UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Protection de la ressource Sol - Eau et Environnement

Présenté par :
BENHADJIRA Radia
BOUHALA Asma

Thème

Contribution à l'étude des sols irrigués par l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation dans la région de Hassi Ben Abdellah – wilaya de Ouargla–

Soutenue publiquement le :03/07/2019

Président	**: M^{elle}CHAOUCH Saida**	**(MCA) UKM Ouargla**
Encadreur	**: M. ZENKHRI Salah**	**(MCA) UKM Ouargla**
Co encadreur:	**M. KARABI Mokhtar**	**(MCB) UKM Ouargla**
Examinateur:	**M. IDDER MohammedAbdelhak**	**(MAA) UKM Ouargla**

Année Universitaire : 2018/2019

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mon père, que dieu le protège et

ma mère, ma source de tendresse et de courage.

Mes frères : Ayoub, Abderrahmen, Abdelouahab,Zakaria et

mes sœurs :Maroua, Maria et toute la famille BENHADJIRA.

A mes collègues du Master II spécialement, Maroua, Asma

L,Sacia et Naziha

Je dédie ce travail à Asma Berriha et

A tous ceux qui ont connu et aimé RADIA de près ou de loin.

BENHADJIRA Radia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère

A mon cher père, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes frères ANES, OMAR et NASREDDIN et ma sœur MANEL

A mon fiancé CHAOUKI

A tous les membres de la famille : BOUHALA

A toutes mes amies surtout ASMA, MAROUA, NAZIHA, SACIA, ZINEB et AICHA.

Et à tous ceux qui me connaissent de près ou de loin, et qui m'ont donné de l'espoir et du courage.

BOUHALA Asma

Remerciements

*Un grand merci à **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné la santé et la force pour concrétiser ce travail.*

*Nous remercions notre promoteur **M. ZENKHRI Salah MCA-UKMO** et notre Co promoteur **M. KARABI Mokhtar MCB-UKMO** Pour leurs aides, leurs encouragements et leurs conseils judicieux durant toute la période du notre travail.*

*Nous sommes agréables de remercier **Melle CHAOUCH Saida MCA-UKMO***

*la présidente et **M. IDDER Mohammed Abdelhak MAA-UKMO** l'Examinateur pour leurs conseils et de nous avoir fait l'honneur de participer au jury de ce mémoire.*

*Nous remercions chaleureusement **M. BELAROUSSI Mohammed El Hafedh** pour son aide et conseils.*

*Nos remerciements vont à **M. DADDA MOUSSAEl Hachemi** et **BAHRIA** de l'ADE pour leur aide dans la réalisation des analyses chimiques du sol*

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla 6
Figure 2. La structure de l'eau dynamisée en micromolécules (micro cluster) (MARWENI, 2015)..... 13
Figure 3. Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement (MAHESHWARI et GREWAL, 2009 in MARWENI, 2015)..... 14
Figure 4. Cristaux de Masaru Emoto (EMOTO, 1999)..... 15
Figure5. Limite géographique et découpage administratif de la Wilaya d'Ouargla (CHINOUNE, 2004) 17
Figure 6. Situation géographique de la zone d'étude 20
Figure 7. Carte de la localisation d'exploitation de BABZIZ..... 21
Figure 8. Pivot(A)..... 24
Figure 9. Pivot (B)..... 24
Figure 10. Appareil de désalinisation de l'eau 25
Figure 11. Fiche publicitaire de l'appareil de désalinisation de l'eau..... 25
Figure 12. Présentation triangulaire des échantillons du sol pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé, diagramme de PIPER. 33
Figure 13. SAR du sol pivot (A) magnétisé .diagramme de Riverside 33
Figure 14.SAR du sol pivot (B) non magnétisé .diagramme de Riverside 34
Figure 15.Évolution du pH du sol pivot (B) non magnétisé en fonction de la profondeur..... 36
Figure 16. Evolution du pH du sol pivot (A) magnétisé en fonction de la profondeur..... 36
Figure 17. Profiles salins du sol pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé..... 39
Figure 18. Evolutions du calcaire total en fonction de la profondeur pour le sol magnétisé ... 42
Figure 19. Evolution du calcaire total en fonction de la profondeur pour le sol pivot (B) non magnétisé..... 42
Figure 20. Évolution de la teneur en MO en fonction de la profondeur dans le sol pivot (B) non magnétisé..... 44
Figure 21.Évolution de la teneur en MO en fonction de la profondeur dans le sol pivot (A) magnétisé..... 45
Figure 22. Evolution de la biomasse microbienne en fonction de la profondeur pour le sol pivot (A) magnétisé et sol pivot (B) non magnétisé..... 47
Figure 23. Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (SAR)..... 48
Figure 24. Présentation triangulaire des eaux échantillonnées, diagramme de PIPER 49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données climatiques de la région d'Ouargla (période 2009-2018). 18
Tableau 2. Caractéristiques des sites expérimentaux 22
Tableau 3.Granulométrie du sol du site expérimental 30
Tableau 4. Résultats des analyses chimiques de sol pivot (A) magnétisé 31
Tableau 5.Résultats des analyses chimiques de pivot (B) non magnétisé 32
Tableau 6. Quantité du $C_{microbien}$ dans le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé..... 45
Tableau 7.Résultats des analyses chimiques de l'eau du forage magnétisé et non magnétisé 48

LISTE DES ANNEXES

Annexe 01. SAR et degrés d'alcalinisation des sols (SERVANT, 1975).

Annexe 02. Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

Annexe 03. Echelle d'interprétation de pH extrait 1/5 (Aubert, 1978).

Annexe 04.L'échelle de MO % (MORAND, 2001).

Annexe 05. Echelle de calcaire totale (BAIZE, 2000).

Annexe 06. Classification de DURAND(1983), de salinité des eaux

Annexe 07. Analyse de la variance pH avant semis.

Annexe 08. Analyse de la variance pH stade tallage-montaison.

Annexe 09. Analyse de la variance pH après la récolte.

Annexe 10. Test de KRUSKAL-WALLIS de la CE, avant semis.

Annexe 11. Test de KRUSKAL-WALLIS de la CE, stade tallage-montaison.

Annexe 12. Analyse de la variance CE après la récolte.

Annexe 13. Test de KRUSKAL WALLIS de calcaire total, avant semis.

Annexe 14. Analyse de la variance calcaire totale stade tallage-montaison.

Annexe 15. Test de KRUSKAL-WALLIS du paramètre calcaire total après la récolte.

Annexe 16. Test de KRUSKAL-WALLIS du paramètre MO avant semis.

Annexe 17. Analyse de la variance MO de sol pivot (A) et pivot (B) stade tallage-montaison.

Annexe 18. Analyse de la variance MO après la récolte.

Annexe 19. Analyse de la variance biomasse microbienne.

LISTE DES ABREVIATIONS

CE Conductivité Electrique.

DSA Direction des Services Agricoles.

FAO Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

INSID Institut National du Sol Irrigation et Drainage.

meq/l Milliéquivalent / litre.

µS/cm Micro siemens / centimètre.

mS/cm Milli siemens / centimètre.

M magnétisé.

NM non magnétisé.

MO Matière Organique.

SAR Sodium Adsorption Ratio.

OMS Organisation Mondiale de la Santé.

ONM Office National de Météorologie.

RGPH Recensement Générale de la Population et de l'Habitat.

TABLE DESMATIERES

Dédicaces 12
Remerciements 14
LISTE DES FIGURES 15
LISTE DES TABLEAUX 16
LISTE DES ANNEXES 17
LISTE DES ABREVIATIONS 18
TABLE DES MATIERES 19
Introduction 1

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I. Importance de la céréaliculture 3
1. Importance des céréales dans le monde 3
2. Importance des céréales en Algérie 3
3. Importance des céréales dans les régions sahariennes 3
4. Importance des céréales dans la wilaya de Ouargla 4
Chapitre II. Généralités sur le pivot 5
1.Le pivot 5
2.Aperçu historique 5
3. Descriptif technique 6
4. Mécanisme de fonctionnement 6
5. Avantages et inconvénient des techniques d'irrigation par pivot 7
5.1. Avantages 7
5.2. Inconvénients 7
Chapitre III. Salinité des sols 8
1. Salinité 8
2. Salinisation des sols 8
2.1. Salinisation primaire 8
2.2. Salinisation secondaire 8
3. Les caractéristiques des sols salés 9
4. L'effet de la salinité sur les propriétés du sol 9
5. Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation 10

6. Les effets de la salinité sur les plantes 10
6.1. Effet de la salinité sur la germination 10
6.2. Sur la croissance et le développement 10
6.3. Sur l'absorption de l'eau 11
Chapitre IV. Magnétisme de l'eau 12
1. Eau magnétisée 12
1.1. Introduction 12
1.2. Définition 12
2. Le principe de la magnétisation du l'eau d'irrigation 13
3. Propriétés de l'eau magnétisée 14
4. Effets de l'eau magnétisée 15
4.1. Effet sur le sol 15
4.2. Effets sur les plantes 16

Deuxième partie : Partie éxpérimentale

Chapitre I. Présentation de la région d'Ouargla 17
1. Situation géographique 17
2. Climat 18
3. Ressource en sol 18
4. Hydrogéologique 19
5. présentation de la zone d'étude 19
6. Répartition de la superficie agricole totale (SAT) 20
7. Nombre d'exploitations agricoles 20
8. choix du site expérimental 20
Chapitre II. Protocol expérimental 22
Chapitre III. Matériel et méthodes 24
1. Matériel d'irrigation 24
2. Appareil de désalinisation de l'eau 25
3. Sol 26
4. Méthodes d'étude 26
4.1. Échantillonnage 26
5.1. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques du sol 27
5.1.1. Analyses physiques 27
5.1.2. Analyses chimiques 27

5.1.3. Analyses microbiologiques 28
6. Logiciel de traitement statistique des données 29
7. Logiciel du traitement des résultats des analyses de l'eau et la solution du sol 29
Chapitre IV. Résultats et discussion 30
1. Caractéristiques physico-chimique et microbiologique du sol 30
1.1. Caractéristiques physique du sol 30
1.1.1. Granulométrie 30
2. Caractéristiques chimiques du sol 31
2.1.Faciès chimique 32
2.2. SAR de la solution du sol 33
2.3. pH 34
2.3.1. Avant semis 34
2.3.2. Stade tallage-montaison 35
2.3.3. Après la récolte 35
2.4. Conductivité électrique 37
2.4.1. Avant semis 37
2.4.2. Stade tallage-montaison 37
2.4.3. Après la récolte 37
2.5. Calcaire totale 40
2.5.1. Avant semis 40
2.5.2. Stade tallage-montaison 41
2.5.3. Après la récolte 41
2.6. Matière organique 43
2.6.1. Avant semis 43
2.6.2. Tallage-montaison 43
2.6.3. Après la récolte 43
3. Biomasse microbienne 45
4.Etude de l'eau d'irrigation 48
Conclusion 50
Références bibliographiques 51
Annexes 56

Introduction

Le sol est actuellement considéré comme une interface dans l'environnement et une ressource pour le développement. Naturellement, le sol est une ressource lentement renouvelable. Or, du fait des activités humaines et des mauvaises relations actuelles entre les sols etles sociétés humaines, les sols sont soumis à différentes formes de dégradation, le plus souvent irréversibles. (BOUALLA et *al*, 2012).

La dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones aride et semi-arides, conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (BOUALLA et *al*, 2012).

Les sols salés sont concentrés principalement dans les régions à climat aride et semi-aride, où les possibilités d'évaporation sont considérables, et les précipitations sont limitées et/ou variables, de plus, la plupart des périmètres irrigués ou ceux de la mise en valeur dans les différentes régions du pays sont à risque moyen ou élevé de salinisation, surtout en années sèches où la salinité des eaux mobilisées augmente, engendrant une salinisation croissante des sols et une perte énorme des terres agricoles. En Algérie, la salinité touche plus d'un million d'hectares du territoire national (CHAABANE et BENREDA, 1997).

Les périmètres irrigués, principalement au sud où les apports en eau sont importants à cause du déficit hydrique (ETP : +2000mm/an), sont largement affectés par la salinisation secondaire. Ce dernier participe aux chutes des rendements agricoles. La rareté de la pluie (<100 mm /an) a contraint les agriculteurs à utiliser les eaux des nappes phréatiques qui sont fortement minéralisées, défavorable à son utilisation directe pour l'irrigation (DEKHINAT et *al*, 2010).

Ce phénomène s'intensifie avec les récents changements climatiques. Et pour réduire les impacts négatifs de la salinité, plusieurs recommandations ont été proposées suite à de multiples travaux de recherches. Actuellement, la recherche s'oriente de plus en plus vers des stratégies qui visent la préservation, la conservation et la valorisation aussi bien de la quantité que de la qualité de ressources en eau, voire des innovations susceptibles d'améliorer l'efficience et la productivité de l'eau d'irrigation.

Lorsqu'il y'a de l'eau, la dissolution des sels et la remontée capillaire sont rapides sous l'effet d'une forte évaporation, ainsi parmi les sels dissouts appartenant à une nappe phréatique, certains sont facilement ramenés en surface et d'autres sont précipités lorsque la concentration atteinte le permet. Il apparait ainsi que le climat désertique favorise la concentration des solutions et la cristallisation des sels, tant en surface qu'en profondeur selon les conditions du milieu. Dans les conditions hyperarides du Sahara, les phénomènes sont encore accrus et atteignent une intensité maximale. Ainsi les exemples de sols salins sont très nombreux et spectaculaires, tout particulièrement dans les régions sédimentaires pourvoyeuses d'anions et de cations caractérisant la salure (HAMEDA, 2014).

De nouvelles techniques d'irrigation ont permis de passer des systèmes gravitaire et d'aspersion au système localisé. Ce dernier est encouragé par l'Etat, pour une large adoption par les agriculteurs, dans les différents périmètres irrigués de l'Algérie. Cependant, l'utilisation de cette dernière technique, en milieux arides et semi-arides, peut à moyen terme, favoriser la salinisation des sols au niveau des horizons superficiels (HAMEDA, 2014).

En plus de ces techniques, une technique simple et facile commence à prendre de l'ampleur d'utilisation par les agriculteurs pour améliorer les rendements. Il s'agit de la technologie du magnétisme basée sur l'exposition de l'eau d'irrigation à un champ magnétique statique. Différents chercheurs ont rapporté que ce simple traitement physique de l'eau stimule la croissance des plantes, d'une manière biologiquement saine et sans porter préjudice à l'environnement. D'autre part, des études récentes ont rapporté que l'eau magnétisée peut augmenter les mouvements du sel vers les profondeurs au-delà de la rhizosphère (HAMEDA, 2014).

Les rapports de la littérature montrent les effets bénéfiques que peut avoir cette technologie sur la productivité de l'eau ainsi que sur les paramètres de croissance des plantes, rendant ainsi l'eau un facteur moins limitant pour la production. Il faut signaler que les recherches orientées dans ce cadre restent encore très limitées (GACEM et ABDELNEBI, 2017).

Notre travail de recherche, s'inscrit dans ce contexte, il s'agit d'étudier l'effet de l'application d'un appareil de la magnétisation de l'eau d'irrigation sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol à travers la comparaison des résultats obtenus pour un pivot associé à l'appareil magnétique avec les résultats d'un pivot sans cet appareil dans la même région (Hassi Ben Abdellah) et les mêmes conditions climatiques.

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I. Importance de la céréaliculture

1. Importance des céréales dans le monde

Selon la FAO (2017), la production mondiale des céréales estimée à 2648,2 millions de tonnes, 720 millions d'hectares de céréales sont cultivés dans le monde, soit 51% des terres arables, 14,6% de la surface agricole mondiale et 5,5% des terres émergées du monde (GLEIZES, 2016). En effet la consommation mondiale des céréales en 2017/2018 est de 2609,7 millions à cause du rythme de la croissance démographique (FAO, 2017).

2. Importance des céréales en Algérie

Dans plusieurs régions d'Algérie, les céréales représentent les ressources principales du Fellah. Elles constituent la base de la nourriture des Algériens (FRANÇOIS, 1986). Les céréales et leurs dérivées constituent L'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (FEILLET, 2000).

La consommation des céréales en Algérie représente 25% des dépenses alimentaires et 230 kg/an/hab. d'équivalent-grains, avec une prépondérance de la semoule du blé dur. On note toutefois un déclin de ce produit au profit des dérivés du blé tendre (pain et biscuits notamment) (ONFAA, 2017).

3. Importance des céréales dans les régions sahariennes

La céréaliculture en tant que spéculation stratégique pour l'alimentation des populations, joue un rôle prépondérant sur le plan socio-économique. Cette filière présente un intérêt certain pour le développement des régions sahariennes et conditionne leur sécurité alimentaire. Malgré les résultats obtenus à travers les niveaux de production et de rendements enregistrés, aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle régionale (BOUKHALFA, 2015).

La céréaliculture sous pivot dans les régions sahariennes a été introduite pour la première fois en 1986, avec 02 pivots, soit une superficie totale de 62 ha. Avec les nouvelles techniques de production et les nouveaux objectifs visant l'exploitation maximale de ressources, le nombre de pivots a évolué et les superficies emblavées ont connu une extension remarquable. Le nombre de pivots est passé à 54 pivots en 1994 dont, 78% étaient

fonctionnels. Ainsi, la surface totale allouée à la céréaliculture sous centre de pivots, est passée de62 ha à 1660 ha en 1994, avec 81% de surface réellement emblavée(CHAOUCHE, 2006).

4. Importance des céréales dans la wilaya de Ouargla

Selon les statistiques de la Direction des Services Agricoles de la wilaya de Ouargla (DSA Ouargla), la production des céréales dans la wilaya a connu des perturbations d'une campagne agricole à une autre. Il est remarquable une baisse des superficies et des rendements de 2060 Ha avec 38 067 qx de production pour la campagne agricole 1995/1996, à seulement 934 Ha avec 25 615,60 qx de production pour la campagne agricole 2015/2016 ; par contre le nombre de pivots a évolué de 01 pivot pour la campagne agricole 1986/1987 à 168 pivots entre 2011 et 2016.

La superficie totale destinée à la céréaliculture sous pivot dans la région d'étude (commune de Hassi Ben Abdellah), au cours de la campagne 2016/2017 été de 852 ha avec 34 pivots et 1008 ha avec 38 pivots pour la campagne agricole 2017/2018.

Chapitre II. Généralités sur le pivot

1. Le pivot

Le pivot est un appareil d'irrigation mobile automatique, c'est un outil système, qui permet d'irriguer des surfaces très importantes dans des terrains même accidentés, il donne des bons résultats techniques tout en minimisant les charges, et en augmentant la production. (CHAOUCHE, 2006).

Il s'agit d'une rampe géante d'aspersion constitué de plusieurs travées tournant autour d'un axe fixe appelé "Tour centrale". Il constitue un moyen efficient pour l'irrigation de grandes superficies (MGHEZZI CHAA, 2009).

2. Aperçu historique

Selon (MGHEZZICHAA, 2009) l'utilisation du système d'irrigation pivot a débuté en 1949 aux Etats-Unis et a connu par la suite un développement considérable dans de nombreux pays tel que l'Arabie Saoudite, l'Egypte et le Brésil.

En Algérie, il a été adopté dans les vastes régions sahariennes dans le cadre du programme de mise en valeur des terres destinées à la culture des céréales malgré ses charges élevées.

L'utilisation des pivots est généralement localisée dans le sud d'Algérie pour l'économie d'eau et l'arrosage d'une grande superficie et la disponibilité des ressources hydriques souterraines, à cause des contraintes climatiques (forte évapotranspiration et faible pluviométrie).

Le pivot a continué à progresser dans d'autres pays du monde tel que l'Ukraine où il y avait en 1981 plus de 2000 centres pivots qui irriguaient 100.000ha. D'importants projets d'irrigation sont réalisés avec des systèmes pivot dans plusieurs pays du monde, tels que le CANADA, les pays d'Amérique latine, les pays du Golf et l'Afrique du Nord, en Lybie, en Arabie saoudite et en Algérie (ROLLAND, 1981).

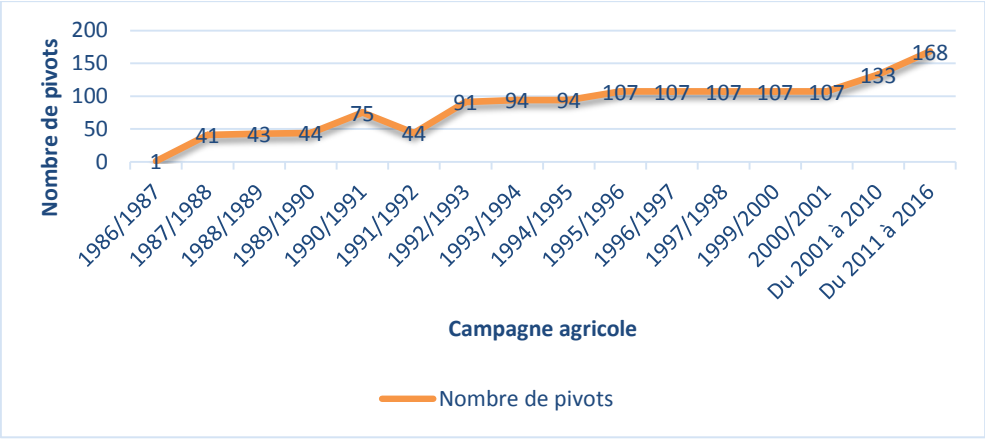


Figure 1.Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla (BOUTOUIL,2018).

3. Descriptif technique

Le système d'irrigation par pivot est constitué d'une conduite d'eau soutenue par des supports métalliques équipés de roues, appelées "tours mobiles". La partie de la machine comprise entre deux tours mobiles s'appelle la travée. Chaque tour est dotée d'un moteur électrique, dont la mise en marche provoque la rotation des roues. Celles-ci tournent perpendiculairement à la rampe et l'ensemble décrit un cercle.

La conduite d'eau est constituée de plusieurs éléments de tuyaux assemblés par des joints serrés par vis et écrous. Elle est articulée au droit des tours mobiles et supporte les organes d'arrosages. Elle doit présenter une rigidité et une résistance à la corrosion. Le diamètre de cette conduite est choisi de façon à permettre l'alimentation en eau des organes d'arrosages à la pression nécessaire (ROLLAND, 1981).

4. Mécanisme de fonctionnement

Une pression d'entrée minimale, assure une bonne distribution de l'eau au niveau des arroseurs toutes conservant suffisamment de puissance pour entrainer une turbine hydraulique.

La pression résiduelle en sortie de turbine permet, en outre, d'alimenter une porte à faux et son canon.

Toute l'eau injectée dans le pivot est utilisée pour l'irrigation, sans rejet extérieur. Les buses d'arroseurs sont dimensionnées de façon à apporter une irrigation homogène malgré les différentes pressions dans la conduite (DSA, 2018).

La programmation de fonctionnement du système d'irrigation par pivot est également déterminée avec précision sur la base de la conception de l'appareil un ajustement fin des vitesses de rotation ainsi que des arrêts et des démarrages du moteur à partir de l'armoire de commande de pivot, permet un apport précis de la quantité d'eau apportée à la culture (BEKKAIR et DRENIMI MAHAMAT, 1995).

5. Avantages et inconvénient des techniques d'irrigation par pivot

5.1. Avantages

- Économie d'eau ;
- Besoins en main d'œuvre généralement faible ;
- Possibilité d'arroser tous les types de sol ;
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées ;
- Une bonne efficience d'arrosage à la parcelle ;
- Le matériel gêne rarement les façons culturales (constitué de structures mobiles, adaptables à tous les cas particuliers).

5.2. Inconvénients

- Exige un certain niveau de compétence de la part de l'agriculteur ;
- Dépense énergétique élevée ;
- Difficultés d'utilisation et efficience réduite en régions ventées ;
- Mauvaise adaptation aux sols « battants » ;
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires ;
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes (SAIYOURI et *al*, 2012).

Chapitre III. Salinité des sols

1. Salinité

Selon CHESWORTH(2008), la salinité se réfère à la quantité des sels solubles qui se trouve dans le sol. Les sels solubles englobent une large gamme d'anions et de cations présents dans le sol soit sous forme cristallisée, soit sous forme dissoute dans la solution du sol, soit sous forme adsorbée sur la surface des colloïdes (DOUAIK, 2005).

2. Salinisation des sols

C'est l'accumulation excessive des sels très solubles dans les parties superficielles des sols. Ce processus provoque la dégradation des terrains cultivables non négligeables (SOUGUIR et *al*, 2013).

La salinisation peut aussi être définit comme un processus d'accumulation des sels solubles à la surface du sol et dans la zone racinaire en quantité suffisante pour affecter ses aptitudes agronomiques (MARMOUD, 2006).

La salinisation des sols se manifeste par deux voies, qui sont :

2.1. Salinisation primaire

La salinité primaire elle est d'origine naturelle, due principalement aux sels qui ont pour origine le processus d'altération des roches. La migration puis le dépôt de ces sels solubles dépendent de l'intensité et de la répartition des précipitations et d'autres caractéristiques du milieu naturel.

Dans les régions arides et semi-arides, le lessivage et le transport en profondeur des sels dissous n'existent plus et l'évapotranspiration importante favorise la concentration des sels dans le sol (LALLEMAND, 1980).

2.2. Salinisation secondaire

La dégradation de la qualité des sols et des eaux suite à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la

dégradation de la qualité des sols. Le principal impact est la salinisation secondaire des sols (BADRAOUI et *al*., 2000).

La salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques, cette salinisation concerne des surfaces plus réduites que la salinité primaire mais a des conséquences économiques plus importantes car elle peut dégrader gravement la fertilité des zones cultivées(TAHRAOUI, 2016).

Les principales causes de la salinisation secondaire sont :

- Le mauvais fonctionnement des systèmes de drainage/assainissement ;
- La remontée de la nappe phréatique salée et la forte évapotranspiration ;
- L'irrigation avec des eaux à forts risques de salinisation et de sodisation et

L'absence d'exutoire naturel pour l'évacuation des excès d'eau de drainage et d'assainissement (BADRAOUI et *al*, 2000).

3. Les caractéristiques des sols salés

Les sols salés sont des sols dont leur évolution est due à la présence excessive de sels solubles, c'est à dire ceux qui sont plus solubles que le gypse et/ou un fort taux de sodium échangeable. Ce qui leur confère des propriétés physiques, chimiques et biologiques défavorable à la croissance des végétaux (CPCS, 1967).Les caractéristiques chimiques des sols salins sont les suivantes :

- Les éléments dominants sont les sels solubles neutres, principalement des chlorures et des sulfates de sodium, calcium et magnésium (HALITIM, 1988) ;
- Le pH du sol est généralement ($7,5 \leq pH \leq 8,5$) (DAOUD et HALITIM, 1994) ;
- Une conductivité électrique de plus de 4 dS/m est généralement une limite acceptable au-delà de laquelle les sols sont classifiés comme salins. L'ESP est supérieure à 10 ou 15% (CPCS, 1967).

4. L'effet de la salinité sur les propriétés du sol

Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés pédologiques, notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la chute de la perméabilité hydraulique (AUBERT., 1983).

Les ions responsables de la salinité du sol altèrent les propriétés physico-chimiques des sols et entraînent une dégradation de la structure et de la texture qui devient défavorables à la vie végétale.

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

Le développement de l'irrigation est dans la majorité des situations, accompagnée de l'apparition de processus de salinisation, de sodisation ou d'alcalinisation des sols `à des degrés d'importance divers (SERGE, 2004). Plus la conductivité électrolytique de l'eau d'irrigation est forte plus la teneur en sodium (Na^+) augmente, provoquant ainsi un enrichissement net en sodium soluble (MORSLI, 2007).

6. Les effets de la salinité sur les plantes

6.1.Effet de la salinité sur la germination

Selon KARMOUS (2007), elle agit sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus les semences aux risques. Il a été démontré que la salinité inhibe la germination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon (MAAS et POSS, 1989).

6.2.Sur la croissance et le développement

La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca^{++} qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{++} , K^+ , N, P et Ca^{++} dans la plante (LEVITT, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{++} ou NO_3^- deviennent limitant (HAOUALA, 2004). Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (JABNOUNE, 2008).

6.3. Sur l'absorption de l'eau

La présence de quantités importantes des sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrogène et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes. Donc elles ne peuvent développer (TROMBLIN, 2000). En général, l'activité physiologique est maximale à la plaine turgescence des cellules. La concentration en sels dissous dans la solution du sol accroît, selon son degré, la pression osmotique dans l'environnement racinaire. Ceci se traduit pour la plante par une diminution de la disponibilité de l'eau, donc par une plus grande difficulté pour l'absorption (TAHRAOUI, 2016).

Chapitre IV. Magnétisme de l'eau

1. Eau magnétisée

1.1. Introduction

Le premier secteur consommateur d'eau est l'agriculture avec un taux de 70%, les industries présentent un taux de consommation voisin de 20% et seuls les 10% restant servent à la consommation.

La croissance rapide de la population mondiale donne lieu à une hausse de la consommation d'aliments et de l'énergie. Cette tendance épuise sérieusement les ressources naturelles. Les tentatives visant à augmenter la production alimentaire et énergétique pour les besoins croissants satisfaisants ont conduit à forte intensité le développement de la production végétale par l'utilisation des additifs chimiques, qui à son tour provoque plus de pollution du sol, de l'eau et de l'air (ABDELNEBI, 2017).

La rareté des ressources en eaux de faible salinité constitue un problème majeur en Algérie. En effet, le manque d'eau a poussé les agriculteurs d'une part, à utiliser des eaux souterraines souvent très chargées avec une salinité qui dépasse généralement 2,25 dS/m (INSID, 2008), et d'autre part à abandonner la pratique du drainage. Ceci a entraîné une augmentation des teneurs en sel et dans certains cas une baisse de la production agricole. Pour pallier à ce problème, une nouvelle technologie basée sur la magnétisation des eaux, peut constituer une solution de recours permettant la valorisation de ces eaux en agriculture.

1.2. Définition

Magnétiser une eau, c'est lui céder les propriétés vitales qui animent les eaux stagnantes tels que l'eau de pluie, de rivière, de torrent, c'est réanimer cette eau (LIN et YOTVAT, 1990).

La magnétisation de l'eau est l'opération par laquelle on restitue à l'eau ses qualités énergétiques et vitales. Une eau restructurée est une eau qui a retrouvé sa vitalité, donc la puissance de son champ électromagnétique lui permettant de recréer des liens ou structures caractérisant l'eau vivante(figure n°01).

Une eau magnétisée, redynamisée sur le plan moléculaire, retrouve son pouvoir inné d'absorption de l'oxygène ; elle est aussi moins tendue en surface.

La magnétisation permet d'obtenir une eau hautement énergisée, contrairement à l'eau fournit par le réseau public (ou par les eaux en bouteille) qui perd toute "vitalité" (transport et stockage).

La magnétisation vise à rectifier la nature subtile de l'eau qui peut produire des effets positifs sur la santé**.** La magnétisation de l'eau permet d'éclater les groupements de molécules en de plus petits amas qui hydrateront mieux les cellules du corps. (Figure 02).

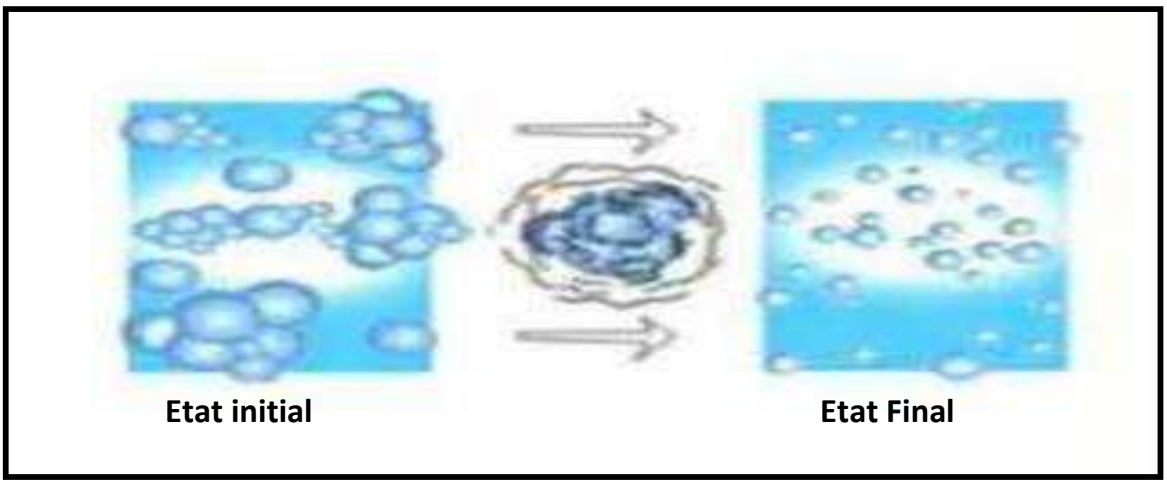


Figure 2. La structure de l'eau dynamisée en micromolécules (micro cluster) (MARWENI, 2015).

3. Le principe de la magnétisation du l'eau d'irrigation

Les effets des champs magnétiques sur l'eau ont été l'objet d'intérêt des physiciens, des chimistes et des biologistes (PARSON, 1997).

(SMIRNOV, 2003) a déclaré que l'eau en tant que conducteur d'ondes électromagnétiques peut recevoir des signaux émis par des forces magnétiques et devient donc le médiateur entre la source de champ magnétique et la plante. Ces résultats sont approuvés par PANG(2008) qui ajoute que l'application d'un champ magnétique crée des changements dans les propriétés physiques et chimiques de l'eau aux échelles microscopique et macroscopique.

De plus, CAI(2009) a expliqué ces changements par la formation d'un grand nombre de liaisons hydrogène. Généralement l'eau utilisée pour l'irrigation est une eau de puits extrêmement riche en calcaire, face à cette contrainte, l'eau dynamisée surtout par les procédés à champ magnétique permet :

- D'éviter une bonne partie de ce problème de médiocre fonctionnement des installations d'irrigation dues aux formations calcaires (empêche ainsi toute probabilité d'incrustation).

- En changeant la structure des cristaux de $CaCO_3$, minimise la formation de dépôts blanchâtres sur la végétation imputable au calcaire et facilite de cette manière la photosynthèse chlorophyllienne. (MARWENI, 2015).

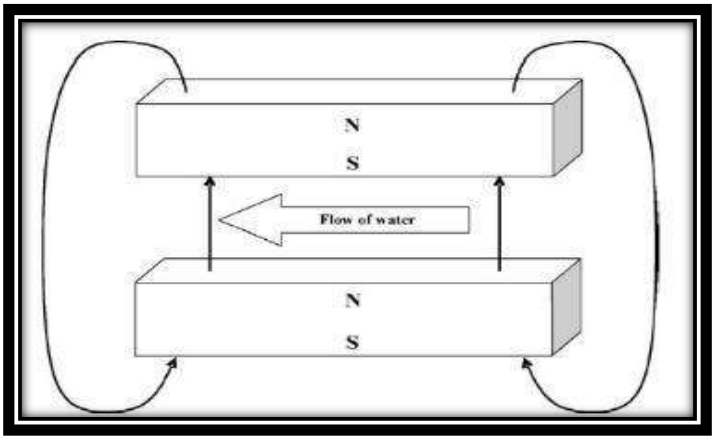


Figure 3. Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau aucours du traitement (MAHESHWARI et GREWAL, 2009 in MARWENI, 2015).

3. Propriétés de l'eau magnétisée

Selon EMOTO (1999), les propriétés de l'eau magnétisée sont les suivantes :

A. Propriétés physiques

- Elle augmente considérablement sa fréquence vibratoire qui passe de 1011 à 1015 hertz, la fréquence de la lumière visible.
- La cristallisation de l'eau magnétisée montre qu'elle présente de beaux cristaux, (Figure n°04)

B. Propriétés chimiques

- Elle détruit les masses d'eau inertes pour créer une majorité d'isomères trimères.
- Elle transforme une eau oxydée en eau réduite et produit des électrons libres.

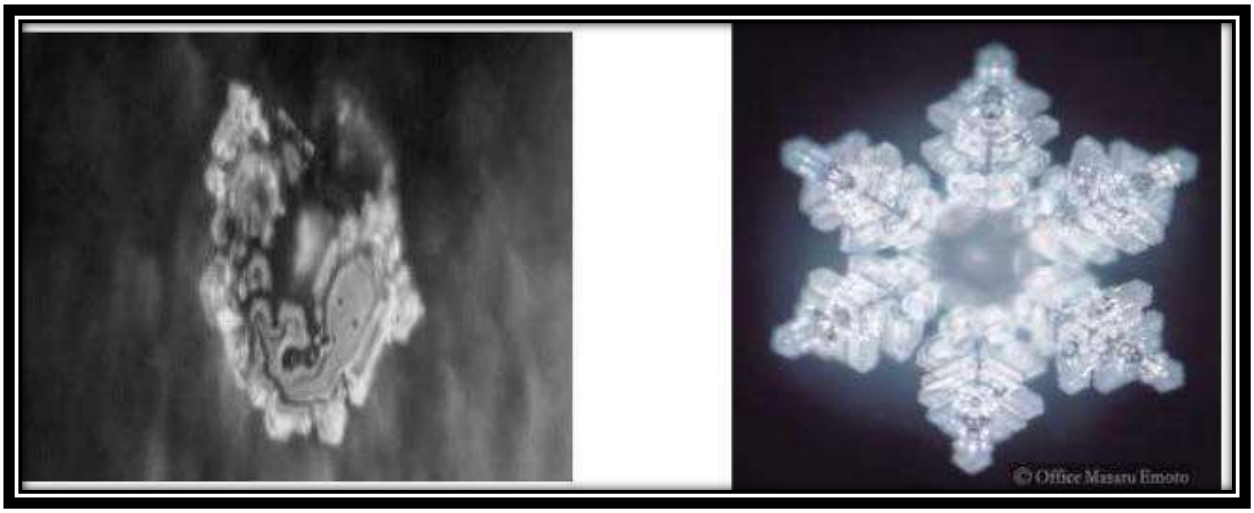


Figure 4. Cristaux de Masaru Emoto (EMOTO, 1999)

4. Effets de l'eau magnétisée

4.1. Effet sur le sol

Le traitement magnétique a montré de nombreux avantages pour le sol, susceptibles d'améliorer la consommation d'eau, le rendement des cultures et la croissance des plantes. Les trois fonctions principales de l'eau magnétisée dans le sol sont l'élimination des sels solubles en excès, l'abaissement du pH des couches du sol et la dissolution de composants légèrement solubles tels que les phosphates carbonates et les sulfates.(ALI et *al*,2014).

En outre, l'eau magnétisée augmente la mobilité des éléments nutritifs dans les sols et améliore l'absorption de P, K, N et Fe par les plantes. L'eau traitée magnétiquement augmente l'efficacité des engrais ajoutés.

L'étude a montré que l'eau magnétisée augmente la lixiviation des sels solubles en excès et la dissolution des sels légèrement solubles, diminue l'alcalinité du sol.(ALI et *al*,2014).

4.2. Effets sur les plantes

A. Sur la germination

Carbonell et *al*.(2000) ont montré une augmentation du taux de germination et le pourcentage de grains de riz traités par un champ magnétique.

B. Sur le rendement des cultures

DUARTE DIAZ et *al*(1997) ont observé que le traitement magnétique augmente l'absorption des nutriments dans la tomate. Greffer le poids sec, la surface de la feuille et la graine germinées.

Deuxième partie :

Partie expérimentale

Chapitre I. Présentation de la région d'Ouargla

1. Situation géographique

La wilaya est située dans la partie Sud Est du pays. Le chef-lieu de la wilaya est situé à820 km au Sud de la capitale, Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 162 628 Km².

Elle est limitée :

- Au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued.
- Au Sud, par Illizi et Tamanrasset.
- A l'Est, par la Tunisie et la wilaya d'El Oued.
- A l'Ouest, par Ghardaïa.

Administrativement, la wilaya de Ouargla est composée de 21 communes regroupées en10 daïras. La région de Ouargla regroupe 6 communes à savoir ; Ouargla, Rouissat, N'Goussa, Sidi Khouiled, Ain Beida et Hassi Ben Abdellah. Cette région se localise au fond d'une large cuvette de la vallée de l'Oued M'Ya et couvre une superficie de 99000 ha.

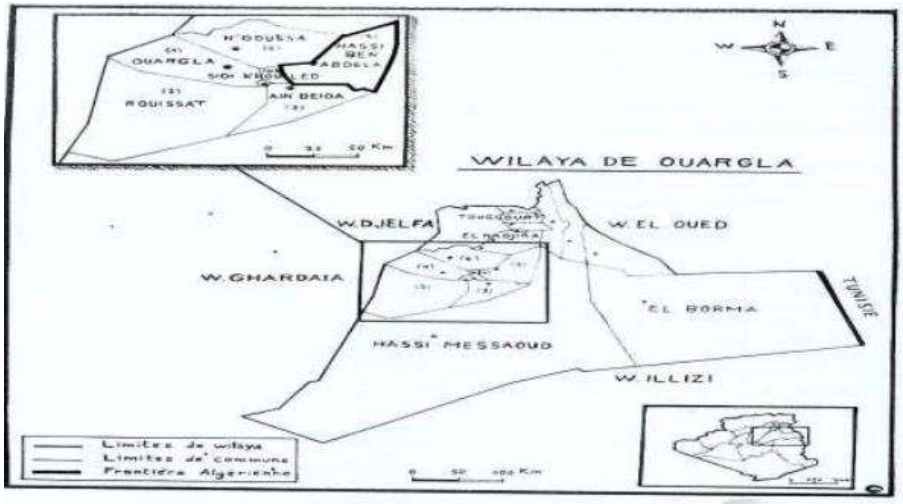


Figure 5: Limite géographique et découpage administratif de la Wilaya d'Ouargla (CHINOUNE, 2004)

2. Climat

Le climat qui caractérise la région de Ouargla est un climat saharien caractérisé par des fortes températures, un déficit hydrique, une humidité de l'air très faible, des vents forts et fréquents en printemps surtout et en période sèche durant presque toute l'année (BEBBA, 2011).

Les données climatiques sont représentées dans le tableau n°01.

Tableau 1. Données climatiques de la région d'Ouargla (période 2009-2018).
Paramètres climatiques.

Mois	Température			Précipitation (MM)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vitesse du Vent (m/s)	Insolation (Heure)
	TM (°C)	Tm (°C)	Tmoy (°C)					
Janvier	19.5	5.2	12.4	8.8	55.3	97.9	8.2	248.4
Février	21.2	7.0	14.1	4.1	48.0	120.7	9.2	237.4
Mars	25.7	10.7	18.2	5.6	42.3	180.6	9.7	266.8
Avril	30.8	15.4	23.1	1.5	36.2	231.3	10.3	285.3
Mai	35.3	20.0	27.7	2.3	30.7	302.6	10.6	316.3
Juin	40.4	24.8	32.6	0.8	27.0	366.9	10.0	229.3
Juillet	44.0	28.1	36.1	0.4	22.9	447.2	8.9	317.5
Aout	42.4	27.3	34.8	0.5	26.8	388.0	8.9	341.4
Septembre	38.1	23.5	30.8	5.4	35.7	266.8	9.1	268.1
Octobre	31.8	17.1	24.5	4.7	41.5	207.6	7.9	270.7
Novembre	24.6	10.5	17.5	3.1	51.2	124.5	7.3	248.2
Décembre	19.8	5.9	12.8	3.7	58.1	86.2	6.9	239.0
Moyenne	**31.1**	**16.3**	**23.7**	/	**39.6**	/	**8.9**	**272.4**
Cumule	/	/	/	**40.8**	/	**2820.2**	/	/

(ONM Ouargla, 2019)

-T moy : Température moyenne.

-TM : Température maximale.

-Tm : Température minimale.

3. Ressource en sol

Le sol de la région d'Ouargla est léger, à prédominance sableuse et à structure particulaire. Il se caractérise par un faible taux de matière organique. Le pH est alcalin et varie entre 7,6 et 8,4 (ROUVILLIOS - BRIGOL, 1975 et KHADRAOUI, 2007).

4. Hydrogéologique

Les ressources en eaux dans la région d'Ouargla sont représentées essentiellement par les nappes souterraines suivantes :

A. Nappe albienne (complexe intercalaire)

Nappe varie suivant les zones Sahariennes, elle est captée dans la région deOuargla entre 1120 et 1380 m de profondeur avec un écoulement général du Sud vers le Nord. Les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes, ils arrivent en surface à une température de 55°C et une faible teneur en sels variant entre 1.7 à 2 g/l (BEBBA, 2011).

B. Nappe du miopliocène (nappe du sable)

C'est la nappe la plus exploitée, c'est elle qui a permis la création des palmeraies irriguées, elle s'écoule du Sud-ouest vers le Nord-est en direction du chott MELGHIG. Cette nappe se trouve à une profondeur de 60 à 200 m, sa salinité varie de 1.8 à 4.6g/l, et sa température varie de 23 à 25 °C (BEBBA, 2011).

C. Nappe sénonien (nappe du calcaire)

C'est une nappe mal connue et son exploitation est négligeable à cause de la faiblesse du rendement de ses puits. Il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse, sa puissance de 350m ,200m à Touggourt, 360m à Meghaier. Il n'est pas très exploité (BENSAADIA et GHEBBACHE ,2014).

D. Nappe phréatique

Elle est contenue dans les sables alluviaux de la vallée, à une profondeur de 1 à12mètres selon les lieux et la saison. Son écoulement est du sud vers le nord, suivant la pente de la vallée (ROUVILOIS-BRIGOL, 1975).

5. présentation de la zone d'étude

La commune de Hassi Ben Abdallah est située à l'est de la wilaya d'Ouargla. Cette commune issue du dernier découpage administratif 1984, est située à 30 km de son chef-lieu de wilaya Ouargla et à 8 km de son chef-lieu de daïra Sidi Khouiled (R.G.P.H, 2008).

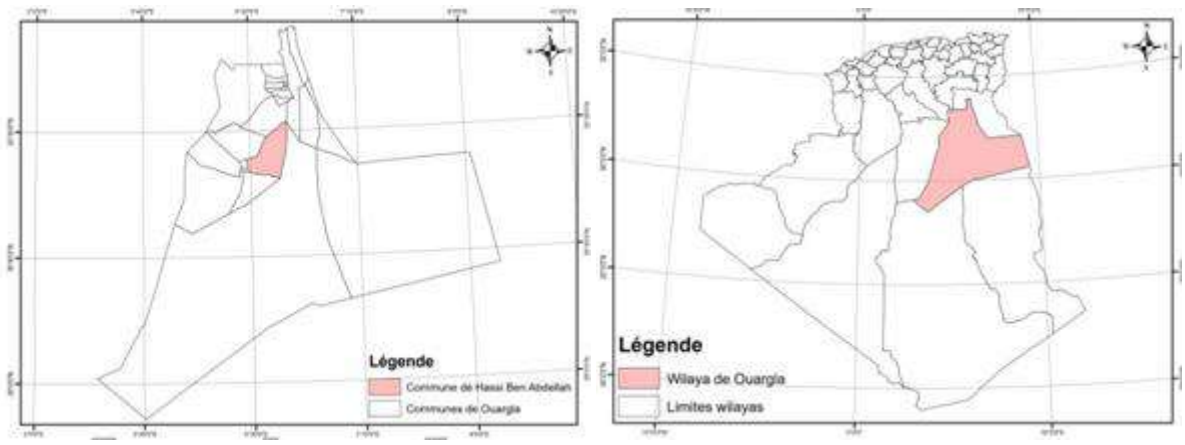


Figure 6. Situation géographique de la zone d'étude

6. Répartition de la superficie agricole totale (SAT)

En matière d'agriculture, la commune de Hassi Ben Abdellah possède une superficie agricole utile de 7 556,31 Ha, la superficie des forêts est de 145 ha, la superficie des parcours est de 222 830 ha, et autres superficies de 34 894,69 avec un total de la SAT de 265 426 ha. (BOUTOUIL, 2018).

7. Nombre d'exploitations agricoles

Selon les statistiques de la DSA OUARGLA (2018), le nombre d'exploitations agricoles dans la commune de Hassi Ben Abdellah est de 2431 exploitations répartis comme suit :

- 91 exploitations agricoles individuelles ;
- 1483 exploitations agricoles privées ;
- 853 exploitations agricoles dans le cadre de la concession agricole ;
- 04 exploitations agricoles publiques.

8. choix du site expérimental

Le site retenu pour l'accomplissement de nos objectifs d'étude des sols irrigués par l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation se localise à Hassi ben Abdellah. Au niveau de l'exploitation agricole de BABZIZ (Figure n°07).

Nous avons fait une sortie sur terrain pour avoir une revue de données existantes. Le

propriétaire du terrain est souvent la principale source d'information. En effet, nous avons reçu des informations qui concernent la superficie de la parcelle, le volume d'irrigation par jour et le nombre d'irrigation par semaine.

Figure 7. Carte de la localisation d'exploitation de BABZIZ

Chapitre II. Protocol expérimental

Le travail expérimental ayant pour objectif l'étude de l'effet de l'utilisation de la technologie de désalinisation de l'eau d'irrigation par le procédé de magnétisation sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des sols irrigués sous pivot de région de Hassi Ben Abdellah, a été mené courant la compagne 2018/2019.

Pour la concrétisation de nos objectifs, deux pivots ont été retenues :

- Pivot (A) associé à l'appareil de magnétisation.
- Pivot (B) non associé à l'appareil de magnétisation.

Les Caractéristiques des sites expérimentaux sont données dans le tableau 02.

Tableau 2. Caractéristiques des sites expérimentaux

	Site1	Site 2	Total
Irrigation	Pivot	Pivot	1 système
Magnétisme	Incorporé	Non incorporé	2 cas
Prélèvement	03	03	06
Surface	06 has	10 has	16 has
Culture	Avoine	Orge	2 espèces
Variété	WWW 98 El Gharbi 2qx/ha	Faouara 1,5 qx/ha	2 variétés
Engrais	NPK 1qx/ha TSP 1qx/ha URE 3 qx/ha	NPK 1qx/ha TSP 1qx/ha URE 3 qx/ha	- - -
Rendement	420 bottes	45 qx/ha	-

La comparaison entre ces deux pivots, s'articule principalement sur :

A. Les analyses du sol :

- Les analyses physiques : granulométrie ;
- Les analyses chimiques du sol : le pH, la CE, bilan ionique, SAR, carbone total, et calcaire totale ;
- Les analyses microbiologiques : la biomasse microbienne

B. Les analyses de l'eau de forage :

Les 02 échantillons d'eau ont subi les déterminations des éléments suivants :

- L'acidité de l'eau (pH),
- Le degré de salinité (CE),
- Le bilan ionique composé de cations (Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium) et d'anions (Carbonates, Bicarbonates, Chlorures et Sulfates).

Ces paramètres constituent une base pour l'évaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation et éventuellement pour la comparaison entre la qualité de l'eau des 02 forages et l'étude de l'effet de la magnétisation de l'eau sur les propriétés chimiques de cette dernière.

Chapitre III. Matériel et méthodes

1. Matériel d'irrigation

Deux pivots ont été retenus pour la concrétisation de nos objectifs de travail.

-Pivot (A) associe à l'appareil de désalinisation de l'eau (IDEAL REGENT AQUA) d'une superficie de 05 ha, (figure 08).

Figure 8. Pivot(A)

-Pivot (B)Non associe à l'appareil de désalinisationde l'eau (IDEAL REGENT AQUA,) d'une superficie de 10 ha,(figure n°09).

Figure 9. Pivot (B)

2. Appareil de désalinisation de l'eau

L'appareil de désalinisation de l'eau par le procédé magnétique de marque IDEAL REGENT AQUA (figure 10, 11), fabriqué en INOX inoxydable, avec un champ magnétique d'une grandeur de 15000 gauss, (le gauss de système G est l'unité électromagnétique a trois dimensions d'induction. Il est défini comme 1 maxwell par centimètre carre (Mx/cm²).

Figure 10. Appareil de désalinisation de l'eau

Figure 11. Fiche publicitaire de l'appareil de désalinisation de l'eau.

Le principe du procédé IDEAL REGENT AQUA, est basé sur l'application d'un champ magnétique sur l'eau. Cette application permet de donner un mouvement et une énergie à l'eau qui stagne dans les conduites et/ou dans les citernes de réserve. Une eau qui stagne est un

milieu propice à l'oxydation et donc aux multiplications des bactéries, cela intensifie aussi le dépôt de minéraux à l'intérieur des conduites.

L'appareil IDEAL REGENT AQUA, exerce un champ magnétique sur une eau qui stagne dans les conduites. Cette application donne une énergie à l'eau.

Selon les fabriquant de cet appareil, l'eau reste magnétisée pendant 72 heures et à une distance de 600 mètres.

3. Sol

Dans cette expérimentation nous avons utilisé comme système pédologique un sol qui provient de chacune des deux parcelles d'expérimentation.

4. Méthodes d'étude

4.1. Échantillonnage

A. De sol

Dans chaque parcelle on réalise un point d'échantillonnage. L'échantillonnage est réalisé à l'aide d'une tarière et selon les profondeurs suivantes :

- 0-20 cm
- 20-40 cm
- 40-60 cm

L'échantillonnage du sol est effectué avant le semis (automne), au stade tallage-montaison (hiver)et après la récolte(printemps).

B. De l'eau

Les échantillons ont été prélevés comme suit :

- Forage magnétisé nappe du miopliocène ;
- Forage non magnétisé nappe du miopliocène.

5. Analyses au laboratoire

5.1. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques du sol

- **Préparation des échantillons de sol**

Le sol utilisé a été préparé de façon suivante :

Au niveau du laboratoire, les échantillons du sol prélevés sont étalés et séchés à l'air libre. Les cailloux, graviers et débris organiques grossiers sont éliminés et le reste est broyé puis tamisés à 2mm. La fraction du sol <2 mm a été utilisée pour les analyses physiques et chimiques.

5.1.1. Analyses physico-chimiques

- **Granulométrie**

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine. Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats.

Les analyses granulométriques sont réalisées par la méthode de tamisage par voie sèche.

L'essai consiste à faire passer une quantité du sol sur une série des tamis de différents diamètres.

5.1.2. Analyses chimiques

- **pH du sol**

Il est mesuré par un pH-mètre avec l'utilisation de l'extrait dilué du sol/eau = 1/5, selon l'échelle (AUBERT, 1978).

- **CE du sol**

Elle est mesurée par un conductimètreavec l'utilisation de l'extrait dilué du sol/eau = 1/5, selon la norme (MATHIEU etPIELTAIN, 2009).

- **Calcaire total du sol**

Le dosage du calcaire a été effectué par la méthodegazométrique en utilisant le calcimètre de Bernard (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

- **MO du sol**

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique, (C) est estimé à 58% de la matière organique (MO) d'où : %MO=C% ×1.724. La méthode utilisée est la méthode Anne où le carbone organique contenu dans un échantillon de sol est oxydé dans des conditions définies en utilisant une quantité d'un mélange oxydant : le bichromate de potassium en milieu sulfurique (AUBERT, 1978).

- **SAR**

Calculée par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

- **Bilan ionique**

Un bilan ionique a été établi pour déterminer le faciès de salinisation de l'eau et de la solution du sol en se basant sur le diagramme de Piper. Il permet également d'évaluer les risques de toxicité causés par certains sels. Il s'agit des cations Na+, K+, Ca++, Mg++ et des anions HCO3-, CO3--, SO4--, Cl-. Ces concentrations en ions sont exprimées en milliéquivalent par litre.

5.1.3. Analyses microbiologiques

- **Biomasse microbienne**

L'estimation de la biomasse microbienne a été faite par la méthode de Fumigation-Extraction

(ANDREAS et *al*, 2013).

6. Logiciel de traitement statistique des données

Les données recueillies ont été saisies à l'aide du logiciel Excel. Les analyses de variance (ANOVA) et (KRUSKAL-WALLIS) ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT et le test de Fisher a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

7. Logiciel du traitement des résultats des analyses de l'eau et la solution du sol

Pour l'analyse des données, nous avons utilisé le logiciel d'hydrochimie Diagrammes du Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, Roland SIMLER.

Résultats et discussion

Chapitre IV. Résultats et discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du sol

1.1. Caractéristiques physiques du sol

1.1.1. Granulométrie

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés dans le tableau 03

Tableau 3.Granulométrie du sol du site expérimental

Nom de l'échantillon	Profondeur (cm)	Sable grossier %	Sable moyen %	Sable fin %	Limon grossier %	Limon +argile %
Pivot (A) magnétisé	**(0-20)**	8,38	**60,70**	25,15	3,83	**1,91**
	(20-40)	11,41	**64,74**	18,18	4,44	**1,21**
	(40-60)	14,93	**71,44**	9,68	3,53	**0,40**
Pivot (B) non magnétisé	**(0-20)**	13,3	**66,5**	15,3	4,1	**0,7**
	(20-40)	10,68	**75,07**	10,57	2,84	**0,81**
	(40-60)	12,66	**77,48**	8,14	1,40	**0,30**

L'analyse granulométrique des échantillons du sol prélevés pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé de l'exploitation de BABZIZ montre la dominance de la fraction sable moyen. Dans la première couche (0-20 cm), la fraction de sable moyen est de 60.70 % pour le sol du pivot (A) magnétisé et de 66.5 % pour le sol du pivot (B) non magnétisé,(tableau03).

Dans la deuxième profondeur (20-40 cm) le pourcentage de la fraction sable moyen est de 64.74 % pour le pivot (A) sol magnétisé et de 75.07 % pour le pivot (B) sol non magnétisé, alors que dans la dernière couche (40-60 cm) le sable moyen dépasse est de 71,44 % pivot (A) devient 77,48 % pivot (B).

Il ressort du tableau ci-dessus, que le sable moyen avoisine les 65% pivot (A), et 73% pivot (B), cela nous permet de dire que nous sommes en présence d'un sol filtrant aéré lessivant qui ne pose pas de problème de drainage.

La teneur en limon+argile est très faible pour les deux pivots (A) et (B), magnétisé et non magnétisé. En effet elle est de l'ordre de 1,17% pivot (A) et 0,60% pivot (B). Il est de même pour la teneur en sable fin, elle est faible pour les deux pivots (A) et (B), magnétisé et

non magnétisé. 17.67%pour le pivot (A) et 11.33% pour pivot (B). Ce qui nous permet de dire que ce sol nécessite des amendements pour améliorer ses propriétés physiques.

En effet, la région de Hassi Ben Abdellah, se caractérise par des sols légèrement salés, avec une texture grossière et une structure particulaire (KHADRAOUI, 2007).

L'importance de la fraction sableuse explique la faible structuration des sols entrainant le lessivage de tous les éléments en profondeur.

2. Caractéristiques chimiques du sol

Les caractéristiques chimiques des sols sont données dans les tableaux 4 et 5

Tableau 4. Résultats des analyses chimiques de sol pivot (A) magnétisé.

Les éléments chimiques en meq/l	Avant semis			Stade tallage-montaison			Après la récolte		
	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)
Na^+	1.43	0.97	0.75	1.56	1.14	1.18	1.48	1.09	0.67
Ca^{++}	0.53	0.43	0.51	0.50	0.55	0.70	1.13	0.80	0.77
K^+	0.10	0.08	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	0.07	0.09
Mg^{++}	4.4	3	2.6	2.39	2.39	3.3	2.2	1.63	1.8
So_4^{--}	5.51	2.33	2.44	4.15	5.56	5.80	9.41	3.89	3.59
Cl^-	0.01	0.009	0.01	0.02	0.02	0.04	0.06	0.04	0.05
Hco_3^-	0.06	0.02	0.03	0.08	0.05	0.1	0.1	0.08	0.08
SAR	1.49	0.74	0.60	1.29	0.94	0.83	1.14	0.69	0.59
pH	7.80	7.59	7.78	7.48	7.61	7.63	8.27	8.33	8.40
CE en dS/m	0.47	0.50	0.46	0.49	0.36	0.24	0.97	0.69	0.55
Calcaire total en %	3,03	2,84	2,62	5,06	11,55	24,66	6,66	5,47	13,09
MO en %	0,29	0,71	0,26	1,21	1,53	0,84	2.72	0.79	0.26

Tableau 5.Résultatsdes analyses chimiques de pivot (B) non magnétisé.

Les éléments chimiques en méq/l	Avant semis			Stade tallage-montaison			Après la récolte		
	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)	(0-20cm)	(20-40cm)	(40-60cm)
Na^{+}	1.56	1.14	1.22	1.52	1.18	1.73	2.46	2.30	2.62
Ca^{++}	0.65	0.30	0.98	1.42	0.91	0.70	0.60	0.66	0.77
K^{+}	0.10	0.09	0.10	0.12	0.12	0.15	0.09	0.08	0.09
Mg^{++}	2.8	4.1	3.8	3	1.93	1.4	1.67	1.4	1.8
So_4^{--}	2.75	1.82	3.07	6.85	6.78	5.14	3.38	3.26	3
Cl^{-}	0.002	0.004	0.004	0.01	0.01	0.01	0.04	0.0.06	0.04
Hco_3^{-}	0.03	0.1	0.1	0.05	0.06	0.03	0.05	0.06	0.05
SAR	1.18	0.76	0.79	1.02	0.99	1.68	2.30	2.26	2.31
pH	7.75	7.75	7.46	7.54	7.79	7.64	8.46	8.54	8.64
CE en dS/m	0.59	0.51	0.75	0.63	0.2	0.25	0.69	0.55	0.65
Calcaire total en %	6,66	5,47	13,09	15	10,67	10,42	14,28	15,95	18,09
MO en %	0,39	0,18	0,58	1,29	1,11	0,5	0.79	1.03	1.48

2.1. Faciès chimique

Selon le diagramme de Piper le faciès chimique du sol pivot (A) et pivot (B) est sulfaté-magnésien (figure 12).

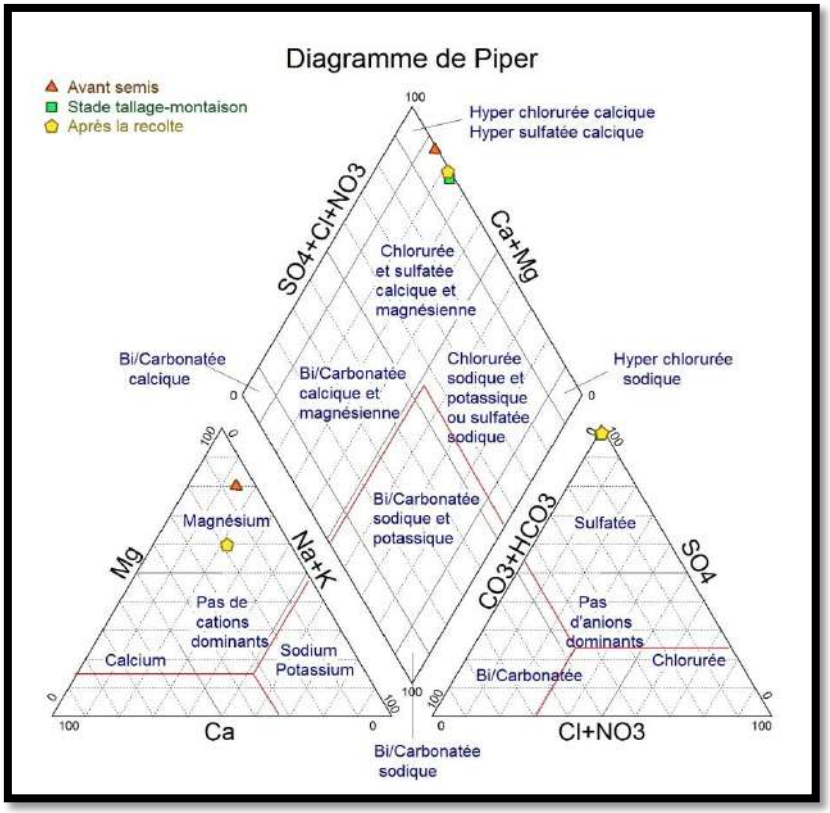


Figure 12. Présentation triangulaire des échantillons du sol pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé, diagramme de PIPER.

2.2. SAR de la solution du sol

Il représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca^{+2}et Mg^{+2}), il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol. La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (RICHARD, 1954).

Pour le sol pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé, le SAR esttrès faible. Selon SERVANT (1975), il n'y a pas un risqued'alcalinisation. (Figure 13 et 14).

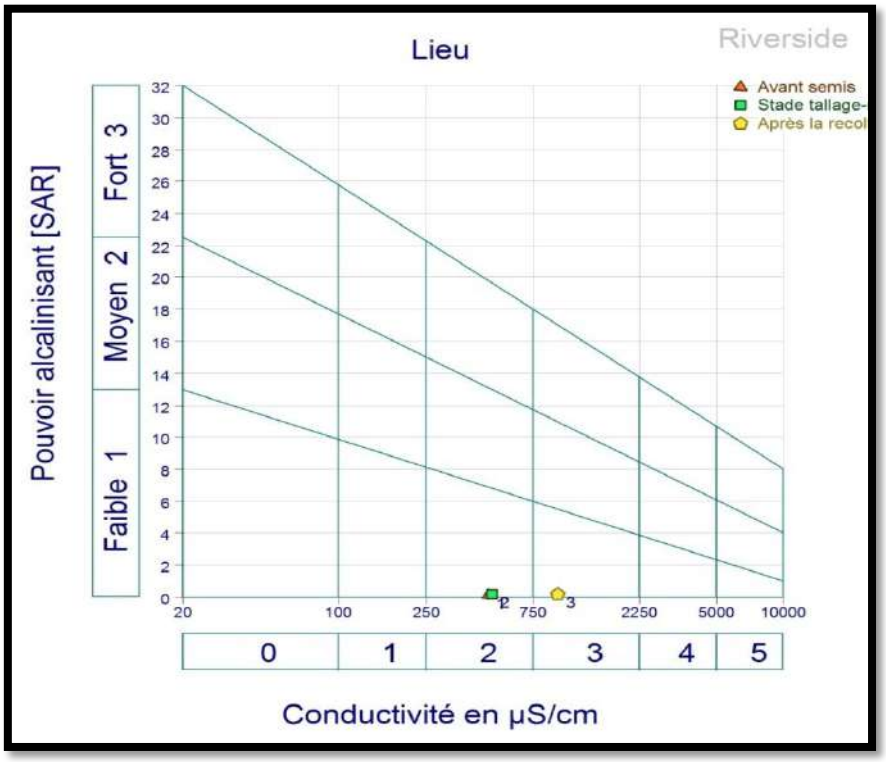


Figure 13. SAR du sol pivot (A) magnétisé. Diagramme de Riverside

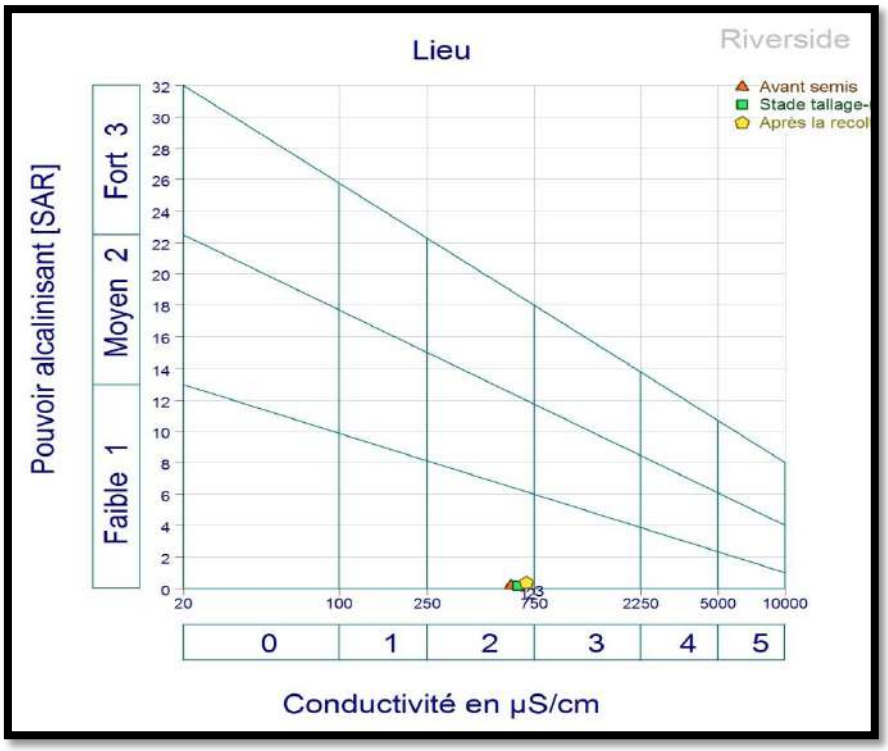


Figure 14.SARdu sol pivot (B) non magnétisé. Diagramme de Riverside

2.3. pH

2.3.1. Avant semis

Pour le sol irrigué par les eaux non magnétisées. La valeur du pH est de7,75 dans la première couche(0-20cm) et la deuxième couche(20-40cm). Pour la troisième couche (40-60cm), le pH est de 7,46.

D'autre part pour le sol irrigué par des eaux magnétisées, le pH est de 7,80 pour la première profondeur (0-20cm) et 7,59 pour la deuxième profondeur (20-40cm) et 7,78 pour la dernière profondeur (40-60cm).

Selon l'échelle d'interprétation du pH extrait 1/5 (AUBERT, 1978).La mesure du pH avant semis pour les deux pivots magnétisé et non magnétisé est légèrement alcaline.

L'analyse de la variance à deux facteurs (Annexe 07) montre qu'il y aune différence hautement significative entres les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,006 au seuil α=0,05. Il y a une différence significative entre le sol pivot (A) magnétisée et le sol pivot (B) non magnétisée, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,02 au seuil α=0,05.

L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,005 au seuil α=0,05.

2.3.2. Stade tallage-montaison

Durant le stade tallage-montaison de la plante, le pH pivot magnétisé et pivot non magnétisé reste légèrement alcalin. Pour le pivot non magnétisé, le pH 7.54 dans la première couche (0-20cm), 7.79 pour la deuxième couche (20-40cm) et 7.64 pour la dernière couche (40-60cm).

Pour le pivot magnétisé le pH du sol a légèrement diminué. Soit 7.48 pour la première couche, 7.61 pour la deuxième et 7.63 pour la dernière couche.

L'analyse de la variance à deux facteurs (Annexe 08) montre une différence hautement significative entre les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,002 au seuil α=0,05. Il y a une différence significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,003 au seuil α=0,05. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative.

2.3.3. Après la récolte

Après la récolte, Le pH du sol non magnétisé devient moyennement alcalin a fortement alcalin. Elle est de 8,46 pour la première couche (0-20cm), 8,54 pour la deuxième couche (20-40cm) et 8,64 pour la troisième couche. Le pH du sol irrigué par des eaux magnétisées est moyennement alcalin. Soit8,27 pour la première couche, 8,33 pour la deuxième couche et 8,40 pour la dernière couche. Il est à noter que durant nos prélèvements aucune irrigation n'est pratiquée.

L'analyse de la variance à deux facteurs (Annexe 09) montre une différence très hautement significative entres les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. Il y a une différence très hautement significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisée, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0003 au seuil α=0,05. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative.

Les résultats obtenus du pH montrent que la magnétisation de l'eau entraine une légère diminution du pH du sol. Selon ALI (2014), le magnétisme de l'eau abaisse le pH des couches du sol.

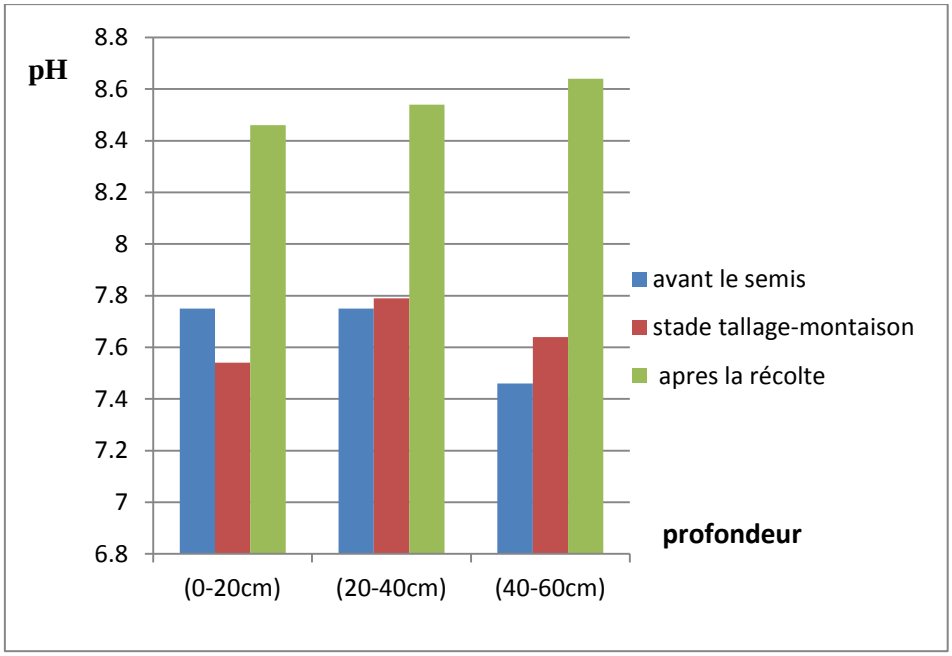


Figure 15.Évolution du pH du sol pivot (B) non magnétisé en fonction de la profondeur

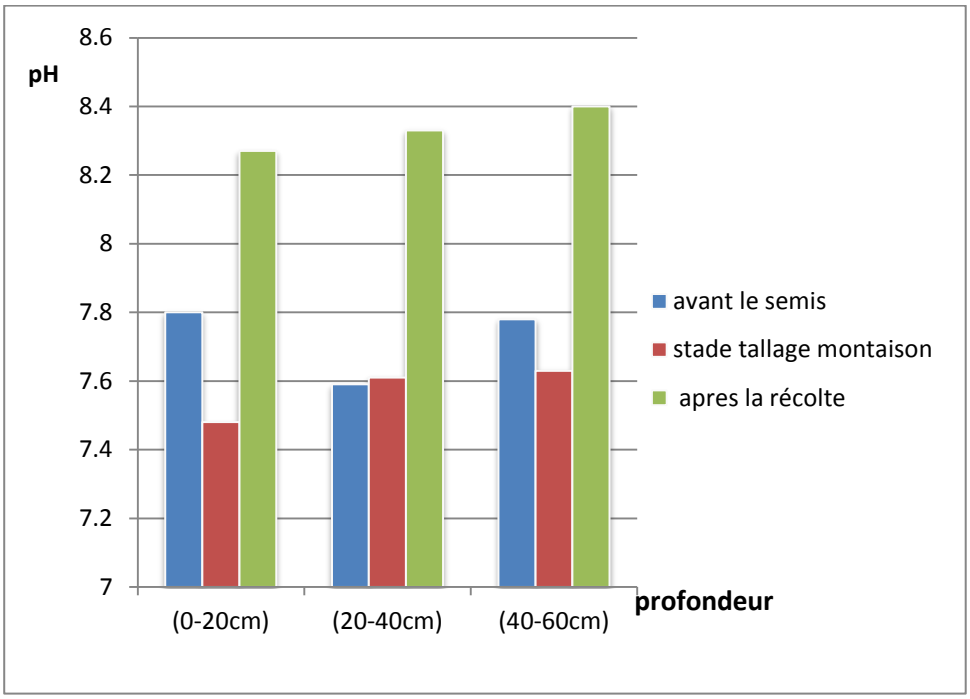


Figure 16. Evolution du pH du sol pivot (A) magnétisé en fonction de la profondeur

2.4. Conductivité électrique

2.4.1. Avant semis

La salinité des sols mesurée dans l'exploitation de BABZIZ est variable. En utilisant l'échelle de la salinité du sol de l'extrait 1/5 (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

Pour le sol irrigué par des eaux non magnétisées, la conductivité électrique est de 0 ,47 dS/m dans la première couche (0-20cm), 0,50 dS/m dans la deuxième couche (20-40cm) et 0,46 dS/m dans la dernière couche pour le sol magnétisé. La salinité du sol irrigué par des eaux non magnétisées est faible aussi. Soit 0,59 dS/m pour la première couche, 0,51dS/m pour la deuxième couche et 0,75 dS/m pour la dernière couche. Donc on peut dire que le sol du pivot non magnétisé (B) et magnétisé (A) appartient à la classe des sols non salés.

Selon le test KRUSKAL WALLIS, la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0,05, donc les échantillons proviennent de la même population. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 6,13%. (Annexe 10).

2.4.2. Stade tallage-montaison

Au stade tallage-montaison la salinité reste faible pour les deux types du sol, elle est de 0,49 dS/m dans la première couche (0-20cm), 0,36dS/m dans la deuxième couche (20-40cm) et 0,24 dS/m dans la troisième couche (40-60cm) pour le sol irrigué par des eaux magnétisées.

Pour le sol irrigué par des eaux non magnétisées, elle est de 0,63dS/m pour la première profondeur, 0,25dS/m pour la deuxième et la dernière profondeur.

Selon le test KRUKSAL WALLIS,la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05,donc les échantillons proviennent de populations différentes. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 2,63%.(Annexe 11)

2.4.3. Après la récolte

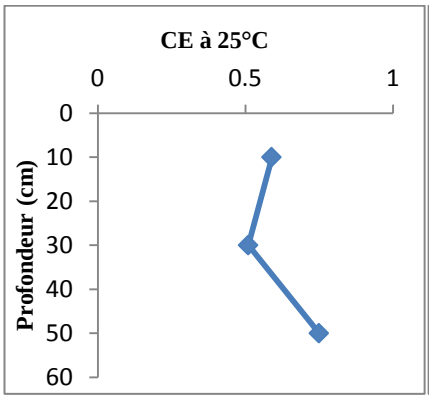
Les deux types du sol deviennent légèrement salés. Soit 0,97dS/m pour la première couche (0-20cm), 0,69 dS/m pour la deuxième couche et 0,55 dS/m pour la dernière couche dans le sol magnétisé alors que 0.69dS/m pour la première couche, 0,55 dS/m pour la deuxième et 0.65dS/m pour la dernière couche.

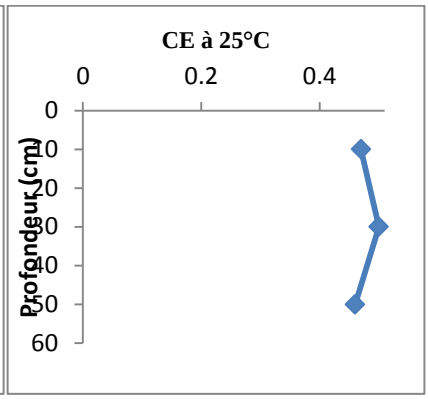
L'analyse de la variance à deux facteur (Annexe 12) montre une différence très hautement significative entres les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. Iln'y a pas une différence significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé. L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,005 au seuil α=0,05.

Selon (KHADRAOUI, 2007), la région de Hassi Ben Abdellah se caractérise par des sols légèrement salés, cette zone reste l'une des meilleures palmeraies de la région d'Ouargla.

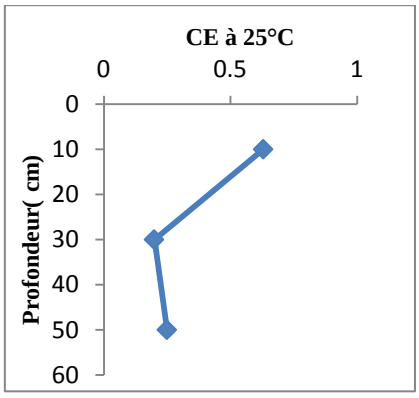
D'après les résultats de la conductivité électrique durant les trois stades on peut dire que la magnétisation de l'eau d'irrigation n'a pas un direct effet sur la salinité du sol.

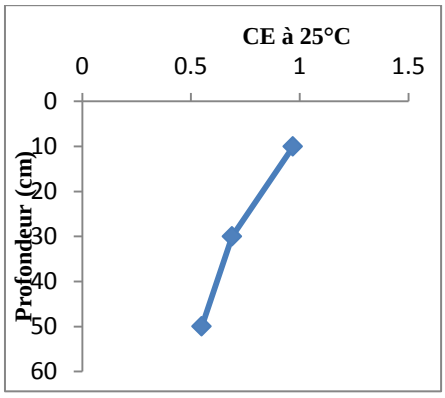
2.4.4. Profil salin : les profils salins sont représentés dans la (figure 17).



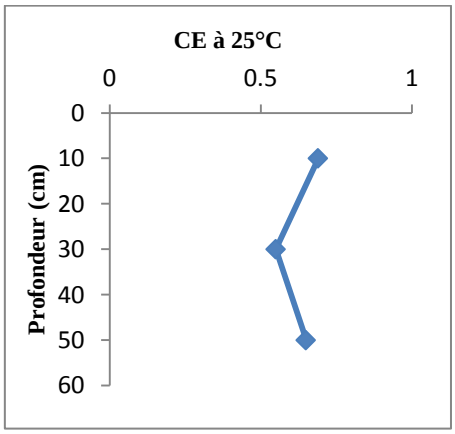


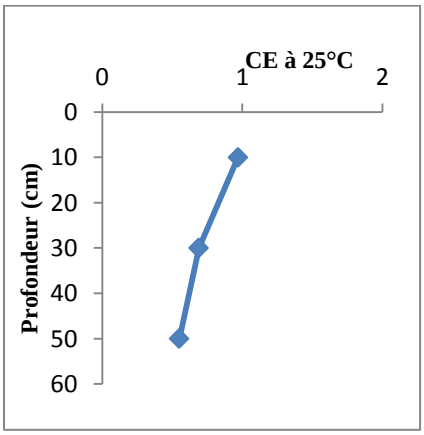
-Stade avant semis (a) NM -Stade avant semis (b) M





-Stade tallage montaison (c) NM -Stade tallage-montaison (d) M





-Stade après la récolte (e) NM -Stade après la récolte (f) M

Figure 17. Profils salins du sol pivot (A) magnétisé et pivot (B) non magnétisé

Selon la classification Servant (1975), les profils salins du sol pivot (B) non magnétisé dans les trois stades (figure 17 a, c, e) sont de type C alors que pour le sol pivot (A) magnétisé sont de type A (figure 17 d, f) sauf pour le stade avant semis qui est de type B (figure 17 b).

D'après les résultats obtenus (Figure17), le profil type C constitue une forme intermédiaire entre les types A et (D ou B) c.-à-d. une accumulation superficielle et en profondeur ou bien une accumulation superficielle et dans la zone médiane du profil.

Le profil A est caractérisé par une salinité ascendante, le maximum de salinité se situant dans les 10 ou 20 cm superficiels avec des valeurs très élevées par rapport aux horizons sous-jacents. Ce profil est typique pendant la saison sèche et parfois pendant la plus grande partie de l'année des sols nus ou à faible recouvrement végétal. Cette classe de sol est bien exprimée dans le cas des textures limoneuses ou limono - sableuses avec des efflorescences salines en surface.

Le profil B, il est caractérisé par l'existence d'un maximum de salinité bien différencié, apparaissant dans la partie moyenne du profil, ordinairement à moins d'un mètre de profondeur. On peut le rencontrer dans des sols nus (en hiver) où il dérive d'une forme A d'été.

Selon (KHADRAOUI, 2007), la région de Hassi Ben Abdellah se caractérise par des sols légèrement salés, cette zone reste l'une des meilleures palmeraies de la région de Ouargla.

D'après les résultats de la conductivité électrique durant les trois stades on peut dire que la magnétisation de l'eau d'irrigation n'a pas un direct effet sur la salinité du sol.

2.5. Calcaire totale

2.5.1. Avant semis

Le taux du calcaire total est variable et avec une augmentation de concentration en profondeur dans l'exploitation de BABEZIZ. La teneur en carbonate de calcium du sol irrigué avec l'eau non magnétisée est plus élevée que dans le sol irrigué avec l'eau magnétisée. Elle varie entre 3 jusqu'a 7.70 % pour le sol non magnétisé et de 2 a 3.03 % pour le sol magnétisé. Selon l'échelle de calcaire totale (BAIZE, 2000), le taux de calcaire total est modéré pour les deux types de sol.

Selon le test KRUSKAL WALLIS, la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05 donc les échantillons proviennent de population différentes (Annexe 13)

2.5.2. Stade tallage-montaison

Dans le stade tallage-montaison, la teneur en calcaire totale du sol pivot (A) magnétisé est plus élevée que dans le sol pivot (B) non magnétisé sauf dans la première couche. Soit 5.06 % dans la première couche (0-20cm), 11.55% dans la deuxième couche (20-40cm) et 24.66% pour la troisième couche (40-60). Alors que dans le sol pivot (B) non magnétisée est de 15% pour la première couche ,10.67% pour la deuxième couche et 10.42% pour la troisième couche. Donc, le taux de calcaire total reste modéré pour les deux types de sol.

L'analyse de la variance à deux facteurs (Annexe 14) montre une différence très hautement significative entres les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. Il y a une différence très hautement significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. L'interaction entre les deux facteurs est très hautement significative la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05.

2.5.3. Après la récolte

Après la récolte, le taux de calcaire total est aussi modéré. Les valeurs du calcaire varient entre 14.28% jusqu'à 18.09 % en allant vers la profondeur pour le sol pivot (B) non magnétisé et entre 6.66% jusqu'à 13.09% pour le sol pivot (A) magnétisé

Selon le test KRUSKAL WALLIS, la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, donc les échantillons proviennent de populations différentes. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 1,07%. (Annexe 15).

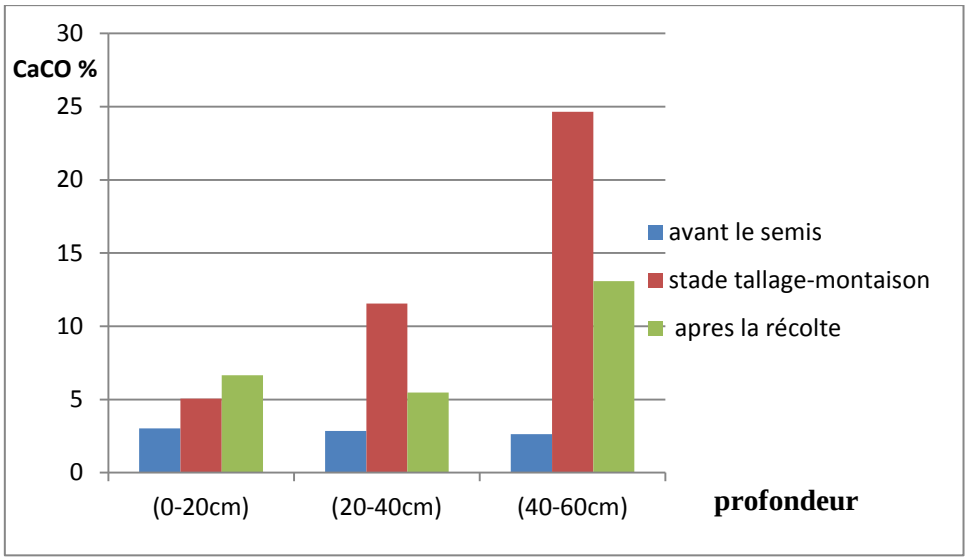


Figure 18. Evolutions du calcaire total en fonction de la profondeur pour le sol magnétisé

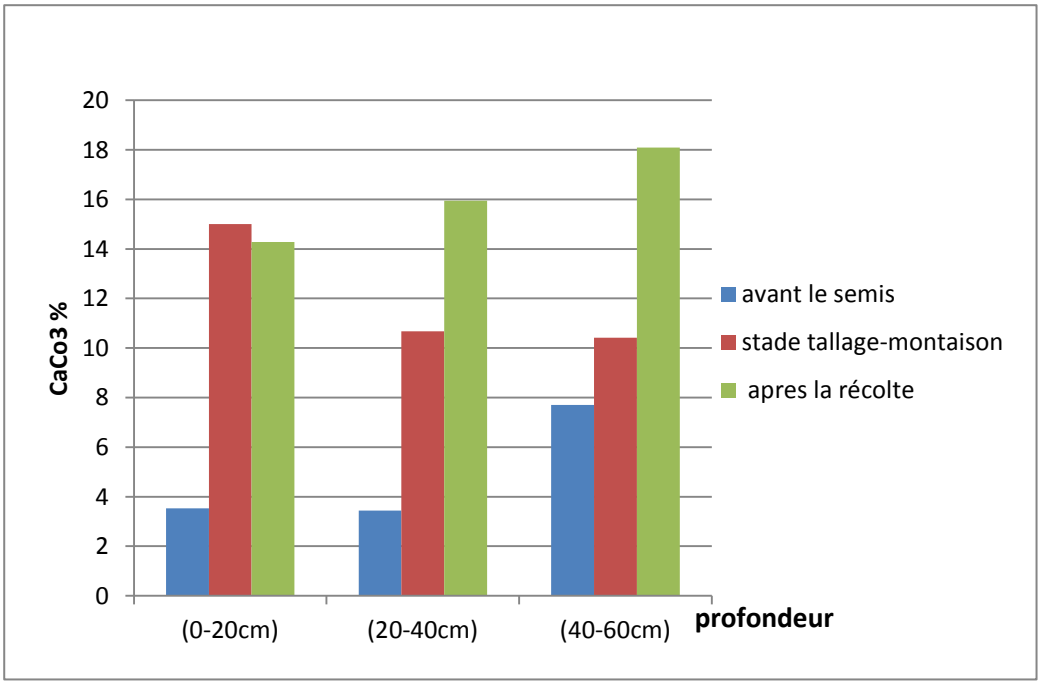


Figure 19. Evolution du calcaire total en fonction de la profondeur pour le sol pivot (B) non magnétisé.

2.6. Matière organique

2.6.1. Avant semis

Selon L'échelle de MO % (MORAND, 2001). Dans l'exploitation BABZIZ, avant le semis le taux de la matière organique a été très faible et ne dépasse pas 0.7 % pour le sol magnétisé et non magnétisé. Elle est de 0.3% dans la première couche (0-20cm), 0.1 % dans la deuxième couche et 0.5% dans la troisième couche pour le sol non magnétisé.

Pour le sol magnétisé. Soit 0.2% pour la première couche, 0.7% pour la deuxième couche et 0.2% pour la troisième couche.

Selon le test KRUSKAL WALLIS, la p-value calculée est supérieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit valider l'hypothèse nulle H0 qui dit que les échantillons proviennent de la même population, le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 est de 36,05% (Annexe 16).

2.6.2. Tallage-montaison

Dans le stade tallage-montaison la teneur en MO a légèrement augmenté mais reste faible pour le sol magnétisé et non magnétisé. Soit 1,2% dans la première profondeur (0-20cm), 1,1% dans la deuxième profondeur (20-40cm) et 0,5 % dans la dernière couche (40-60cm) pour le sol non magnétisé.

Pour le sol magnétisé, soit 1,2% pour la première couche, 1,5% pour la deuxième couche et 0,8% pour la troisième couche.

L'analyse de la variance à deux facteurs (Annexe 17) a montré qu'il n'y a pas une différence significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative, il y a une différence hautement significative entre les trois profondeurs. La probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,001 au seuil α=0,05.

2.6.3. Après la récolte

Après la récolte la teneur en MO a diminué pour le sol non magnétisé. Elle est de 0.7% pour la première couche (0-20cm),1.03% pour la deuxième couche (20-40cm) et 1.4% pour la dernière couche (40-60cm).

Pour le sol magnétisé le taux de matière organique dans la première couche (0-20cm) est modéré, elle est de 2,7 % et très faible pour la deuxième couche (20-40cm) qui est 0,7 % et 0,2% pour la troisième couche (40-60cm).

L'analyse de la variance à deux facteur (Annexe 18) montre une différence hautement significative entres les trois profondeurs, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. Il y a une différence significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,02 au seuil α=0,05.

D'après les analyses statistiques on constate que la magnétisation de l'eau n'a pas un effet sur la diminution ou l'augmentation de la MO dans le sol.

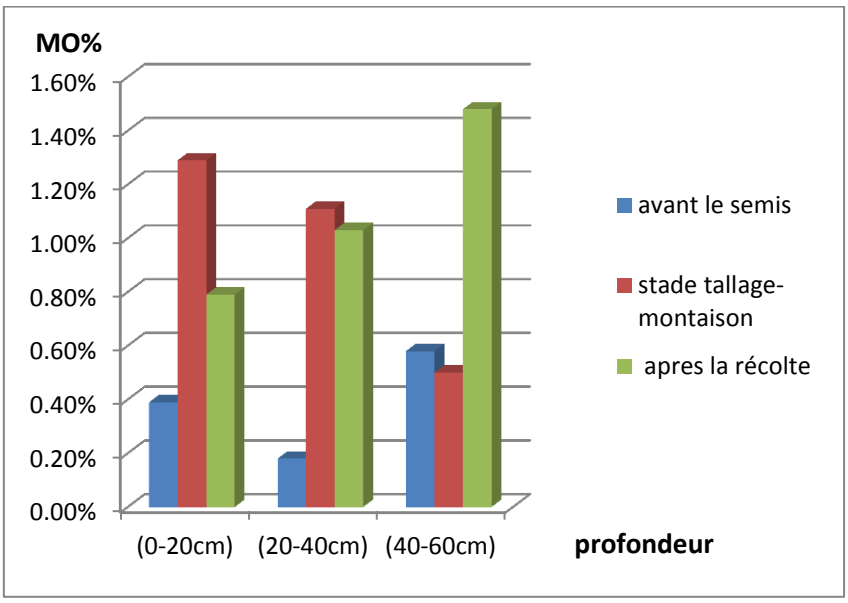


Figure 20.Évolutionde la teneur en MO en fonction de la profondeur dans le sol pivot (B) non magnétisé.

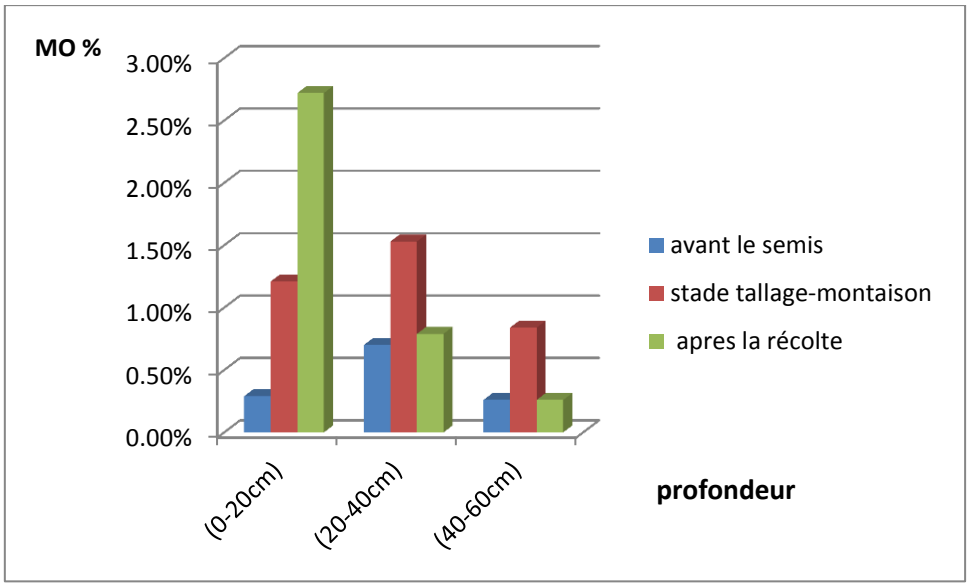


Figure 21.Évolution de la teneur en MO en fonction de la profondeur dans le sol pivot (A) magnétisé.

3. Biomasse microbienne

Les résultats de la biomasse microbienne sont représentés dans le tableau 06.

Tableau 6. Quantité du $C_{microbien}$ dans le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé.

	Sol pivot (A) magnétisé			Sol pivot (B) non magnétisé		
Stade d'échantillonnage	**(0-20cm)**	**(20-40cm)**	**(40-60cm)**	**(0-20cm)**	**(20-40cm)**	**(40-60cm)**
Stade tallage-montaison	68 Mg du C/Kg du sol sec	17 Mg du C/Kg du sol sec	11.7 Mg du C/Kg du sol sec	92 Mg du C/Kg du sol sec	101 Mg du C/Kg du sol sec	60 Mg du C/Kg du sol sec

Les résultats montrent que la quantité du $C_{microbien}$ est faible en sol pivot (A) magnétisé qu'en sol pivot (B) non magnétisé. Ceci est dû probablement à la faible teneur en matière organique enregistrée dans les deux sols.

En général, la biomasse microbienne d'un sol agricole varie entre 0 et 800 mg C/kg (SALDUCCI, 2007).

En effet, la biomasse microbienne est considérée comme un indicateur des changements provoqués par la matière organique du sol (POWLSON et JENKINSON, 1981). La microflore du sol a besoin d'un ensemble de nutriments ou métabolites, organiques ou des éléments chimiques. En conditions pédoclimatiques comparables, la taille du compartiment biomasse microbienne est directement fonction du carbone disponible pour satisfaire les besoins énergétiques des microorganismes.

Il faut signaler, également, que la vie microbienne présente une activité réduite dans les sols sableux, le phénomène étant d'autant plus net que les terrains sont plus dégradés et pauvres en colloïdes. En effet, l'action directe des particules argileuses tient à leur effet protecteur des substances organiques par formation de complexes organo-minéraux moins accessibles à l'activité microbienne, ainsi la minéralisation de l'azote est ralentie par l'argile (CHELOUFI et JACQUIN, 2003).

En effet, les résultats obtenus concernant les effets de la salinité sur les espèces microbiennes, restent limités voire controversés. L'addition au sol de sels solubles a pour effet de diminuer l'activité microbienne, mais les valeurs seuils varient selon les auteurs.

La microflore totale n'est sensible que lorsque la conductivité électrique de l'extrait de pate saturée à 25 °C atteint 62 – 66 dS/m (DOMMERGUES, 1962). Alors que l'inhibition de l'activité microbienne est constatée à moins de 22 dS/m (FRANKENBERGER et BINGHAM, 1982), et qu'une diminution de l'activité microbiologique totale du sol est observée à des valeurs de salinité très faibles (moins de 1% de NaCl) (SINDHU et CORNFIELD, 1967 ; LAURA, 1974 in DELLAL et HALITIM, 1992). D'après SABAOU(1980), la salinité n'a pas d'effet sur la flore bactérienne, ce qui laisse supposer que cette dernière soit plus résistante aux sels. L'effet de la salinité ne commence à être évident que pour des valeurs plus élevées (supérieurs à 13 dS/m).

Cependant, nous avons enregistré des valeurs plus élevées en sol non magnétisé par rapport au sol magnétisé. Ainsi, le $C_{microbien}$ pour le sol pivot (A) magnétisé, est de 68 mg/Kg du sol sec dans la première couche (0-20cm), 17 mg/Kg du sol sec dans la deuxième couche (20-40cm) et 11.7 mg de C/Kg du sol sec dans la troisième couche (40-60cm). Alors que dans le sol pivot (B) non magnétisé, elle est de 92mg de C/Kg du sol sec dans la première couche, 101mg/Kg du sol sec pour la deuxième couche et 60 MG DE C/KG du sol sec pour la

dernière couche. Ces dernières valeurs concernant le sol non magnétisé corroborent ceux de KARABI (2017) sur le même sol (96.14mg de C/Kg du sol sec).

L'analyse de la variance à deux facteur (Annexe 19) montre une différence hautement significative entre les trois profondeurs la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. Il y a une différence hautement significative entre le sol pivot (A) magnétisé et le sol pivot (B) non magnétisé, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05. L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative, la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,0001 au seuil α=0,05.

On a remarqué que la quantité de la biomasse microbienne du sol pivot (A) magnétisé est inférieure à celle de pivot (B) non magnétisé. Cette diminution est dû probablement à l'effet de la magnétisation de l'eau.

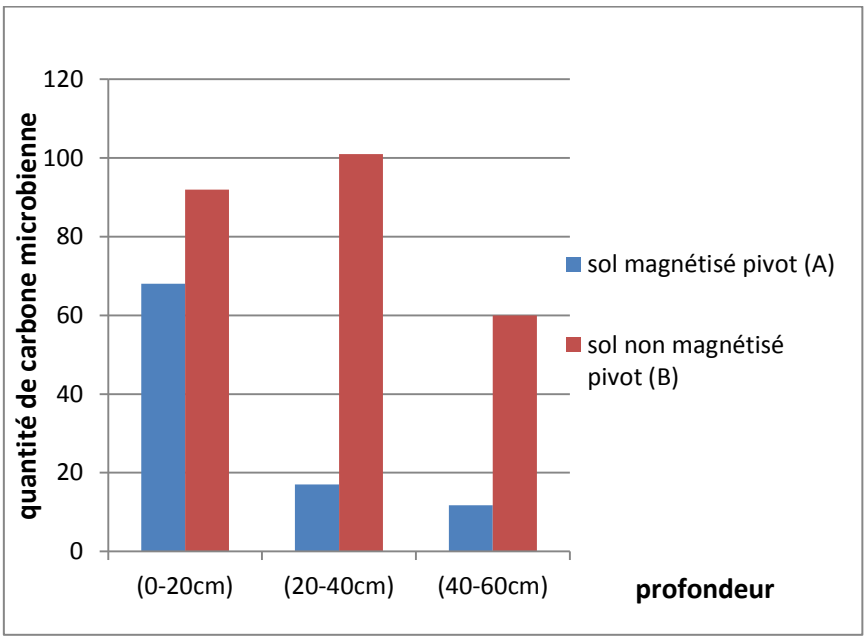


Figure 22. Evolution de la biomasse microbienne en fonction de la profondeur pour le sol pivot (A) magnétisé et sol pivot (B) non magnétisé.

4. Etude de l'eau d'irrigation

Tableau 7.Résultats des analyses chimiques de l'eau du forage magnétisé et non magnétisé

Nom de l'echantillon	Na^+ (meq/l)	K^+ (meq/l)	Ca^{++} (meq/l)	Mg^{++} (meq/l)	SO_4^{--} (meq/l)	Cl^- (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	CE 25^0 C (dS/cm)	SAR	pH
Eau magnétisé	18.01	0.42	6.73	19.8	32.8	0.02	5.37	5.02	5.16	7.31
Eau nom magnétisé	21.5	0.42	8.84	20.4	28.16	0.02	6.04	5.13	5.5	7.41

La caractérisation physicochimique de l'eau du forage magnétisé et non magnétisé montre que :

- **pH :** selon l'échelle (Aubert, 1989) le pH de forage magnétisé est neutre, elle est de 7,31 alors que pour le forage non magnétisé le pH est légèrement alcalin elle est de 7,41 (tableau 07).

- **CE :**selon l'échelle de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009) la conductivité électrique du forage magnétisé et non magnétisé est extrêmement salé. Soit 5,02 dS/m pour le forage magnétisé et 5,13dS/m pour le forage non magnétisé (tableau 07).

- **SAR** : Pour le forage magnétisé le SAR est de 5.16 alors que pour le forage non magnétisé il est de 5,5dS/m. (figure 23).

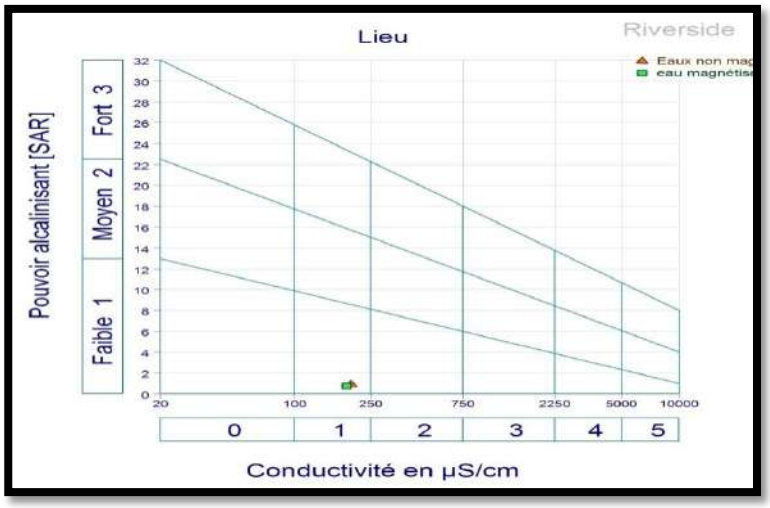


Figure 23. Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (SAR).

Selon le diagramme de RICHARDS le pouvoir alcalinisant des échantillons de l'eau est faible. Selon la classification de DURAND(1983), de salinité des eaux, l'eau magnétisée

et non magnétisée appartient de la classe C1 donc ce sont des eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols, avec peu de chances d'apparition de salinité dans le sol. Un léger lessivage est nécessaire, mais il se produit en irrigation normale sauf en sol très peu perméable.

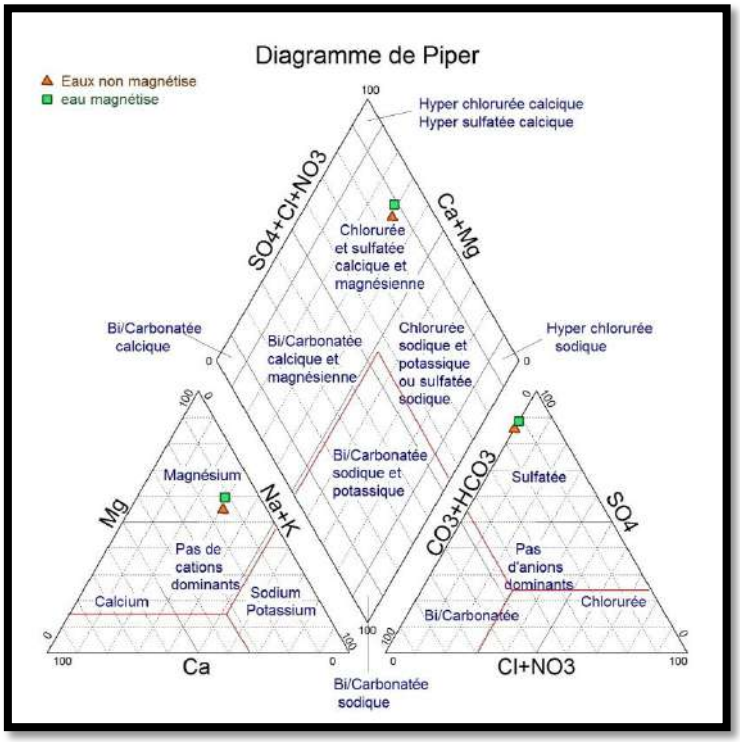


Figure 24. Présentation triangulaire des eaux échantillonnées, diagramme de PIPER

- **Faciès chimique**

Selon le diagramme de Piper le faciès chimique des échantillons de l'eau est sulfaté magnésien (figure 24).

On constate que le magnétisme de l'eau n'a pas un effet direct sur le pH et la salinité de l'eau des deux forages.

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre travail de recherche sur l'effet de l'utilisation du procède magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol sous pivot dans la région de Hassi Ben Abdellah – wilaya de Ouargla, il nous a été possible grâce aux moyens dont nous avons pu disposer, d'éclaircir tant que possible et d'étudier l'effet de l'utilisation de cette technique et son impact sur le sol.

Nonobstant le manque et l'indisponibilité des études qui confirment ou infirment l'effet positif du procède magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation sur le sol de notre région d'étude. Les agriculteurs utilisent cette technique, qui restitue à l'eau ses qualités énergétiques et vitales et permet d'obtenir une eau hautement énergisée.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus, nous ont permis de retenir ce qui suit :

- La magnétisation entraine une légère diminution de pH alors qu'elle n'a pas un effet direct sur la conductivité électrique, le SAR, le calcaire total et la MO.
- Pour la composition minéralogique, on constate que la magnétisation n'a pas un grand effet sur la concentration des cations et des anions du sol.
- Selon le diagramme de Piper le faciès chimique du sol pivot (A) et pivot (B) est sulfaté-magnésien.
- L'irrigation du sol par une eau magnétisée diminue la biomasse microbienne du sol.
- En revanche, dans le sol irrigué par eau non magnétisée la conduite d'irrigation reste insuffisante pour lessiver les sels des sols.
- Parallèlement, les résultats liés aux paramètres du rendement sont décisifs en irrigation magnétisée.
- Les résultats de cette étude confirment que l'utilisation de magnétisation d'eau pour la céréaliculture dans la région d'Ouargla est une alternative pour l'amélioration du rendement.

Pour compléter ce travail, nous suggérons que la même étude soit répétée dans d'autres parcelles avec un nombre d'échantillons plus élevée dans les mêmes conditions (même culture, même période d'échantillonnage) et dans d'autres régions pour cerner le degré de généralisation de ces résultats.

Références Bibliographiques-

Références bibliographiques

ABDELNEBI Abdelkarim2017, L'effetde l'irrigation par l'eau magnétisée sur trois cultures (L'orge, la fève et l'haricot) **mémoire Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem p15**

ALI, Y., SAMANEH, R., &Kavakebian, F. (2014). Applications of magnetic water technology in farming and agriculture development: a review of recent advances. Current World Environment, 9(3), 695.article Downloaded 29 Jun 2011 to 194.146.150.132. Redistribution subject to ASCE license or copyright.Visithttp://www.ascelibrary.org

AUBERT, G. (1983). Transformation du paysage sous l'influence de modifications du sol dues à l'action de l'homme. *Comptes Rendus de la Société de Biogéographie*, *59*(1), 121-126.

AUBERT G. (1978) Méthodes d'analyses des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille, 191p.

BADRAUOI, M., Agbani, M., et Soudi B., 2000. Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux'. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat. Maroc. 11p.

BAIZE D. (2000) Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation Interprétation. 2eme Ed INRA, Paris, 257p.

BEBBA, S., 2011. Essai de comportement de deux variétés de blé dur (TritucumdurumL.var.Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mémoire d'ingénieur. UKM Oaurgla. 70 P.

BEN SAADIA M. et GHEBBACHE M. (2014) étude quantitative des forages d'AEP de la vallée de Oued Rhig : variation des teneurs en fluorure en fonction de la piézométrie, mémoirede master en hydraulique université KasdiMerbeh Ouargla.

BEKKAIR A, DRENIMI MAHAMAT, 1995. Etude de la production d'une variété de blé tendre en zone saharienne, Mémoire ing. I.n.f.s.a.s. Ouargla.47p.

BOULAINE, J. "sols Calfersiques." *Cahiers-Office de la recherche scientifique et technique outre-mer. Pedologie* (1978).

BOUALLA N., BENZIANE A., DERRICH Z., 2012. Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran). Journal of Applied Biosciences 53: PP 3787 – 3796.

BOUKHALFA, 2015.La céréaliculture dans les zones arides : Etat des lieux et perspectives. Ouargla, (10/03/2015), pp2-3.

BOUTOUIL A, 2018., Contribution à l'étude d'expérience de la culture des céréales (blé tendre-variété hiddab) sous pivot par l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de désalinisation de l'eau d'irrigation dans la région de Hassi Ben Abdellah – wilaya d'Ouargla, mémoire d'universitéKasdiMerbah, Ouargla, 29p.

CAI R., YANG H.; He J. et Zhu W. (2009). The Effects of Magnetic Fields on Water Molecular Hydrogen Bonds. Journal of Molecular Structure 938:15-19.

CARBONELL, MV, E. Martinez, JM Amaya., 2000. La stimulation de la germination du riz(Oryzasativa L.) , par un champ magnétique statique.Électro-Magnetobiol , 19 (1): 121-128.

CHAOUCHE, S., 2006. Développement agricole durable au Sahara. Nouvelles technologies et mutations socio-économiques : cas de la région de Ouargla. Thèse de doctorat université Aix Marseille p389

CHELOUFI H., Jacquin F., 2003.Influence du pédoclimat sur l'évolution des composés azotés présents dans les sols lorrains et leurs conséquences sur la qualité des eaux. Bulletin de l'Académie Lorraine des sciences 2003 42(1-4) ,63-83.

CHESWORTH, W., 2008. Encyclopedia of Soil Science, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902p.

CHINOUNE I., (2004)- Les effets induits par le P.N.D.A sur le développement de l'agriculture dans la wilaya d'Ouargla (cas de la région d'Ouargla), mémoire ingénieure agronomie, université KasdiMerbah, Ouargla, 37P.

CHAABANE S. et Benreda Z. (1997): inventaires des sols salés d'Algérie. ANRH Pédologie. 22p.

CPCS., 1967. Classification des sols. INRA, Paris. 96P.

DAOUD Y., HALITIM A., 1994. Irrigation et salinisation au Sahara Algérienne. Sècheresse Vol 5, N°3. PP 151-160.

DEKHINAT S., BENSAÏD R., BENSID Z., KOREIB F., MOUNA Y., 2009.analyse de la variabilité spatiale de la salinité des sols dans une palmeraie algérienne (Biskra, Algérie). Sciences& Technologie.N°31.PP9-14

DELLAL A. et Halitim, A., 1992.Activités microbiologiques en conditions salines : cas de quelques sols salés de la région de Relizane (Algérie). Cahiers Agricultures, 1, 335-340.

DOMMERGUES Y., 1962. Etude de quelques facteurs influant sur le comportement de la microflore du sol au cours de la dessiccation. Bio. Sol. ORSTOM. Collection de référence, juin 1965, N° 92.

DOUAIK, A., 2005. Evaluation of the space-time variability of soil salinity: Bystatistical, geostatistical, and bayesian maximum entropy methods. Doctor (Ph.D.) thesis, Universiteit Gent, 211 p.

DSA OUARGLA, 2018. Direction des Services Agricole de la wilaya de Ouargla .

DUARTE DIAZ, C. E., Riquenes, J. A., Sotolongo, B., Portuondo, M. A., Quintana, E. O., & Perez, R. (1997). Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Hortic. Abst, 69*, 494.

DURAND J.H., 1983. Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr.Boudin, Paris, 339 p.

FRANKENBERGER W.T. et Dick W.A., 1983.Relationships between enzymes activities and microbial growth and activity indices in soil. Soil Science Society of America Journal 47, 945-951.

FRANÇOIS L, 1986. Céréales et produits céréaliers en méditerranéen. Ed. Mont pallier, pp 81- 93.

FEILLET P, 2000. Le grain de blé. Composition, utilisation. Ed, INRA, paris, 308p.

GACEM et ABDELNEBI, 2017, Rapport de synthèse projet effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur trois plantes - test (haricot ; fève ; orge), INSID 2017, 51p

GIBAN M, MINIER B, MALVOSI R,. 2003. Stades du blé ITCF.ARVALIS. Institut du végétale, pp 68

GLEIZES F., 2016. Des chiffres et des céréales : L'essentiel de la filière, Ed, passion céréale, pp5-36.

HADRIA R., 2006. Adaptation et spatialisation des modèles stricts pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi-aride. Thèse de doctorat. université Cadi AYYAD Samlalia- Marrakech

HALITIM A., 1988. Sol des régions Aride d'Algérie. OPU. 384P.

HALITIM A., 1988- Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384p.xpérimentale de sable additionné d'argile, Thèse Doc. I.N.A. Paris, 384 p

HAMEDA E. S. (2014). Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (ViciaFaba L.) Plant. American Journal of Experimental Agriculture 4(4): 476-496. -

M. H., & HILAL, M. M. (2000). Application of magnetic technologies in desert agriculture.2.-effect of magnetic treatments of irrigation water on salt distribution in olive and citrus fields and induced changes of ionic balance in soil and plant. *Egyptian Journal of Soil Science (Egypt).*

INSID., 2008.Salinisation des sols dans le périmètre irrigué de la Mina (Relizane).

JABNOUN M., **Very Anne-Aliénor**, **Abdelly C.**, **Guiderdoni Emmanuel**. 2008. Rôle de transporteurs de sodium et de potassium chez le riz : analyse des propriétés fonctionnelles par électrophysiologie. In : Colloque "Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques chez les plantes", 30 juin au 3 juillet 2008,

Rennes, France : [Résumés]. AUF, Agrocampus Rennes. Montréal : AUF, Résumé, 120. Journées scientifiques du réseau Biotechnologies végétales. 11, Rennes, France, 30 Juin 2008/3 Juillet 2008.

KARMOUS C., 2007. Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (TriticumdurumDesf.) : aspects physiologiques, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. INAT, Tunis: 211p

KHADRAOUI A., 2007. Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. Caractérisation-Contraintes et propositions d'aménagement. 324p.

LALLEMAND A., 1980. Aménagement des sols salés, irrigation avec des eaux salées. Etude documentaire. PP 1-31.

LIN I et YOTVAT J. 1989. Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction: effects on grapefruit. AlonHanotea. 43: 669-674.

MAAS E. V et POSS J.A., 1989. Salt sensitivity of wheatat different growth stages.Irrig. Sci. pp29-40.

MARMOUD A., 2006. Maitrise de la salinité des sols. Coure physique du sol. 14P

MARWENI.H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate.

MATHIEU C. et PIELTAIN F. (2009) Analyse chimique des sols : méthodes choisies. 2éme édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. 317 p.

MGHEZZI CHAA K ., 2009. Calcul et optimisation d'un mini pivot d'irrigation. Mémoire de magister, option : construction mécanique, université Mohamed khi der, Biskra, 113p

MORAND. D.T. (2001) Soil landscape of the woodburn 1:100000 sheet. Department of land and water conservation, Sydney. pp 271-273.

MORSLI B., 2007. Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols: cas des zones côtières d'Alger Est. Actes des JSIRAUF.

ONFAA, 2017 (observatoire nationale des filières agricoles et agroalimentaires), note de conjoncture n11 novembre 2017, le commerce international des céréales, 5p .

PANG X.F. et DENG B. (2008). The Change of Macroscopic Features and Microscopic Structures of Water Under Influence of Magnetic Field. Physica B 403: 3571- 3577. Parsons S. A., Judd S. J., Stephenson T., Udol S. et Wang B.L. (1997). Magnetically Augmented Water Treatment, Institution of Chemical Engineers, Vol 75, Part B, May 1997.

POWLSON D.S. et JENKINSON D., 1981. A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils. J. Agric. Sci. 97, 713-721

RICHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.USDA Agricultural Handbook 60, Washington, USA, p. 160.

ROLLAND L, 1981. Étude du CEMAGREF: la mécanisation de l'irrigation par aspersion, tome 2, n° 481. BORDEAUX, pp 65-126.

ROUVILLIOS B. M., 1975. Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Pub. Dépt. Géo., Univ. Sarbonne, Paris, T. 2, 316p.

SABAOU N., 1988. Contribution à l'étude des Actinomycètes des sols des palmeraies algériennes : systématiques et écologie. Thèse Doctorat. Es, Sci, nat, Univ, Alger, 191p.

SAIYOURI N ,BARBISAN N ,DE SEVIN H,GABARROT F,LE GAC T,RYSAK Q , ULLMANN C, (la consultation 17/02/2018) Méthode d'irrigation en milieu aride,2012

SALDUCCI X., 2007.Qualité des matières organiques des sols : une nouvelle génération d'analyses de routine. 8èmes journées de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER,1- 9.

SERGE M., 2004. Evolution des systèmes d'irrigation et gestion de la salinité des terres irriguées. CIRAD-AMIS, TA 40/01, 34398 Montpellier Cedex 5, France. pp11

SERVANT.j, 1975- Contribution à l'étude des sols halomorphe. L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-Ouest de la France. Thèsedoct, Univ Montpellier, 2 tomes, 200p.

SMIRNOV J.V. (2003). The Effect of a Specially Modified Electromagnetic Field on the Molecular Structure of Liquid Water.Global Quantec. Inc.(U.S.A): 122-125.

SOUGUIR D., JOUZDAN O., KHOUJA M L., HACHICHA M., 2013. Suivi de la croissance d'Aloevera en milieu salin : Parcelle de KalaatLandelous (Tunisie). Etude et Gestion des Sols. Vol 20. PP 19-26.

TAHRAOUI S.,2016. Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge *(Hordiumvulgare)* et de blé dur (*Triticumdurum).* Mémoire université Mohammed KhiderBeskra.

TROMBLIN G., 2000. Comportement auto-écologique de Halopeplisamplexicaulis : Plante pionnière des Sebkha de l'ouest Algérien. Sciences et changement planétaires. Sécheresse. Vol 11, N°2. P P109-116.

Annexes

Annexes

Annexe 1. SAR et degrés d'alcalinisation des sols (SERVANT, 1975).

SAR	Degréd'alcalinisation
SAR≤4	Basse d'alcalinisation
4 < SAR ≤ 8	Faible d'alcalinisation
8 < SAR ≤12	Alcalinisation moyenne
12 < SAR ≤8	Alcalinisation forte
< 18	Alcalinisation intense

Annexe 2 . Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

CE e1:5 à 25 °C	Classe de salinité
CE e 1:5≤ 0,6	Non salé Extrêmement sale
0,6 < CE e 1:5 ≤ 1	Légèrement sale
1 < CE e 1:5 ≤ 2	Salé
2 < CE e 1:5 ≤ 4	très sale
CE e 1: 5 > 4	Extrêmement sale

Annexe 3. Echelle d'interprétation de pH extrait 1/5 (AUBERT, 1978).

Valeur du pH	Classe
< 4,5	Extrêmementacide
4,5-5,0	Trèsfortementacide
5,1-5,5	Fortementacide
5,6-6,0	Moyennement acide
6,1-6,5	Légèrement acide

6,6-7,3	Neutre
7,4-7,8	Légèrement alcalin
7,9-8,4	Moyennemen talcalin
8,5-9,0	Fortement alcalin
>9,0	Très fortement alcalin

Annexe4 .L'échelle de MO % (MORAND, 2001)

MO%	**Nom de classe**
0.5 à 1 %	Très faible en MO
1 à 2 %	Faible en MO
2 à 3 %	Moyenne (ou modérée) en MO
3 à 5 %	Elevée en MO
> à 5 %	Très élevée en MO

Annexe 5. Echelle de calcaire totale (BAIZE, 2000).

CaCO3	**Horizon**
≤ 1 Horizon	non calcaire
1< CaCO3 <5	Horizon peu calcaire
5< CaCO3< 25	Horizon modérément calcaire
25 < CaCO3 <50	Horizon fortement calcaire
50 < CaCO3 <80	Horizon très calcaire
≥ 80 Horizon	Excessivement calcaire

Annexe 6 . Classification de DURAND(1983), de salinité des eaux.

- C1 - CE 25° C < 250 micromhos/cm/cm	Eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols, avec peu de chances d'apparition de salinité dans le sol. Un léger lessivage est nécessaire, mais il se produit en irrigation normale sauf en sol très peu perméable.
- C2 - CE 25° C comprise entre 250 et 750 mrcromhos/cm/cm	Eaux utilisables avec un léger lessivage. Les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent pousser dans la plupart des cas, sans pratique spéciale de contrôle de la salinité
- C3 - CE 25° C comprise entre 750 et 2 250micromhos/cm/	Eaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.
- C4 - CE 25° C > 2 250 micromhos/cm/cm	Eaux inutilisables normalement pour l'irrigation Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau d'irrigation sera appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

Annexe 07. Analyse de variance pH avant semis.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	0,075	0,038	3,596	0,060
Magnétisme	1	0,019	0,019	1,843	0,200
prof*Magn	2	0,176	0,088	8,386	0,005

Annexe 08. Analyse de la variance pH stade tallage-montaison.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	0,110	0,055	11,231	0,002
Magnétisme	1	0,030	0,030	6,056	0,030
prof*Magn	2	0,019	0,010	1,985	0,180

Annexe09. Analyse de la variance pH après la récolte.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	0,067	0,034	33,247	< 0,0001
Magnétisme	1	0,157	0,157	155,077	< 0,0001
prof*Magn	2	0,002	0,001	1,104	0,363

Annexe10. Test de KRUKSALWALLIS de la CE avant semis.

K (Valeur observée)	13,478
K (Valeur critique)	14,067
DDL	7
p-value (bilatérale)	0,061
Alpha	0,05

Annexe 11. Test KRUKSAL WALLIS de la CE, stade tallage-montaison

K (Valeur observée)	15,878
K (Valeur critique)	14,067
DDL	7
p-value (bilatérale)	0,026
Alpha	0,05

Annexe 12. Analyse de la variance CE après la récolte.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	0,160	0,080	24,000	< 0,0001
Magnétisme	1	0,027	0,027	8,167	0,014
prof*Magn	2	0,058	0,029	8,667	0,005

Annexe 13. Test de KRUKSAL WALLIS de calcaire total avant semis

K (Valeur observée)	16,285
K (Valeur critique)	12,592
DDL	6
p-value (bilatérale)	0,012
Alpha	0,05

Annexe14. Analyse de la variance calcaire totale stade tallage-montaison

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	596,333	298,167	167,719	< 0,0001
Magnétisme	1	180,500	180,500	101,531	< 0,0001
Profondeur*Mag	2	1374,333	687,167	386,531	< 0,0001

Annexe 15. Test de KRUKSAL WALLIS de calcaire total, après la récolte

K (Valeur observée)	16,649
K (Valeur critique)	12,592
DDL	6
p-value (bilatérale)	0,011
Alpha	0,05

Annexe16 Test de KRUKSAL WALLIS de la MO avant le semis

K (Valeur observée)	10,962
K (Valeur critique)	18,307
DDL	10
p-value (bilatérale)	0,360
Alpha	0,05

Annexe 17. Analyse de la variance matière organique, stade tallage-montaison

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	1,211	0,605	15,167	0,001
Magnétisme	1	0,133	0,133	3,344	0,092
Profondeur*Mag	2	0,153	0,076	1,911	0,190

Annexe 18. Analyse de la variance matière organique, stade après la récolte

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	2	2,593	1,296	27,571	< 0,0001
Magnétisme	1	0,325	0,325	6,919	0,022
Profondeur*Mag	2	6,360	3,180	67,628	< 0,0001

Tableau 19. Analyse de la variance biomasse microbienne

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Profondeur	3	5841,306	1947,102	298,913	< 0,0001
Magnétisme	1	12364,118	12364,118	1898,101	< 0,0001
Profondeur*Mag	2	2554,894	1277,447	196,110	< 0,0001

Résumé

Au cours de cette étude, nous avons essayé de mettre en évidence l'effet de l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation sur les sols de la région Hassi Ben Abdellah – wilaya de Ouargla – à cet effet il nous a été possible de de réaliser une comparaison entre deux pivots, un pivot non associé à l'appareil de magnétisation de l'eau (pivot non magnétisé) et un pivot associé à cet appareil (pivot magnétisé).

Cette comparaison est articulée sur l'estimation de l'efficacité de l'appareil de magnétisation de l'eau par les analyses physico-chimique et microbiologiques du sol.Nous avons constaté que la magnétisation de l'eau d'irrigation entraine une légère diminution de pH alors qu'elle n'a pas un effet direct sur le SAR et la salinité du sol. En outre il y'a une diminution de la biomasse microbienne du sol Toutefois, les résultats de l'effet de magnétisation sur le rendement ont été toujours concluants.

MOTS CLES : procédé magnétique, désalinisation de l'eau, pivot, sol.

Summary

During this study, we have tried to highlight the effect of the use of the magnetic process of desalinization of irrigation water on the soils of the region Hassi Ben Abdellah - wilaya of Ouargla - for this purpose. We were able to make a comparison between two pivots, a pivot not associated with the water magnetizer (non-magnetized pivot) and a pivot associated with this device (magnetized pivot).

This comparison is based on the estimation of the efficiency of the water magnetization device by physicochemical and microbiological analyzes of the soil. We have noticed that the magnetization of irrigation water has an effect on pH, but it doesn't have a direct effect on and soil salinity and SAR, and electrical conductivity. In addition, there is a decrease in soil microbial biomass. However, the results of the magnetization effect on the yield have been always conclusive.

KEY WORDS: magnetism process, desalinization of water, pivot, soil.

ملخص

خلال هذه الدراسة، حاولنا تسليط الضوء على تأثير استخدام تقنية مغنطة المياه لتحلية مياه الري على تربة منطقة حاسي بن عبدالله–ولاية ورقلة–لهذا الغرض،تمكنا من إجراء مقارنة بين مرشين محوريين ،مرش محوري غيرموصول بجهاز مغنطة الماء (مرش محوري غيرممغنط) ومرش محوري مرتبط بهذا الجهاز (مرش محوريممغنط).

تستند هذه المقارنة إلى تقدير كفاءة جهاز مغنطة الماء من خلال التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكرو بيولوجية

للتربة. بينت النتائج ان مغنطة المياه أدت إلى انخفاض طفيف في نسبة حموضة التربة في حين انها لا تحتوي على تأثير مباشر على ملوحة التربة ونسبة ادمصاص الصوديوم ومع ذلك فإن نتائج تأثير مغنطة المياه على المردودية كانت دائما قاطعة.

الكلمات المفتاحية: الطريقة المغناطيسية، نزع أملاح (تحلية) المياه، رشاش محوري التربة.