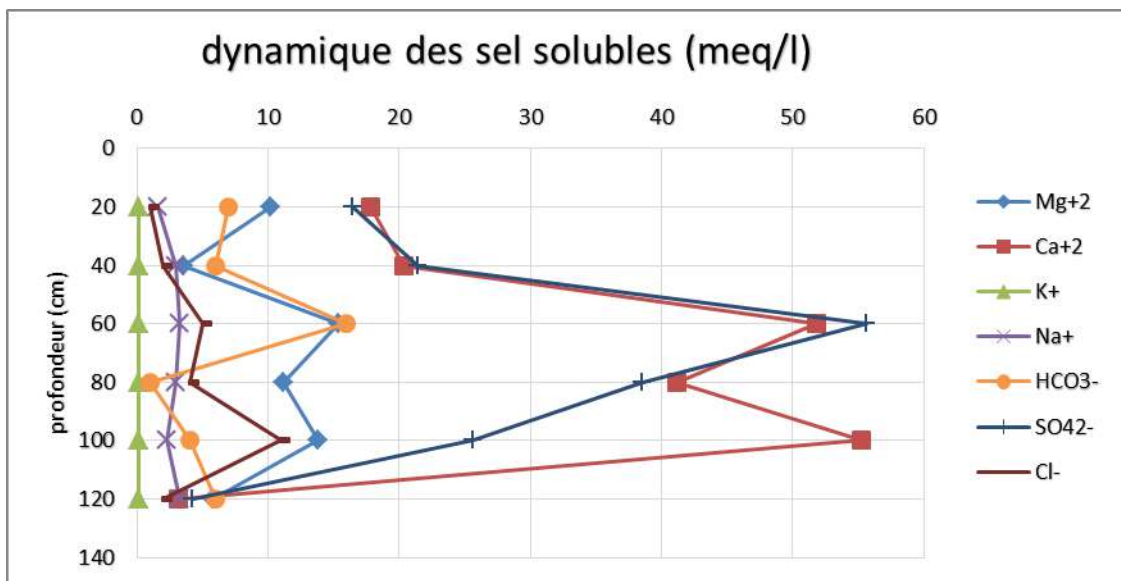


Figure 40 : Profil ionique du profil D (Annexe 22)

Pour le bilan cationique, dans les 4 sites est marqué par la dominance du calcium par rapport aux autres cations ( $Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^{+} > K^{+}$ ) avec une valeur de  $Ca^{+2}$  (3,20 à 66,60) meq/l et de 3,6 à 75,5 meq/l pour magnésium et Pour le potassium (K), on observe des teneurs très faibles, avec une maximum étant de 0,23 meq/l et le minimum de 0,11 meq/l

Pour le bilan anionique, le sol est chargé en sulfates avec des valeurs respectives de 4,28 à 55,64 meq/l et pour le  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{Cl}^-$  observe une teneur faible.

### Discussion générale

Les sols étudiés sont de type alluvionnaire, de texture fine, généralement riches en limon, en sable fin. L'analyse granulométrique montre que la texture des sols est limono sableuse à limono argileuse.

L'étude qualitative des eaux d'irrigation indique que la qualité de ces eaux est généralement non acceptable pour l'irrigation.

Les eaux des puits A et D sont de qualité médiocre et fortement minéralisée, par rapport aux eaux des puits B et C. Cette eau est déconseillée pour l'irrigation et pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces très tolérantes comme le palmier dattier.

D'une manière générale, les sols sont modérément calcaires dans la plupart des profils, avec des teneurs qui varient de 1 à 15 %.

La teneur en gypse est généralement faible, avec un minimum de 1,84% et un maximum de 11% dans sol témoin (sol nu) et 7,36 % (voir en annexes) pour le sol cultivé. Ceci pourrait être expliqué par la lixiviation en profondeur du gypse par l'eau d'irrigation.

Les résultats révèlent des taux de matière organique faibles à moyens, qui diminuent progressivement et graduellement avec la profondeur, avec des valeurs légèrement plus élevées dans les profils témoins par rapport aux sols étudiés. Ceci est peut être dû à la décomposition rapide de la matière organique et son prélèvement par les cultures dans les sols irrigués par rapport au sol non irrigué.

Le pH est très légèrement à légèrement alcalin dans tous les sols étudiés.

Suite à l'étude de la variation de la conductivité électrique durant les 12 irrigations et dans les 4 sites de l'étude, on peut dire que l'irrigation par l'eau alluviale dans la palmeraie de Guerrara provoque une augmentation de la salinité du sol. Mais, cette salinisation a tendance à diminuer avec le temps, ce qui peut être expliqué par l'effet des irrigations sur le lessivage des sels solubles dans le sol



Cette diminution de la salure des sols est due à la gestion acceptable des irrigations par des doses et fréquences respectées.

Dans les sols témoins (non irrigués), on remarque des teneurs en sels solubles sont plus élevées dans la couche superficielle puis il y'a une diminution progressive avec la profondeur. Par contre pour les sols irrigués, les teneurs sont faibles en surface pour augmentent en profondeur et diminuent de nouveau plus bas (sauf dans les sites A et C), ou il y'a eu une légère perturbation des irrigations. Ceci montre le rôle très important des irrigations dans la dynamique des sels solubles vers la profondeur.

Suite à l'étude des corrélations, sol – eau (Annexe 26), on peut dire que l'irrigation par une eau de qualité médiocre exprime un effet général sur le sol, mais de façon plus lente en présence des doses de lessivage. D'une manière générale, le  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  favorisent la diminution des valeurs de CE (corrélation positive pour les sols).

En fin, il est à dire que l'irrigation des sols par cette eau ne constitue pas un grand problème pour les sols, mais à condition d'avoir une bonne conduite des irrigations avec des doses et des fréquences d'arrosage acceptables qui permettent de diminuer le taux des sels solubles dans la couche superficielle ou zone racinaire et de garder une salinité en deçà du seuil de tolérance, sans oublier le rôle majeur des inondations par les eaux des crues de Oued Zegrir dans le lessivage des sels.

$\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  : le cation et les anions de l'eau d'irrigation.

Conclusion



## Conclusion générale

Au terme de notre étude, qui s'intéresse à l'étude de l'effet de l'irrigation par les eaux de la nappe phréatique sur le sol de l'ancienne palmeraie de Guerrara, nous avons pu mettre en évidence certaines caractéristiques morphologiques et analytiques des eaux et des sols, par un suivi de l'évolution de la salure des sols irrigués par cette eau.

Le sol est généralement modérément calcaire, avec faible à moyen teneur en matière organique et en gypse, sols faiblement à moyennement salés pour les sols témoins et moyennement à très fortement salés pour les sols irrigués.

Les résultats des analyse physico-chimiques de l'eau d'irrigation in situ et au laboratoire montrent que l'eau d'irrigation dans l'ensemble est fortement à excessivement salée et le pH est neutre.

La concentration en éléments solubles des extraits dilués des sols est faible, elle suit d'une manière générale la variation de la conductivité électrique, et décroît progressivement avec la profondeur pour les sols témoins (sols non irrigués) par contre pour les profils irrigués les teneurs en sels solubles augmentent avec la profondeur.

Les résultats de l'étude de la variation de la conductivité électrique durant la période d'observation montre que si on assure une bonne conduite des irrigations (doses et fréquences d'arrosage respectées), cette eau de qualité médiocre aura un faible effet sur le sol.

Pour mettre en évidence l'interaction eau/sol nue et eau/sol cultivé on a fait appel à quelques analyses statistiques représentées par des testes de corrélation. Ces testes ont montré qu'il y'a une influence de l'irrigation par l'eau de la nappe phréatique sur les sols en générale soit cultivé ou non cultivé, mais l'influence reste faible et plus lente surtout pour les sols lourds.

En fin, Il faut signaler que ce travail sur la relation sol /nappe alluviale de Guerrara nécessite d'être poursuivi par d'autres études sur le fonctionnement des sols vis-à-vis cette nappe superficielle.

# Références bibliographiques

**Références bibliographiques**

- AUBERT J., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. Centre régional de documentation pédagogique de Marseille, service d'impression 55, rue Sylvabelle 13006 Marseille, P123.
- BAHIR M et MENNANI A. (2002).** Problématique de la gestion des eaux souterraines au Maroc *In* Estudios. Geol., p 58.
- BANTON D et BANGOY L.M., 1999.** Hydrogéologie- Multi-sciences environnementale des eaux souterraines. Ed. Presses de l'université de Québec. AUPLEF, 460 P.
- BEAUCHAMP J., 1995.** L'eau souterraine « éléments d'hydrogéologie ». [www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/mst-plan.11-08-2011](http://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/mst-plan.11-08-2011).
- BECHICHI-KHADRAOUI M., 2011.** Les indicateurs paléo-écologiques dans les sols alluviaux (cas du daya EL M'rara). Mémoire. Mag. Agro. Université de Ouargla. p 4, 5.
- BEN BRAHIM., 2001.** Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels soluble dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuverte. Mémoire. Ing. Agro. Université de Ouargla. 110
- BEN DAOUD H., 2012.** Diagnostic sur la conduite d'irrigation de palmiers dattiers dans les régions d'Oued Righ. Mémoire. Ing. Agro. Université de Ouargla. p35.
- BOUHIHI B., 1996.** Etude de la salure d'un sol sableux sous l'influence de l'irrigation. Mémoire. Ing. Agro., 41 P.
- BOUNOURA Z et GAOURA A., 2008.** Dynamique la matière organique dans les sols sables-meilleur lieu pour la conservation du carbone organique. INSID. Actes. Colloque international sur l'Aridoculture, Optimisation des productions agricoles et développement durable. 13 – 14 Décembre 2008. Biskra. Algérie, p 110.
- BOUZAHER A., 1990.** Création d'oasis en Algérie. Options méditerranéennes, Série A, pp 11, 325-328.
- HAROUNA-SONLEY I., 2001.** Etude de l'impacte de la remonté de la nappe phréatique sur la solmisation des sols sous palmeraie à Ouargla (cas de l'ITAS. Université Ouargla). Mémoire. Ing. Agro. Université de Ouargla.93p
- CHAPMAN D., KIMSTACH V., (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, p. 59-126.
- CHAUSSE CH., 2003.** Les nappes alluviales de la base vallée de l'Youne, approche géométrique et chronstratigraphique et l'apport de l'étude de la nappe de Soucy à la

compréhension des occupations du paléolithique inférieur de Soucy. Thèse Doc. Université de Lille I, p 25.

**CLEMENT M., 1998.** Analyse physique des sols, Ed. Tec et Doc. Francoise PIELTAIN, 265 p.

**CLIMENT M., AUDOYE P., CLAUD CHOSSAT J., 2007.** Base technique de l'irrigation par aspersion, pp 8-9, 20-21.

**DAJOZ R., 1971.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.

**DAJOZ R., 2006.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 631p.

**DERWICH E, BENAABIDATE L, ZIAN A, SADKI O, et BELGHITY D., 2010.** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa Confluence avec oued Fès. *In Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, p. 101-112.

**DJILI, B., 2004.** Etude des sols alluviaux en zones arides : cas de la Daya d'El-Amied (région de Guerrara), essai morphologique et analytique. Mémoire Mag. Agro. Université de Ouargla, pp 8, 11, 15, 5.

**DOUFENE S., 2012.** Caractérisation micromorphologique et minéralogique des matériaux pédo-sédimentaires des systèmes des Dayas: cas de Dayet El-Amied, Guerrara. Mémoire Mag. Agro. Université de Ouargla, p 4, 8.

**DUBIEF J., 1964.** Evaporation et coefficients climatiques au Sahara. Tra. Inst. Rech. Sci. Paris, Tom 6, 344p.

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

**DUCHAUFOR, P., 1997.** Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement. Ed Masson. 491p.

**DUCHAUFOR P., 2001.** Introduction à la science du sol. Ed. Dunod. Paris, 331 p.

**FAO.,(1998).** World Reference Base for Soil Resource. World Soil Resource Report N° 84. ISSS, ISRIC and F.A.O., Rome, 88p.

**FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J et HEMPTINNE J., 2011.** Ecologie. Ed. Lavoisier, 6<sup>ème</sup> édition, 488p.

**GHUERGHOUT O et MEZZAR L., 2012.** Interaction sol-nappe alluviale au niveau de la palmeraie de Guerrara. Mémoire Mag. Agro. Université d'Ouargla. p 3.

- GOURECH H., 2006** Contribution à l'étude des problèmes et des contraintes liés à l'utilisation des eaux dans le secteur agricole, (cas de la région d'Ouargla) Mémoire ing. Agro. Université d'Ouargla. 106p.
- GUEMARI F., 2009.** Etude des systèmes traditionnels de captage des eaux et d'irrigation dans les oasis de la vallée de m'Zab. Cas des oasis de metlili, el atouf, guerrara, beniizguene, berriane et bounoura. Mémoire Mag. Agro. Université d'Ouargla. 43p.
- HABBAD M., 1992.** Contribution à la connaissance de la dynamique des sels des sols de la région de Ain Bennoui (Biskra). Mémoire Mag. Ing. Université d'Ouargla, 30p.
- HADJ-SAID, S., HAMDI-AISSA B., TOUIL Y., 2008.** Qualité et ressources en eaux souterraines dans un agrosystème oasien au Sahara d'Algérie (cas de l'oasis de Guerrara, M'Zab). Bull. du Groupe Francophone Humidité et Transferts en Milieux Poreux, 54, 195-198.
- HAFODA L., 2005.** Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de l'apport dans la vallée de l'oued rhir. Mémoire Mag. Agro. Université de Ouargla. 78p.
- HALITIM A., (1988).** Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger. 384p.
- HAMDI AISSA, B., (2008).** Rapport sur l'ancienne oasis de Guerrara M'Zab. Association pour la sauvegarde du patrimoine/Guerrara 3,4,6
- JEAN R et ALAIN V., 2006 :** traité d'irrigation. Ed., Tec., Doc., Lavoisier.
- JEGO G., 2004.** Influence des activités agricoles sur la pollution nitrique des eaux souterraines. Analyse par modélisation des impacts des écosystèmes des grandes cultures sur les fuites de nitrate dans les plaines alluviales. Thèse Doc., Paul Sabatier, Univ. Toulouse III, 221p.
- KHADRAOUI, A (a)., 2006.** Eaux et sols en Algérie. Gestion et impact sur l'environnement 361P.
- KHADRAOUI, A (a)., 2007.** Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. 305P.
- KHADRAOUI A et TALEB S., 2008.** Qualité des eaux dans le sud algérien. potabilité-pollution et impact sur le milieu. paris : khyam. P 49.
- KHADRAOUI, A., 2010.** Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. 305P.
- KHADRAOUI A., 2011.** Eau et impact environnementale dans le sahara algérien, 145 -147.
- KHEMGANI M.A., 2010.** Caractérisation des sols alluviaux et de la nappe alluviale de l'oasis de Guerrara. Mémoire Mag. Agro. Université de Ouargla P 12, 18, 27, 28.
- KOUZMINE 2003**

- LENOBLE J.A., 1995.** Géologique et hydrogéologie des Pyrénées orientales-relation rivière-nappe. L'exemple du fleuve Têt et de la nappe alluviale de la Salanique.
- LOZET et MATHIEU 2000.** Dictionnaire de science du sol.Ed. Tec.Doc. Lavoisur 384 p.
- LOZET J et MATHIEU C.2002.** Dictionnaire des sciences du sol, Ed., Tec., Doc., Lavoisur, 575 P.
- MENSOUS M., 2010.** Etude du système de gestion des eaux usées dans l'oasis de Ouargla. Mag. Agro. Université de Ouargla. 67 P.
- NEZLI I., 2009.** Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'oued m'Ya (Ouargla). Thèse Doctorat Hydraulique, Université Mohamed Kheider , Biskra.
- O.N.M. 2013.** Bulletin climatique et agronomique. Office National de Météorologie, Ghardaïa, 2p.
- RAMADE F., 2003.** Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690p.
- STEWART P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. soc.hist. nat. Agro. p 24, 25.
- TOUTAIN, G., DOLLI, V., et FERRY, M., 1988.** Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. Revue options Méditerranéennes. CIHEAM, série A, n° 11, pp7– 12.
- U.S.D.A., (1998).** Keys to soil Taxonomy. U.S.D.A-N.R.C.S. Washington D.C, 326p
- YOUCEFI M., 2011.** Étude de l'impact de l'hydro-halomorphie des sols sur la biogéographie des hydro-halophytes dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Mag.Agro. Université de Ouargla, 110p.
- ZELLA, L et SMADHI, D., 2006.** Gestion de l'eau dans les oasis algériennes. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface *In larhyss journal*, 05, juin 2006, pp.149.

### **Références électroniques**

- <http://www.touristos.fr/Outils/conversion-mini.html>  
[http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_earth.php?lang=fr](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_earth.php?lang=fr)

# Annexes

**Annexe 01 : Classe des sols gypseux (Barzanji, 1973) In BEN BRAHIM, 2000**

Gypse (%)	Nom de classe
< 0.3	Non gypseux
0.3 à 10	Légèrement gypseux
10 à 15	Modérément gypseux
15 à 25	Extrêmement gypseux

**Annexe 02 : Echelle de calcaire totale (Baize, 2000) In BEN BRAHIM, 2000**

CaCO <sub>3</sub> total	Horizon
CaCO <sub>3</sub> < 1	Horizon non calcaire
1 < CaCO <sub>3</sub> < 5	Horizon peu calcaire
5 < CaCO <sub>3</sub> < 25	Horizon modérément calcaire
25 < CaCO <sub>3</sub> < 50	Horizon fortement calcaire
50 < CaCO <sub>3</sub> < 80	Horizon très calcaire
80 > CaCO <sub>3</sub>	Horizon excessivement calcaire

**Annexe 03 : Echelle de salinité -extrait 1/5- (SERVANT, 1975) In GHARGHOT et MEZZAR, 2012.**

CE (dS/m) à 25 °C	Degré de salinité
≤ 0.25	non salé
0.25 < CE ≤ 0,5	Faiblement salé
0,5 < CE ≤ 1	Sol moyennement salé
1 < CE ≤ 1,5	Sol salé
1,5 < CE < 2	Sol Fortement salé
2 < CE < 2,75	Sol fortement salé
2,75 < CE < 4	Excessivement salé
> 4	Hyper salé

**Annexe 04 : Echelle d'interprétation de pH -extrait 1/5- (Aubert, 1978).**

Valeur de pH	Classe d'interprétation
<4.5	Extrêmement acide
4.5 -5.0	Très fortement acide
5.1 -5.5	Fortement acide
5.6 -6.0	Moyennement acide
6.1 -6.5	Légèrement acide
6.6 -7.0	Très légèrement acide
7.1 -7.5	Très légèrement alcalin
7.6 -8.0	Légèrement alcalin
8.1-8.5	Moyennement alcalin
>8.5	Très fortement alcalin



**Annexe 05 : Echelle d'interprétation de la matière organique % (Morand, 2001) In BEN BRAHIM, 2000**

MO %	Nom de classe
0.5 à 1 %	Très faible en M O
1 à 2 %	Faible en M O
2 à 3 %	Moyenne en M O
3 à 5 %	Elevée en M O
> 5 %	Très élevée en M O

**Annexe 06 : classe d'eau selon l'U.S.S.L (1954)**

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

**Annexe 07 : les valeurs de la CE (dS/m) durant la période d'observation de site A.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 31/01/2013	I parcelle	3,018	1,511	1,952	1,613	1,697	1,746
	II parcelle	1,309	1,666	1,399	1,825	2,247	2,650
	III parcelle	1,440	1,501	1,354	1,282	1,418	1,049
2 <sup>ème</sup> irrigation 08/02/2013	I parcelle	1,235	1,286	0,615	1,161	0,665	0,921
	II parcelle	1,453	1,488	1,362	2,709	1,996	2,415
	III parcelle	0,840	1,966	0,832	0,795	0,620	0,651
3 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	0,846	0,672	0,829	0,610	0,660	1,059
	II parcelle	1,239	1,296	1,309	1,474	1,540	2,089
	III parcelle	1,002	0,892	0,831	0,264	0,623	0,124
5 <sup>ème</sup> irrigation 02/03/2013	I parcelle	1,405	1,145	0,917	0,861	0,853	1,143
	II parcelle	1,829	1,702	2,841	2,876	3,024	2,963
	III parcelle	0,969	0,975	0,867	0,587	0,662	0,652
6 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	2,029	1,683	1,604	1,656	2,024	1,600
	II parcelle	1,375	1,283	1,407	1,396	1,919	2,782
	III parcelle	0,857	0,687	0,721	0,741	0,672	0,486
7 <sup>ème</sup> irrigation 16/03/2013	I parcelle	1,268	1,259	0,629	0,655	0,869	0,400
	II parcelle	1,406	0,743	1,122	2,371	2,176	1,778
	III parcelle	1,332	0,678	0,624	0,351	0,015	0,476
8 <sup>ème</sup> irrigation 25/03/2013	I parcelle	1,227	1,098	2,012	1,400	0,902	1,172
	II parcelle	1,073	1,329	1,215	1,368	1,230	1,029
	III parcelle	0,026	0,630	0,638	0,705	1,005	0,724
9 <sup>ème</sup> irrigation 02/04/2013	I parcelle	1,158	0,558	0,121	0,819	1,105	0,697
	II parcelle	1,641	0,845	0,546	0,522	2,222	0,316
	III parcelle	0,596	0,996	0,770	0,674	0,894	0,466
10 <sup>ème</sup> irrigation 11/04/2013	I parcelle	0,718	0,505	1,080	1,057	1,006	0,823
	II parcelle	1,578	1,242	1,105	0,943	0,624	0,221
	III parcelle	0,911	0,770	0,872	0,860	1,053	0,978
11 <sup>ème</sup> irrigation 18/04/2013	I parcelle	1,444	0,737	0,604	0,796	0,788	0,604
	II parcelle	1,633	1,314	1,492	1,073	1,499	1,755
	III parcelle	1,238	1,048	0,720	0,773	0,993	0,792
12 <sup>ème</sup> irrigation 25 /04/2013	I parcelle	1,227	1,352	1,356	1,400	1,213	1,221
	II parcelle	1,073	1,537	1,499	1,368	1,370	1,077
	III parcelle	0,026	0,652	0,872	0,705	0,641	0,668

**Annexe 08 : les valeurs du pH durant la période d'observation de site A.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 31/01/2013	I parcelle	7,3	7,71	7,58	7,61	7,6	7,55
	II parcelle	7,41	7,78	8,02	7,87	7,25	7,67
	III parcelle	7,63	7,87	7,14	7,37	7,29	7,28
2 <sup>ème</sup> irrigation 08/02/2013	I parcelle	7,21	7,1	7,87	7,24	7,83	7,68
	II parcelle	7,35	7,66	7,34	6,89	7,27	7,69
	III parcelle	7,45	7,21	7,42	7,06	7,67	7,34
3 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	7,4	7,64	7,36	7,5	7,62	7,6
	II parcelle	7,33	7,38	7,4	7,6	7,56	7,92
	III parcelle	7,35	7,45	7,5	7,57	7,85	7,8
4 <sup>ème</sup> irrigation 02/03/2013	I parcelle	7,23	7,24	7,4	7,58	7,6	7,62
	II parcelle	7,35	7,39	7,45	7,47	7,45	7,55
	III parcelle	7,33	7,5	7,54	7,6	7,74	7,64
5 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	7,52	7,62	7,69	7,72	7,82	7,83
	II parcelle	7,6	7,71	7,74	7,62	7,52	7,44
	III parcelle	7,64	7,74	7,81	7,82	7,83	7,95
6 <sup>ème</sup> irrigation 16/03/2013	I parcelle	7,91	7,93	7,94	7,98	7,82	7,91
	II parcelle	7,86	7,95	7,87	7,7	7,55	7,56
	III parcelle	7,86	8,1	8,1	7,99	8,09	8,06
7 <sup>ème</sup> irrigation 25/03/2013	I parcelle	8	7,77	7,68	7,75	7,75	7,87
	II parcelle	7,93	7,88	7,88	7,9	7,65	7,87
	III parcelle	7,86	7,9	7,87	8,07	7,95	7,98
8 <sup>ème</sup> irrigation 02/04/2013	I parcelle	7,3	7,5	7,51	7,66	7,6	7,62
	II parcelle	7,47	7,6	7,58	7,54	7,46	7,48
	III parcelle	7,61	7,66	7,58	7,64	7,48	7,49
9 <sup>ème</sup> irrigation 11/04/2013	I parcelle	7,59	7,65	7,55	7,6	7,72	7,81
	II parcelle	7,36	7,22	7,21	7,68	7,59	7,45
	III parcelle	7,6	7,44	7,32	7,58	7,68	7,5
10 <sup>ème</sup> irrigation 18/04/2013	I parcelle	<b>7,47</b>	<b>7,69</b>	<b>7,82</b>	<b>7,72</b>	<b>7,78</b>	<b>7,65</b>
	II parcelle	7,68	7,67	7,64	7,7	7,67	7,53
	III parcelle	7,67	7,55	7,91	8,03	7,56	7,87
11 <sup>ème</sup> irrigation 25 /04/2013	I parcelle	<b>8</b>	<b>7,62</b>	<b>7,55</b>	<b>7,75</b>	<b>7,82</b>	<b>7,87</b>
	II parcelle	7,93	7,55	7,21	7,9	7,55	7,87
	III parcelle	7,86	7,64	7,32	8,07	8,09	7,98

**Annexe 09 : la moyen des valeurs CE et pH de site A.**

		20	40	60	80	100	120	moyenne
1 er irrigation	CE (dS/m)	1,922	1,559	1,568	1,573	1,787	1,815	1,704
	pH	7,447	7,787	7,580	7,617	7,380	7,500	7,552
2 ème irrigation	CE (dS/m)	1,176	1,580	0,936	1,555	1,094	1,329	1,278
	pH	7,337	7,323	7,543	7,063	7,590	7,570	7,404
3 ème irrigation	CE (dS/m)	1,029	0,953	0,990	0,782	0,941	1,091	0,964
	pH	7,360	7,490	7,420	7,557	7,677	7,773	7,546
4 ème irrigation	CE (dS/m)	1,401	1,274	1,541	1,442	1,513	1,586	1,460
	pH	7,303	7,377	7,463	7,550	7,597	7,603	7,482
5 ème irrigation	CE (dS/m)	1,420	1,218	1,244	1,264	1,538	1,622	1,384
	pH	7,587	7,690	7,747	7,720	7,723	7,740	7,701
6 ème irrigation	CE (dS/m)	1,335	0,893	0,792	1,125	1,020	0,884	1,008
	pH	7,877	7,993	7,970	7,890	7,820	7,843	7,899
7 ème irrigation	CE (dS/m)	0,775	1,019	1,288	1,158	1,046	0,975	1,043
	pH	7,930	7,850	7,810	7,907	7,783	7,907	7,865
8 ème irrigation	CE (dS/m)	1,132	0,799	0,479	0,672	1,407	0,493	0,830
	pH	7,460	7,587	7,557	7,613	7,513	7,530	7,543
9 ème irrigation	CE (dS/m)	1,069	0,839	1,019	0,954	0,895	0,674	0,908
	pH	7,517	7,437	7,360	7,620	7,663	7,587	7,531
10 ème irrigation	CE (dS/m)	1,438	1,033	0,939	0,881	1,094	1,050	1,072
	pH	7,607	7,637	7,790	7,817	7,670	7,683	7,701
11 ème irrigation	CE (dS/m)	0,775	1,180	1,243	1,158	1,074	0,988	1,070
	pH	7,930	7,603	7,360	7,907	7,820	7,907	7,755
Témoïn	CE (dS/m)	0,695	0,663	0,803	0,884	1,151	0,857	0,842
	pH	7,690	7,740	7,720	7,660	7,560	7,630	7,667

**Annexe 10 : les analyse physico-chimique du dernier prélèvement de site A.**

prof. cm	Anions (meq)				cations (meq)				calcaire totale	gypse	Mo
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>			
20	5,00	43,20	11,00	0,00	2,28	0,21	23,00	10,20	10,21	<b>5,53</b>	1,16
40	4,00	29,96	3,00	0,00	2,97	0,16	12,40	4,40	12,82	1,84	2,17
60	2,00	8,56	7,00	0,00	2,64	0,13	11,20	4,80	8,95	<b>1,84</b>	1,43
80	3,00	12,84	6,00	0,00	2,64	0,12	7,60	8,40	14,32	7,37	/
100	1,00	8,56	2,00	0,00	2,31	0,16	9,00	11,80	10,40	<b>1,84</b>	/
120	2,00	17,20	9,00	0,00	2,31	0,22	9,40	12,00	10,89	<b>5,53</b>	/

**Annexe 11 : les valeurs de la CE (dS/m) durant la période d'observation de site B.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 07/02/2013	I parcelle	1,463	1,500	1,933	1,575	1,369	1,364
	II parcelle	1,658	2,136	2,734	2,059	2,258	1,888
	III parcelle	1,400	1,646	1,667	1,319	1,417	1,422
2 <sup>ème</sup> irrigation 11/02/2013	I parcelle	1,814	1,748	2,615	1,738	1,170	1,159
	II parcelle	1,780	2,340	1,950	1,663	1,564	1,543
	III parcelle	1,177	1,672	1,866	1,506	1,163	1,291
3 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	1,908	1,667	2,012	0,767	0,809	1,730
	II parcelle	2,645	2,476	2,385	1,769	2,221	0,329
	III parcelle	1,981	0,092	0,117	0,302	0,548	0,195
4 <sup>ème</sup> irrigation 03/03/2013	I parcelle	1,575	1,999	1,970	1,563	1,776	1,771
	II parcelle	1,728	2,178	2,555	1,844	2,576	3,039
	III parcelle	1,081	2,125	1,624	2,512	1,107	1,453
5 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	1,925	1,644	1,478	1,226	1,163	1,131
	II parcelle	1,559	1,815	2,456	2,438	1,885	1,855
	III parcelle	2,006	2,066	1,955	2,211	1,521	1,154
6 <sup>ème</sup> irrigation 18/03/2013	I parcelle	2,258	2,048	1,556	1,541	0,961	1,267
	II parcelle	0,876	1,658	2,443	1,562	1,809	2,084
	III parcelle	1,498	1,822	1,894	2,116	1,294	1,059
7 <sup>ème</sup> irrigation 25/03/2013	I parcelle	0,836	1,254	1,232	1,222	1,249	1,180
	II parcelle	2,014	1,484	1,142	2,323	1,824	1,138
	III parcelle	1,000	1,121	1,455	1,065	1,525	1,276
8 <sup>ème</sup> irrigation 01/04/2013	I parcelle	1,109	1,986	1,375	1,345	1,298	1,633
	II parcelle	0,951	1,814	1,800	1,768	1,550	1,836
	III parcelle	1,848	2,143	1,524	1,101	1,098	1,257
9 <sup>ème</sup> irrigation 08/04/2013	I parcelle	0,885	0,903	1,923	1,732	1,242	0,958
	II parcelle	1,036	1,185	1,062	0,791	0,878	0,841
	III parcelle	1,027	0,956	0,840	0,567	1,151	1,092
10 <sup>ème</sup> irrigation 15/04/2013	I parcelle	1,462	2,534	2,567	2,484	1,146	1,447
	II parcelle	0,771	0,950	0,827	1,080	0,894	0,883
	III parcelle	0,738	0,908	1,043	0,790	0,634	0,565
11 <sup>ème</sup> irrigation 22/04/2013	I parcelle	0,903	1,375	1,249	1,541	1,180	1,254
	II parcelle	1,185	1,800	1,824	1,562	1,138	1,484
	III parcelle	0,956	1,524	1,525	2,116	1,276	1,121
12 <sup>ème</sup> irrigation 30/04/2013	I parcelle	0,836	1,345	1,375	1,556	1,298	1,242
	II parcelle	1,862	1,768	1,800	2,443	1,550	0,878
	III parcelle	1,000	1,101	1,524	1,894	1,098	1,151

**Annexe 12 : les valeurs du pH durant la période d'observation de site B.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 07/02/2013	I parcelle	7,9	7,9	7,54	7,51	7,69	7,72
	II parcelle	7,84	7,5	7,48	7,41	7,62	7,93
	III parcelle	7,95	7,81	7,6	7,44	7,65	7,41
2 <sup>ème</sup> irrigation 11/02/2013	I parcelle	7,53	7,34	7,75	7,27	7,44	7,34
	II parcelle	7,48	7,2	7,22	7,37	7,3	7,55
	III parcelle	7,05	7,22	7,12	7,35	7,22	7,4
3 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	7,23	7,37	7,02	7,37	7,49	7,5
	II parcelle	7,27	7,39	7,33	7,42	7,19	7,84
	III parcelle	7,4	7,42	7,69	7,6	7,58	7,59
4 <sup>ème</sup> irrigation 03/03/2013	I parcelle	7,07	7,07	7,3	7,09	7,37	7,41
	II parcelle	7,17	7,18	7,23	7,27	7,3	7,32
	III parcelle	7,43	7,4	7,46	7,33	7,5	7,47
5 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	7,48	7,49	7,7	7,64	7,68	7,58
	II parcelle	7,63	7,41	7,45	7,5	7,52	7,7
	III parcelle	7,4	7,42	7,5	7,6	7,86	7,94
6 <sup>ème</sup> irrigation 18/03/2013	I parcelle	7,64	7,6	7,6	7,74	7,9	7,89
	II parcelle	7,5	7,55	7,51	7,8	7,86	7,58
	III parcelle	7,48	7,56	7,51	7,57	7,63	7,92
7 <sup>ème</sup> irrigation 25/03/2013	I parcelle	7,42	7,37	7,57	7,5	7,76	7,64
	II parcelle	7,49	7,66	7,88	7,37	7,5	7,67
	III parcelle	7,28	7,59	7,52	7,55	7,6	7,5
8 <sup>ème</sup> irrigation 01/04/2013	I parcelle	7,8	7,6	7,64	7,65	7,76	7,72
	II parcelle	7,7	7,6	7,59	7,88	7,75	7,72
	III parcelle	7,7	7,38	7,75	7,81	7,8	7,7
9 <sup>ème</sup> irrigation 08/04/2013	I parcelle	7,72	7,34	7,21	7,07	7,43	7,62
	II parcelle	7,64	7,43	7,54	7,5	7,54	7,58
	III parcelle	7,59	7,4	7,35	7,66	7,25	7,42
10 <sup>ème</sup> irrigation 15/04/2013	I parcelle	7,55	7,61	7,41	7,35	7,89	7,6
	II parcelle	7,61	7,64	7,66	7,62	7,66	7,54
	III parcelle	7,69	7,61	7,52	7,65	7,7	7,58
11 <sup>ème</sup> irrigation 22/04/2013	I parcelle	7,34	7,64	7,76	7,74	7,64	7,37
	II parcelle	7,43	7,51	7,5	7,8	7,67	7,66
	III parcelle	7,4	7,75	7,6	7,57	7,5	7,59
12 <sup>ème</sup> irrigation 30/04/2013	I parcelle	7,42	7,55	7,64	7,6	7,76	7,43
	II parcelle	7,49	7,88	7,59	7,51	7,75	7,54
	III parcelle	7,28	7,81	7,75	7,51	7,8	7,25

**Annexe 13 : la moyen des valeurs CE et pH de site B.**

		20	40	60	80	100	120	moyenne
1 <sup>er</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,507	1,761	2,111	1,651	1,681	1,558	1,712
	pH	7,900	7,740	7,540	7,450	7,650	7,690	7,662
2 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,591	1,920	2,143	1,636	1,299	1,331	1,653
	pH	7,350	7,250	7,360	7,330	7,320	7,430	7,340
3 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	2,178	1,412	1,505	0,946	1,193	0,751	1,331
	pH	7,300	7,390	7,350	7,460	7,420	7,640	7,427
4 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,461	2,109	2,050	1,973	1,819	2,087	1,916
	pH	7,220	7,220	7,330	7,230	7,390	7,400	7,298
5 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,830	1,842	1,963	1,959	1,523	1,380	1,749
	pH	7,500	7,440	7,550	7,580	7,690	7,740	7,583
6 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,544	1,843	1,964	1,740	1,355	1,470	1,653
	pH	7,540	7,570	7,540	7,700	7,800	7,800	7,658
7 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,283	1,286	1,277	1,537	1,533	1,198	1,352
	pH	7,400	7,540	7,660	7,470	7,620	7,600	7,548
8 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,303	1,981	1,566	1,405	1,315	1,576	1,524
	pH	7,730	7,530	7,660	7,780	7,770	7,710	7,697
9 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,983	1,014	1,275	1,030	1,090	0,964	1,059
	pH	7,650	7,390	7,370	7,410	7,410	7,540	7,462
10 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,990	1,464	1,479	1,451	0,891	0,965	1,207
	pH	7,620	7,620	7,530	7,540	7,750	7,570	7,605
11 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,014	1,566	1,533	1,740	1,198	1,286	1,390
	pH	7,390	7,630	7,620	7,700	7,600	7,540	7,580
12 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,233	1,405	1,566	1,964	1,315	1,090	1,429
	pH	7,400	7,750	7,660	7,540	7,770	7,410	7,588
Témoin	CE (dS/m)	0,396	0,634	0,669	0,588	0,661	0,759	0,618
	pH	7,830	7,690	7,660	7,770	7,720	7,540	7,702

**Annexe 14 : les analyses physico-chimiques du dernier prélèvement de site B.**

prof. cm	Anions (meq)				cations (meq)				calcaire totale	gypse	Mo
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>			
20	2,00	17,00	4,00	0,00	2,64	0,12	13,80	4,00	6,77	<b>5,53</b>	0,53
40	4,00	12,84	8,00	0,00	2,28	0,19	28,00	6,00	10,40	5,53	0,11
60	4,00	17,12	4,00	0,00	2,64	0,19	11,80	12,00	9,68	<b>7,37</b>	0,26
80	5,00	42,80	3,00	0,00	1,66	0,13	12,00	57,50	8,71	7,37	/
100	4,00	21,40	4,00	0,00	2,64	0,13	9,00	7,40	9,19	<b>5,53</b>	/
120	3,00	11,00	5,00	0,00	2,64	0,17	11,80	8,60	9,19	<b>3,68</b>	/

**Annexe 15 : les valeurs de la CE (dS/m) durant la période d'observation de site C.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 02/02/2013	I parcelle	1,587	1,628	1,323	1,075	1,069	1,423
	II parcelle	1,429	2,152	2,770	2,360	1,548	2,200
	III parcelle	0,527	0,920	1,163	0,978	1,161	1,004
2 <sup>ème</sup> irrigation 09/02/2013	I parcelle	1,203	1,161	1,176	1,152	1,043	1,181
	II parcelle	2,205	2,230	2,280	2,200	2,432	1,439
	III parcelle	1,797	1,835	1,747	1,583	1,125	1,315
3 <sup>ème</sup> irrigation 16/02/2013	I parcelle	1,468	1,309	1,386	1,203	1,222	1,976
	II parcelle	2,256	1,791	2,488	2,708	3,300	1,756
	III parcelle	2,143	1,755	1,717	1,855	2,067	1,401
4 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	1,468	1,309	1,386	1,203	1,222	1,976
	II parcelle	2,256	1,791	2,488	2,708	3,300	1,756
	III parcelle	2,143	1,755	1,717	1,855	2,067	1,401
5 <sup>ème</sup> irrigation 02/03/2013	I parcelle	1,225	1,042	0,994	1,106	1,071	1,214
	II parcelle	2,203	1,933	2,126	2,522	2,877	1,892
	III parcelle	0,822	0,936	0,873	0,730	1,193	1,328
6 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	2,098	1,516	1,686	1,533	1,494	1,470
	II parcelle	2,570	2,797	3,088	2,947	3,729	3,497
	III parcelle	1,841	1,549	1,313	1,548	1,239	1,892
7 <sup>ème</sup> irrigation 16/03/2013	I parcelle	1,321	1,264	1,163	1,027	0,810	1,714
	II parcelle	2,109	1,665	1,736	1,928	2,518	2,869
	III parcelle	1,349	1,149	0,895	1,226	1,004	1,256
8 <sup>ème</sup> irrigation 23/03/2013	I parcelle	0,434	1,055	1,371	0,902	0,719	1,989
	II parcelle	2,472	0,589	2,501	1,648	1,415	2,892
	III parcelle	0,955	1,051	0,780	0,886	2,102	2,165
9 <sup>ème</sup> irrigation 30/03/2013	I parcelle	1,346	1,074	0,010	0,453	0,976	1,247
	II parcelle	0,094	1,148	1,463	1,674	1,842	1,655
	III parcelle	0,328	0,873	0,257	0,770	1,614	1,831
10 <sup>ème</sup> irrigation 09/04/2013	I parcelle	1,524	1,270	1,129	0,912	1,144	0,952
	II parcelle	2,509	2,208	2,321	2,031	2,149	3,113
	III parcelle	1,343	2,556	1,702	1,587	1,564	1,666
11 <sup>ème</sup> irrigation 13/04/2013	I parcelle	1,649	1,270	1,102	1,060	2,000	1,007
	II parcelle	1,245	1,766	2,091	2,274	2,959	3,105
	III parcelle	1,417	0,981	1,325	1,260	1,018	1,224
12 <sup>ème</sup> irrigation 20/04/2013	I parcelle	1,468	1,309	1,386	1,203	1,222	1,976
	II parcelle	2,256	1,791	2,488	2,708	3,300	1,756
	III parcelle	2,143	1,755	1,717	1,855	2,067	1,401



**Annexe 16 : les valeurs du pH durant la période d'observation de site C.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 02/02/2013	I parcelle	7,43	6,92	7,79	7,68	7,48	7,37
	II parcelle	7,7	7,62	7,42	7,6	7,57	7,45
	III parcelle	7,2	7,15	7,82	7,84	7,61	7,77
2 <sup>ème</sup> irrigation 09/02/2013	I parcelle	7,77	7,61	7,92	7,48	7,3	7,66
	II parcelle	7,47	7,66	7,56	7,45	7,55	7,3
	III parcelle	7,6	7,63	7,65	7,72	7,42	7,18
3 <sup>ème</sup> irrigation 16/02/2013	I parcelle	7,74	7,68	7,65	7,92	7,81	7,92
	II parcelle	7,73	7,8	7,62	7,6	7,61	7,9
	III parcelle	7,67	7,81	8,08	7,77	7,6	7,77
4 <sup>ème</sup> irrigation 23/02/2013	I parcelle	7,84	8,08	7,89	7,83	8	7,95
	II parcelle	7,86	7,7	7,71	7,82	7,71	7,84
	III parcelle	7,7	7,97	8,13	8,09	7,92	7,85
5 <sup>ème</sup> irrigation 02/03/2013	I parcelle	7,84	8,08	7,89	7,83	8	7,95
	II parcelle	7,86	7,7	7,71	7,82	7,71	7,84
	III parcelle	7,7	7,97	8,13	8,09	7,92	7,85
6 <sup>ème</sup> irrigation 09/03/2013	I parcelle	7,18	7,27	7,31	7,45	7,6	7,59
	II parcelle	7,4	7,1	7,15	7,2	7,23	7,55
	III parcelle	7,32	7,4	7,53	7,6	7,67	7,55
7 <sup>ème</sup> irrigation 16/03/2013	I parcelle	7,7	7,78	7,54	7,8	7,64	7,76
	II parcelle	7,5	7,8	7,7	7,8	7,65	7,85
	III parcelle	7,67	8,03	7,82	7,7	7,83	7,72
8 <sup>ème</sup> irrigation 23/03/2013	I parcelle	7,53	7,57	7,5	7,6	7,63	7,65
	II parcelle	7,32	7,36	7,39	7,28	7,53	7,5
	III parcelle	7,41	7,43	7,53	7,56	7,46	7,41
9 <sup>ème</sup> irrigation 30/03/2013	I parcelle	7,81	7,78	7,66	7,81	7,82	7,8
	II parcelle	7,76	7,64	7,6	7,67	7,66	7,96
	III parcelle	7,8	7,76	7,9	7,96	7,78	7,8
10 <sup>ème</sup> irrigation 09/04/2013	I parcelle	7,53	7,48	7,55	7,71	7,63	7,64
	II parcelle	7,47	7,46	7,43	7,5	7,5	7,41
	III parcelle	7,58	7,42	7,58	7,6	7,54	7,5
11 <sup>ème</sup> irrigation 13/04/2013	I parcelle	7,37	7,41	7,67	7,53	7,41	7,3
	II parcelle	7,3	7,45	7,26	7,39	7,4	7,2
	III parcelle	7,3	7,5	7,46	7,53	7,56	7,58
12 <sup>ème</sup> irrigation 20/04/2013	I parcelle	7,7	7,55	7,31	7,53	7,81	7,82
	II parcelle	7,5	7,43	7,15	7,47	7,76	7,8
	III parcelle	7,67	7,58	7,53	7,58	7,8	8,03

**Annexe 17 : la moyen des valeurs CE et pH de site C.**

		20	40	60	80	100	120	moyenne
1 <sup>er</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,181	1,567	1,752	1,471	1,259	1,543	1,462
	pH	7,443	7,230	7,677	7,707	7,553	7,530	7,523
2 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,735	1,742	1,734	1,645	1,533	1,311	1,617
	pH	7,613	7,633	7,710	7,550	7,423	7,380	7,552
3 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,956	1,619	1,864	1,922	2,196	1,711	1,878
	pH	7,713	7,763	7,783	7,763	7,673	7,863	7,760
4 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,956	1,619	1,864	1,922	2,196	1,711	1,878
	pH	7,800	7,917	7,910	7,913	7,877	7,880	7,883
5 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,416	1,304	1,331	1,453	1,714	1,478	1,449
	pH	7,800	7,917	7,910	7,913	7,877	7,880	7,883
6 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	2,170	1,954	2,029	2,009	2,154	2,286	2,100
	pH	7,300	7,257	7,330	7,417	7,500	7,563	7,394
7 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,593	1,359	1,265	1,393	1,444	1,946	1,500
	pH	7,623	7,870	7,687	7,767	7,707	7,777	7,738
8 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,287	0,899	1,551	1,145	1,412	2,349	1,440
	pH	7,420	7,453	7,473	7,480	7,540	7,520	7,481
9 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,589	1,032	0,576	0,966	1,477	1,578	1,036
	pH	7,790	7,727	7,720	7,813	7,753	7,853	7,776
10 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,792	2,011	1,718	1,510	1,619	1,910	1,760
	pH	7,527	7,453	7,520	7,603	7,557	7,517	7,529
11 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,437	1,339	1,506	1,532	1,992	1,779	1,597
	pH	7,323	7,453	7,463	7,483	7,457	7,360	7,423
12 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,956	1,619	1,864	1,922	2,196	1,711	1,878
	pH	7,623	7,520	7,330	7,527	7,790	7,883	7,612
Témoin	CE (dS/m)	0,196	0,200	0,218	0,413	0,311	0,250	0,265
	pH	7,630	7,670	7,640	7,550	7,650	7,700	7,640

**Annexe 18 : les analyses physico-chimiques du dernier prélèvement de site C.**

prof. cm	Anions (meq)				cations (meq)				calcaire totale	gypse	Mo
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>			
20,00	2,00	41,36	4,00	0,00	2,07	0,14	25,60	14,40	10,40	<b>1,84</b>	2,22
40,00	7,00	38,52	9,00	0,00	2,07	0,13	21,60	11,60	10,16	1,84	1,48
60,00	3,00	17,12	6,00	0,00	2,64	0,23	9,40	24,60	10,89	<b>1,84</b>	0,11
80,00	2,00	29,96	8,00	0,00	2,97	0,14	20,80	12,80	12,34	5,53	/
100,00	5,00	47,00	8,00	0,00	3,30	0,17	44,60	15,20	10,40	<b>3,68</b>	/
120,00	5,00	47,08	7,00	0,00	2,70	0,12	66,60	6,20	12,10	<b>7,37</b>	/

**Annexe 19 : les valeurs de la CE (dS/m) durant la période d'observation de site D.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 04/02/2013	I parcelle	1,205	1,274	2,347	3,482	3,269	3,132
	II parcelle	2,620	1,986	2,686	2,567	2,428	3,227
	III parcelle	1,246	1,760	2,101	3,089	3,276	0,877
2 <sup>ème</sup> irrigation 11/02/2013	I parcelle	1,043	1,177	2,794	2,517	1,943	2,451
	II parcelle	0,565	0,589	1,523	1,459	1,963	1,864
	III parcelle	1,003	1,715	1,207	1,207	1,120	0,849
3 <sup>ème</sup> irrigation 18/02/2013	I parcelle	0,461	2,890	3,136	4,881	2,875	4,265
	II parcelle	1,475	1,505	1,703	3,762	3,215	2,504
	III parcelle	1,685	0,648	2,869	2,438	2,054	3,480
4 <sup>ème</sup> irrigation 25/02/2013	I parcelle	0,638	0,544	1,776	2,525	0,942	1,647
	II parcelle	2,265	1,484	2,525	2,428	2,470	1,891
	III parcelle	0,617	0,960	1,927	2,770	1,235	1,290
5 <sup>ème</sup> irrigation 04/03/2013	I parcelle	0,560	0,541	1,815	2,726	2,856	2,651
	II parcelle	0,594	1,195	1,934	0,996	1,843	2,314
	III parcelle	0,672	1,062	1,083	1,492	1,873	1,086
6 <sup>ème</sup> irrigation 13/03/2013	I parcelle	0,584	0,703	2,125	2,339	2,331	2,602
	II parcelle	0,592	1,252	1,815	0,755	0,822	0,829
	III parcelle	0,547	1,055	1,569	1,880	2,609	0,363
7 <sup>ème</sup> irrigation 18/03/2013	I parcelle	0,675	0,656	1,222	2,446	1,830	2,082
	II parcelle	0,547	0,543	1,343	2,131	2,776	2,095
	III parcelle	0,663	0,638	0,607	2,245	2,080	1,521
8 <sup>ème</sup> irrigation 27/03/2013	I parcelle	0,119	0,681	1,340	1,816	2,676	2,599
	II parcelle	0,526	1,680	3,007	1,233	1,463	1,505
	III parcelle	0,709	1,032	2,308	2,804	2,387	1,435
9 <sup>ème</sup> irrigation 04/04/2013	I parcelle	0,261	0,713	1,211	1,629	2,902	1,017
	II parcelle	0,527	1,199	1,923	3,139	2,292	1,075
	III parcelle	0,415	0,985	0,900	1,765	1,608	1,347
10 <sup>ème</sup> irrigation 09/04/2013	I parcelle	1,004	1,785	2,450	1,793	0,360	0,675
	II parcelle	0,710	1,221	1,450	2,728	0,826	0,581
	III parcelle	0,678	1,570	2,868	3,473	0,715	0,540
11 <sup>ème</sup> irrigation 18/04/2013	I parcelle	0,547	0,665	1,165	1,857	2,309	1,627
	II parcelle	0,597	1,941	2,963	2,377	1,882	2,148
	III parcelle	0,633	1,174	1,832	2,948	3,282	2,268
12 <sup>ème</sup> irrigation 25/04/2013	I parcelle	0,584	0,681	1,340	1,816	1,685	1,564
	II parcelle	0,592	1,775	1,877	2,344	1,966	1,919
	III parcelle	0,745	1,688	1,991	2,079	2,291	1,668

**Annexe 20 : les valeurs du pH durant la période d'observation de site D.**

		20	40	60	80	100	120
1 <sup>er</sup> irrigation 04/02/2013	I parcelle	7,28	7,49	7,52	7,62	7,65	7,86
	II parcelle	7,56	7,59	7,15	7,42	7,76	7,3
	III parcelle	7,58	7,48	7,42	7,62	7,7	7,96
2 <sup>ème</sup> irrigation 11/02/2013	I parcelle	7,2	7,1	7,33	7,53	7,44	7,23
	II parcelle	7,69	7,61	7,54	7,29	7,57	7,66
	III parcelle	7,33	7,3	7,09	7,09	7,7	7,56
3 <sup>ème</sup> irrigation 18/02/2013	I parcelle	7,85	7,76	7,86	7,6	7,7	7,81
	II parcelle	7,89	7,87	7,7	7,75	8,1	7,53
	III parcelle	7,99	7,91	7,52	7,6	7,73	7,78
4 <sup>ème</sup> irrigation 25/02/2013	I parcelle	7,8	7,96	7,77	7,92	7,77	7,76
	II parcelle	7,58	7,78	7,7	7,63	7,95	7,89
	III parcelle	7,78	7,96	7,8	7,72	7,95	7,99
5 <sup>ème</sup> irrigation 04/03/2013	I parcelle	7,75	7,7	7,66	7,46	7,4	7,5
	II parcelle	7,8	7,61	7,5	7,8	7,58	7,5
	III parcelle	7,66	7,8	7,66	7,43	7,57	7,7
6 <sup>ème</sup> irrigation 13/03/2013	I parcelle	7,7	7,88	7,85	7,83	7,98	7,97
	II parcelle	7,8	8,04	7,66	7,7	8,04	7,94
	III parcelle	8,1	8,17	7,99	8,15	7,95	8,06
7 <sup>ème</sup> irrigation 18/03/2013	I parcelle	7,5	7,57	7,55	7,51	7,56	7,57
	II parcelle	7,7	7,65	7,6	7,55	7,55	7,6
	III parcelle	7,69	7,68	7,97	7,52	7,59	7,63
8 <sup>ème</sup> irrigation 27/03/2013	I parcelle	7,7	7,73	7,51	7,5	7,5	7,55
	II parcelle	7,78	7,61	7,26	7,46	7,53	7,3
	III parcelle	7,66	7,6	7,53	7,42	7,59	7,57
9 <sup>ème</sup> irrigation 04/04/2013	I parcelle	7,51	7,96	7,43	7,33	7,22	7,49
	II parcelle	7,83	7,55	7,24	7,18	7,29	7,44
	III parcelle	7,83	7,16	7,4	7,19	7,47	7,65
10 <sup>ème</sup> irrigation 09/04/2013	I parcelle	7,55	7,54	7,43	7,43	7,44	7,77
	II parcelle	7,75	7,57	7,55	7,37	7,55	7,77
	III parcelle	7,67	7,54	7,32	7,37	7,59	7,82
11 <sup>ème</sup> irrigation 18/04/2013	I parcelle	7,87	7,91	7,73	7,66	7,47	7,68
	II parcelle	7,92	7,6	7,5	7,63	7,68	7,62
	III parcelle	7,9	7,68	7,5	7,62	7,49	7,66
12 <sup>ème</sup> irrigation 25/04/2013	I parcelle	7,7	7,73	7,51	7,5	7,57	7,33
	II parcelle	7,8	7,61	7,26	7,46	7,61	7,93
	III parcelle	8,1	7,6	7,53	7,42	7,3	7,19

**Annexe 21 : la moyen des valeurs CE et pH de site D.**

		20	40	60	80	100	120	moyenne
1 <sup>er</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,690	1,673	2,378	3,046	2,991	2,412	2,365
	pH	7,473	7,520	7,363	7,553	7,703	7,707	7,553
2 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,870	1,160	1,841	1,728	1,675	1,721	1,499
	pH	7,407	7,337	7,320	7,303	7,570	7,483	7,403
3 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,207	1,681	2,569	3,694	2,715	3,417	2,547
	pH	7,910	7,847	7,693	7,650	7,843	7,707	7,775
4 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	1,173	0,996	2,076	2,574	1,549	1,609	1,663
	pH	7,720	7,900	7,757	7,757	7,890	7,880	7,817
5 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,609	0,933	1,610	1,738	2,191	2,017	1,516
	pH	7,737	7,703	7,607	7,563	7,517	7,567	7,616
6 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,574	1,003	1,836	1,658	1,921	1,265	1,376
	pH	7,867	8,030	7,833	7,893	7,990	7,990	7,934
7 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,628	0,612	1,058	2,274	2,229	1,899	1,450
	pH	7,630	7,633	7,707	7,527	7,567	7,600	7,611
8 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,451	1,131	2,218	1,951	2,175	1,846	1,629
	pH	7,713	7,647	7,433	7,460	7,540	7,473	7,544
9 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,401	0,966	1,344	2,178	2,267	1,146	1,384
	pH	7,723	7,557	7,357	7,233	7,327	7,527	7,454
10 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,797	1,525	2,256	2,665	0,634	0,599	1,413
	pH	7,657	7,550	7,433	7,390	7,527	7,787	7,557
11 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,592	1,260	1,987	2,394	2,491	2,014	1,790
	pH	7,897	7,730	7,577	7,637	7,547	7,653	7,673
12 <sup>ème</sup> irrigation	CE (dS/m)	0,640	1,381	1,736	2,080	1,981	1,717	1,589
	pH	7,867	7,647	7,433	7,460	7,493	7,483	7,564
Témoin	CE (dS/m)	0,695	0,663	0,803	0,884	1,151	0,857	0,842
	pH	7,800	7,820	7,700	7,650	7,640	7,690	7,717

**Annexe 22 : les analyses physico-chimiques du dernier prélèvement de site D.**

prof. cm	Anions (meq)				cations (meq)				calcaire totale	gypse	Mo
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>			
20	1,00	16,50	7,00	0,00	1,65	0,12	17,80	10,20	10,21	3,68	1,34
40	2,00	21,40	6,00	0,00	2,97	0,16	20,40	3,60	12,82	<b>3,68</b>	134
60	5,00	55,64	16,00	0,00	3,30	0,19	51,80	15,40	8,95	<b>5,53</b>	0,51
80	4,00	38,52	1,00	0,00	2,97	0,14	41,20	11,20	14,32	<b>3,68</b>	/
100	11,00	25,68	4,00	0,00	2,31	0,13	55,20	13,80	10,40	<b>7,37</b>	/
120	2,00	4,28	6,00	0,00	3,30	0,14	3,20	5,80	10,89	5,53	/

**Annexe 23 : moyen de toutes les valeurs de CE**

	A	B	C	D
1 <sup>er</sup> irrigation	1,704	1,712	1,878	1,765
2 <sup>ème</sup> irrigation	1,278	1,653	1,597	1,510
3 <sup>ème</sup> irrigation	0,964	1,331	1,760	1,352
4 <sup>ème</sup> irrigation	1,460	2,084	1,036	1,526
5 <sup>ème</sup> irrigation	1,384	1,749	1,440	1,525
6 <sup>ème</sup> irrigation	1,008	1,653	1,558	1,406
7 <sup>ème</sup> irrigation	1,043	1,352	1,500	1,299
8 <sup>ème</sup> irrigation	0,830	1,524	2,100	1,485
9 <sup>ème</sup> irrigation	0,908	1,059	1,449	1,139
10 <sup>ème</sup> irrigation	1,072	1,207	1,878	1,386
11 <sup>ème</sup> irrigation	1,070	1,390	1,617	1,359
12 <sup>ème</sup> irrigation		1,429	1,462	1,446
Moyen (Max)	1,704	2,084	2,100	2,451
moyen (Min)	0,830	1,059	1,036	1,278

**Annexe 24 : moyen de toutes les valeurs de pH**

	A	B	C	D
1 <sup>er</sup> irrigation	7,552	7,662	7,523	7,553
2 <sup>ème</sup> irrigation	7,404	7,340	7,552	7,403
3 <sup>ème</sup> irrigation	7,546	7,427	7,760	7,775
4 <sup>ème</sup> irrigation	7,482	7,298	7,883	7,817
5 <sup>ème</sup> irrigation	7,701	7,583	7,883	7,616
6 <sup>ème</sup> irrigation	7,899	7,658	7,394	7,934
7 <sup>ème</sup> irrigation	7,865	7,548	7,738	7,611
8 <sup>ème</sup> irrigation	7,543	7,697	7,481	7,544
9 <sup>ème</sup> irrigation	7,531	7,462	7,776	7,454
10 <sup>ème</sup> irrigation	7,701	7,605	7,529	7,557
11 <sup>ème</sup> irrigation	7,755	7,580	7,423	7,673
12 <sup>ème</sup> irrigation		7,588	7,612	7,564
Moyen (Max)	7,899	7,697	7,883	7,934
moyen (Min)	7,404	7,298	7,394	7,403

**Annexe 24 : les profils salins de SEVRVANT (1973 et 1975) In YOUCFI, 2011**

1. Profil salin de type A

Il est caractérisé par une salinité augmentant de bas en haut, avec un maximum de salinité dans les 20 premiers centimètres. On peut également trouver un second maximum de salinité apparaissant à plus d'un mètre de profondeur. Ce profil est typique des sols nus ou à faible recouvrement végétal. Les terrains correspondants ne sont pas soumis à des submersions. Le profil salin de type A est bien exprimé dans le cas de texture limoneuse ou limono-sableuse.

2. Profil salin de type B

Le type B est caractérisé par un maximum de salinité bien différenciée qui apparaît dans la partie moyenne du profil à moins d'un mètre de profondeur. Ce type s'observe en général sous pelouses et prairies des terrains salés maritimes ou continentaux.

3. Profil salin de type D

Il est caractérisé par un maximum de salinité se trouvant dans la partie inférieure du profil. De tels profils salins sont observés dans les sols à croûte et encroûtement calcaires. Ce type de profil salin est qualifié descendant, il indique en général que le sol a subi une phase de lixiviation des sels solubles.

4. Profil salin de type C

C'est une forme intermédiaire entre les types A et D ou B. Il possède un maximum de salinité dans les tranches de profondeur 0 – 5 cm ou 0 – 10 cm et un deuxième maximum situé à plus d'un mètre de profondeur. De tels profils salins sont observés dans les secteurs salés inondables, en dehors des périodes d'inondation.

## Annexe 25 : La corrélation

Variable	CE	pH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	CE i	pHi	Cl <sup>-</sup> i	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> i	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> i	Na <sup>+</sup> i	K <sup>+</sup> i	Ca <sup>+2</sup> i	Mg <sup>+2</sup> i	CE t	pH t	
CE	1,00																				
pH	-0,20	1,00																			
Cl <sup>-</sup>	0,36	-0,08	1,00																		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,29	-0,07	0,46	1,00																	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,04	0,03	0,10	0,35	1,00																
Na <sup>+</sup>	0,25	0,02	-0,06	0,06	0,19	1,00															
K <sup>+</sup>	0,00	-0,03	-0,06	-0,01	0,38	0,15	1,00														
Ca <sup>+2</sup>	0,41	-0,01	0,59	0,68	0,29	0,19	-0,11	1,00													
Mg <sup>+2</sup>	0,13	-0,08	0,21	0,34	-0,11	-0,41	0,06	-0,05	1,00												
CE i	-0,10	-0,13	-0,07	-0,03	-0,16	-0,23	0,10	-0,27	0,21	1,00											
pHi	0,19	0,14	0,12	0,16	0,20	0,27	-0,13	0,39	-0,17	-0,96	1,00										
Cl <sup>-</sup> i	-0,30	-0,10	-0,18	-0,27	-0,18	-0,26	0,17	-0,50	0,07	0,79	-0,92	1,00									
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> i	0,04	0,04	0,02	0,34	0,10	-0,03	0,05	0,13	0,12	0,58	-0,37	0,16	1,00								
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> i	0,19	0,17	0,12	0,26	0,25	0,27	-0,11	0,44	-0,16	-0,86	0,96	-0,92	-0,09	1,00							
Na <sup>+</sup> i	-0,36	-0,07	-0,22	-0,32	-0,15	-0,23	0,19	-0,52	-0,00	0,59	-0,78	0,96	0,01	-0,80	1,00						
K <sup>+</sup> i	0,11	-0,01	0,07	-0,18	-0,02	0,12	-0,12	0,09	-0,11	-0,77	0,66	-0,54	-0,91	0,41	-0,41	1,00					
Ca <sup>+2</sup> i	-0,10	-0,08	-0,07	0,07	-0,09	-0,20	0,11	-0,19	0,18	0,96	-0,88	0,71	0,77	-0,70	0,53	-0,92	1,00				
Mg <sup>+2</sup> i	-0,08	0,08	-0,05	0,26	0,12	-0,04	0,11	0,03	0,05	0,52	-0,38	0,29	0,94	-0,10	0,22	-0,94	0,74	1,00			
CE t	-0,02	0,03	0,06	-0,41	-0,15	0,04	0,00	-0,11	-0,13	-0,52	0,30	-0,02	-0,81	0,10	0,17	0,67	-0,63	-0,65	1,00		
pH t	-0,17	-0,04	-0,06	0,05	0,02	-0,13	-0,29	-0,04	0,01	-0,18	0,13	-0,11	-0,37	0,02	-0,09	0,37	-0,28	-0,40	-0,12	1,00	



## Résumé

L'objectif de ce travail est une contribution à l'étude de l'effet d'irrigation par les eaux de la nappe phréatique sur le sol de l'ancienne palmeraie de Guerrara. C'est un sol alluvial, constitué de matériaux fins portés par oued Zegrir au moment de ses crues occasionnelles, en passant par cette palmeraie.

Dans ce cadre, quatre sites à l'intérieur de la palmeraie ont été choisis et dans chacun on a creusé un profil de sol. En plus, nous avons procédé à des échantillonnages de sol après chaque irrigation et d'eau des puits dans chaque site, pour être analysés par la suite au laboratoire.

L'étude morphologique et analytique du sol montre que le sol est généralement faiblement à moyennement salé pour les sols témoins (non irrigués) et moyennement à très fortement salés pour les sols irrigués. Le sol est légèrement alcalin, modérément calcaire, avec des teneurs faibles à moyennes en matière organique et avec des teneurs en gypse faibles.

L'analyse physico-chimique de l'eau d'irrigation montre qu'elle est dans l'ensemble fortement à excessivement salée, le pH est neutre. Avec un faciès global chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

L'étude analytique du sol et des eaux d'irrigation et l'étude des interactions entre eux confirment que l'irrigation des sols par cette eau ne constitue pas un grand problème pour les sols, à condition d'avoir une bonne conduite des irrigations avec des doses et des fréquences d'arrosage respectées, qui permettent le lessivage des sels solubles profondeur.

**Mots clé** : sol alluvial, nappe phréatique, eau d'irrigation, Guerrara

## Abstract

The objective of this work is a contribution to the study of the effect of irrigation with water from the alluvial groundwater on the soil of the old palm-grove of Guerrara. It is an alluvial soil formed of fine materials carried by wadi Zegrir, during his occasional floods through this grove.

In this context, four sites inside the palm-grove were selected and inside each one was excavated a soil profile. In addition, we conducted soil sampling after each irrigation and water wells at each site, to be subsequently analyzed in the laboratory.

The morphological and analytical study of the soil shows that the soil is generally weakly to moderately salty for the control soils (non-irrigated), and moderately to heavily salted for irrigated soils. The soil is slightly alkaline, moderately calcareous, with low to medium levels of organic matter and with low levels of gypsum.

The physical-chemical analysis of irrigation water shows that it is generally strongly to excessively salty, neutral pH, with an overall chlorinated facies and calcium sulfate and magnesium.

The analytical study of soil and irrigation water and the study of interactions between them confirm that the irrigation of soil by that water is not a big problem for the soil, provided to have a good driving irrigations with respected doses and frequency of watering, allowing the leaching of soluble salts in depth.

**Keywords**: alluvial soil, groundwater, irrigation water, Guerrara.

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة تأثير السقي بمياه طبقة المياه السطحية على تربة غابات النخيل القديمة للقرارة . هي تربة غرينية مصدرها

الترسبات الناعمة التي يحملها واد زقيرير خلال فيضاناته المؤقتة التي تمر باللواحة القديمة.

بهذا الصدد تم اختيار اربعة مواقع داخل هذه الواحة، و بكل موقع قمنا بحفر قطاع للتربة. تم أخذ عينات من التربة بعد كل عملية ري و كذلك من مياه الابار من كل موقع، ليتم تحليلها فيما بعد بالمختبر.

اظهرت الدراسة الشكلية و التحليلية للتربة انها ضعيفة الى متوسطة الملوحة بالنسبة للشواهد ( تربة غير مروية)، و متوسطة الى عالية الملوحة بالنسبة

للتربة المسقية، عموما قلووية، ذات نسب كلس متوسطة، ضعيفة الى متوسطة المحتوى من المادة العضوية و ذات نسب ضعيفة من الجبس.

أما التحليل الفيزيائية الكيميائية لمياه السقي في المختبر اثبتت انها تحتوي على درجة ملوحة عالية و ان مياه هذه المنطقة معتدلة عموما، ذات سمة كيميائية كلوردية و كبريتية كلسية و مغنيزية.

الدراسة التحليلية للتربة و مياه السقي و دراسة التبادلات بينهما اثبتت ان السقي بمهذ المياه لا يشكل عائقا عويضا لهذذ التربة، شريطة وجود سقي جيد

مع احترام لكميات المياه و الفاصل الزمني بين السقيتين و التي تسمح بغسيل الاملاح المعدنية الى الاعماق.

**الكلمات المفتاحية**: التربة الغرينية، طبقة المياه السطحية، مياه السقي، القرارة.