

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : sciences de la nature et de la vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Gestion des agrosystèmes

Présenté par : **BOUTOUIL Abderrahmane**

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE D'EXPERIENCE DE LA CULTURE DES
CEREALES (BLE TENDRE – VARIETE HIDDAB) SOUS PIVOT PAR
L'UTILISATION DU PROCEDE MAGNETIQUE DE DESALINISATION DE
L'EAU D'IRRIGATION DANS LA REGION DE HASSI BEN ABDELLAH –
WILAYA DE OUARGLA**

Soutenu publiquement

Le : 26/06/2018

Devant le jury :

Président	:	Mr. CHELLOUFI Hamid	Pr.	UKM Ouargla
Encadreur	:	Mr. ZENKHRI Salah	M.C (B)	UKM Ouargla
Co-Encadreur	:	Mr. KARABI Mokhtar	M.C (B)	UKM Ouargla
Examineur	:	Mr. LADJICI Abdelkader	M.A (A)	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018



Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

A ma chère femme pour ses sacrifices et le soutien morale qu'elle n'a cessé de m'apporter, que Dieu nous la garde ;

A mes chers enfants Mohammed Raïd et Anis

Salah Eddine ;

A mes parents, ma sœur et mes frères ;

A mes grandes mères et grands-pères ;

A tous les membres des familles : BOUTOUIL

et BEN SAYAH ;

A tous mes amis surtout BENDAAS Youcef ;

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

Abderrahmane

Remerciements

Tout d'abord : louange à Allah, qui m'a guidé sur le tout droit chemin.

Au terme de ce modeste travail, je remercie en premier lieu, mon promoteur, Mr. ZENKHERI Salah, maître de conférences à L'université KASDI MERBAH - OUARGLA, pour avoir bien voulu superviser mon travail, je le remercie de vive voix pour ses conseils précieux et son aide inestimable et sa disponibilité le long de ce travail.

Je ne saurais exprimer ma profonde gratitude envers mon co-promoteur, Mr. KARABI Mokhtar, maître de conférences à L'université KASDI MERBAH - OUARGLA, qui a accepté de diriger ce travail et n'a ménagé aucun effort pour sa concrétisation.

Mes remerciements chaleureux vont également

A : Mr. CHELLOUFI Hamid, professeur à L'université KASDI MERBAH - OUARGLA, pour m'avoir honoré et accepté de présider le jury.

A : Mr. LADJICI Abdelkader, maître assistant à L'université KASDI MERBAH - OUARGLA, pour m'avoir honoré de juger mon travail et de faire partie du jury.

Je suis profondément reconnaissant à mes respectueux enseignants qui ont contribué à ma formation.

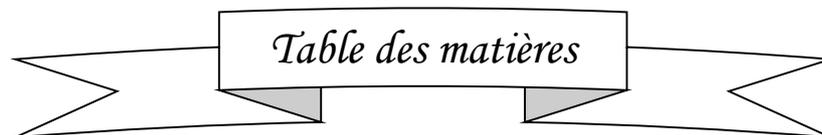
Je tiens à remercier aussi Melle. CHAOUCHE Saïda, pour ces orientations et ces conseils.

J'exprime mes reconnaissances particulières à Mr. HANNACHI Slimane, commissaire au développement de l'agriculture des régions sahariennes, et l'ensemble des collègues du CDARS surtout MM. MEHALLI Mustapha, SALHI Abdelkader, TIDJANI Sadok, ACHOURI Bachir, GUETTAA Smail, MOUMNI Rahim, LAHMADI Salah et BOUSSSIHA Abderrahmane, qui m'ont facilité énormément la tâche pour soutenir par leurs aides et leurs orientations.

Mes vifs remerciements à MM. BELKHALOUE et BABA HAMMOU, pour leur accueil et leur aide le long de l'année de l'expérimentation.

Sans oublier de remercier aussi Mr. KHIDOURI Yassine, sous-directeur chargé des semences et d'appui à la production à CCLS Ouargla ; et Mme. MESSAI Wassila, technicienne de laboratoire à l'ANRH Ouargla.

Et à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail.



	Page n°
Introduction	01
<i>Synthèse bibliographique</i>	
Chapitre n°01 : la culture de blé	
I. Origine et historique du blé dur et du blé tendre.....	05
II. Le cycle de développement du blé.....	05
II.1. La période végétative.....	06
A. La phase germination – levée.....	06
B. La phase levée – tallage.....	06
II.2. La période reproductrice.....	07
A. La phase montaison – gonflement.....	07
B. La phase épiaison – floraison.....	07
II.3. La période de formation et de maturation du grain.....	07
A. Grossissement du grain.....	07
B. Maturation du grain.....	08
III. Les conditions de culture.....	08
IV. Les différents stades de développement du blé.....	09
Chapitre n°02 : Situation de la Céréaliculture en Algérie	
I. La céréaliculture en Algérie.....	11
II. La céréaliculture dans la wilaya de Ouargla.....	12
II.1. Les superficies et les rendements.....	12
II.2. La céréaliculture sous pivot à Ouargla.....	14
II.3. La situation de labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla (campagne agricole 2017/2018).....	15
II.4. Statistiques des campagnes agricoles 2015/2016 et 2016/2017.....	17
A. Emblavures.....	17
A.1. Globale.....	17
A.2. Programme de production de semences.....	17
B. Distribution des semences.....	17
C. Distribution des engrais.....	18
D. Collecte réalisée.....	18
E. Situation de la collecte réalisée par daïra (campagne 2016/2017).....	18

Chapitre n°03 : Généralités sur le système d'irrigation par pivot

I. Système d'irrigation par pivot.....	19
II. Descriptif technique	19
III. Principe de fonctionnement	20

Chapitre n°04 : Le procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation

I. Les eaux qui agissent sur le processus vivant	21
I.1. Les pluies d'orage.....	21
I.2. L'exposition au soleil.....	22
I.3. L'eau des Hunzas.....	22
II. L'eau magnétisée	22
II.1. Définition.....	22
II.2. Les propriétés de l'eau magnétisée	23
II.3. Les effets de l'eau magnétisée.....	23
A. Action sur l'organisme humain.....	24
B. Action sur les animaux.....	24
C. Action sur les plantes.....	24
III. La salinisation des sols.....	25
III.1. Les effets de la salinisation sur les plantes	25
III.2. Les effets de la salinisation sur la croissance.....	26
A. Les effets sur l'eau dans la plante.....	26
B. Les effets sur les pigments photosynthétiques.....	26
C. Les effets sur la photosynthèse.....	27

Partie expérimentale

Chapitre n°01 : Présentation de la région d'étude

I. Présentation de la région d'étude.....	29
I.1. Situation géographique.....	29
I.2. Répartition de la superficie agricole totale (SAT).....	29
I.3. Nombre d'exploitations agricoles.....	30
II. Caractéristiques générales du milieu d'étude.....	30
II.1. Données météorologiques.....	30
A. Température	31
B. Précipitations	31
C. Humidité relative.....	32
D. Evaporation.....	32
E. Vent.....	32

F. Durée d'insolation	32
II.2. Synthèse climatique et l'étage bioclimatique de la région.....	33
A. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	33
B. Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	34
C. L'indice d'aridité de DEMARTONNE.....	35
II.3. Ressource en sol.....	36
II.4. Ressources hydriques	36
A. La nappe phréatique	36
B. Le Complexe Terminal	36
C. Le Continental Intercalaire (Nappe albienne).....	36
Chapitre n°02 : Protocole expérimental	
I. Situation géographique du site d'expérimentation.....	37
II. Dispositif expérimental	38
Chapitre n°03 : Matériel et méthodes	
I. Matériel d'expérimentation.....	40
I.1. Outil de labour et matériel de traction	40
I.2. Matériel de semis	40
I.3. Matériel de comptage	41
I.4. Matériel d'irrigation.....	41
I.5. Appareil de désalinisation de l'eau.....	42
I.6. Le sol	43
I.7. Le végétal.....	43
I.8. La qualité de l'eau d'irrigation.....	45
A. Acidité de l'eau (pH).....	46
B. Salinité de l'eau de la nappe.....	46
C. Bilan ionique.....	47
I.9. La fertilisation.....	47
I.10. Logiciel de traitement et d'analyse statistiques des résultats.....	47
I.11. Logiciel de traitement des résultats des analyses de l'eau.....	47
II. Méthodes d'expérimentation.....	48
II.1. Tests d'évolution de la température de l'eau.....	48
A. Test de réchauffement de l'eau.....	48
B. Test de refroidissement de l'eau	48
C. Test de congélation de l'eau.....	48
II.2. Les prélèvements du sol.....	

II.3. Le taux de germination de la semence (test germinatif).....	49
II.4. Le comptage du végétal	50
II.5. Quelques caractères morphologiques de la plante	51
A. Hauteur de la plante	51
B. Longueur des épis sans barbes	51
II.6. Paramètres de calcul du rendement	51
A. Echantillonnage.....	51
B. Poids de 1000 grains en (g)	52
C. Le rendement	52

Résultats et discussions

I. Analyses du sol.....	54
II. Analyses chimiques de l'eau.....	56
II.1. Etude de l'efficacité de l'appareil de magnétisation.....	62
A. Analyse chimique de l'eau du forage magnétisé.....	62
III. Tests d'évolution de la température de l'eau.....	62
III.1. Test de réchauffement d'eau	63
III.2. Test de refroidissement de l'eau	63
III.3. Test de congélation de l'eau.....	64
IV. Taux de germination de la semence.....	65
V. Quelques caractères morphologiques de la plante.....	65
V.1. Hauteur de la plante	65
V.2. Longueur des épis sans barbes	67
V. Paramètres de calcul du rendement	68
VI.1. Nombre de plants / m ² (Stade levée).....	68
VI.2. Nombre de talles / m ² (Stade tallage).....	69
VI.3. Nombre de talles / plant (coefficient de tallage).....	70
VI.4. Nombre d'épis / m ² (Stade épiaison).....	71
VI.5. Nombre de grains / épi (Stade maturité).....	72
VI.6. Rendement.....	73
Conclusion.....	75
Références bibliographiques.....	78
Annexes.....	84

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
CCLS	Coopérative des Céréales et des Légumes Secs
CDARS	Commissariat au Développement de l'Agriculture des Régions Saharienne
CE	Conductivité Electrique
DSA	Direction des Services Agricoles
EAI	Exploitation Agricole Individuelle
ESP	Pourcentage d'Echange du Sodium
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
g	Gramme
H	Heure
Ha	Hectare
INPV	Institut National de Protection des Végétaux
INSID	Institut National du Sol Irrigation et Drainage
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
Kg	Kilogramme
Km	Kilomètre
min	Minute
meq/l	Milliéquivalent / litre
mg/l	Milligramme / litre
mm	Millimètre
μ S/cm	Micro siemens / centimètre
mS/cm	Milli siemens / centimètre
MREE	Ministère des Ressources En Eau
MO	Matière Organique
pH	Potentiel Hydrogène
PMG	Poids de 1000 Grains
Qx	Quintaux
RS	Résidus Secs
SAR	Sodium Adsorption Ration
OAIC	Office Algérien Interprofessionnel de Céréales
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONFAA	observatoire nationale des filières agricoles et agroalimentaires
ONM	Office National de Météorologie
TDS	Total des Solides Dissous

Liste des tableaux

	Page n°
Tableau n° I : Superficies, production et rendements dans la wilaya de Ouargla.....	13
Tableau n° II : Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla.....	15
Tableau n° III : Situation du labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla.....	16
Tableau n° IV : Superficies globales emblavées dans la wilaya de Ouargla.....	17
Tableau n° V : Superficies destinées pour le programme de production des semences dans la wilaya de Ouargla.....	17
Tableau n° VI : Quantités des semences distribuées dans la wilaya de Ouargla.....	17
Tableau n° VII : Quantités des engrais distribués dans la wilaya de Ouargla.....	18
Tableau n° VIII : Collecte réalisée dans la wilaya de Ouargla.....	18
Tableau n° IX : Collecte réalisée par daïras dans la wilaya de Ouargla.....	18
Tableau n° X : Données climatiques de la région de Ouargla (moyennes enregistrées sur une période de dix ans de 2008 à 2017).....	30
Tableau n° XI : Pluviométrie et les températures moyennes mensuelles.....	34
Tableau n° XII : Coordonnées géographiques.....	39
Tableau n° XIII : Dates de comptage du végétal.....	50
Tableau n° XIV : Résultats obtenus après les analyses de base.....	54
Tableau n° XV : Résultats des analyses chimiques de l'eau.....	56
Tableau n° XVI : Résultats des analyses chimiques de l'eau du forage magnétisé.....	62
Tableau n° XVII : Dénombrement des plantules germées (Taux de germination).....	65

Liste des figures

	Page n°
Figure n° 01 : Différents stades de développement du blé.....	09
Figure n° 02 : Superficies, production et rendements dans la wilaya de Ouargla	14
Figure n° 03 : Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla.....	15
Figure n° 04 : Situation du labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla.....	16
Figure n° 05 : Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement.....	23
Figure n° 06 : Situation géographique de la région d'étude.....	29
Figure n° 07 : Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla.....	34
Figure n° 08 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (La pluviométrie et les températures moyennes mensuelles).....	35
Figure n° 09 : Image satellitaire du dispositif expérimental.....	39
Figure n° 10 : Triangle de texture du sol du pivot non magnétisé.....	55
Figure n° 11 : Triangle de texture du sol du pivot magnétisé.....	55
Figure n° 12 : Représentation linéaire de la minéralisation globale RS (mg/l) en fonction de la conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) des 5 échantillons	57
Figure n° 13 : Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (SAR)..	58
Figure n° 14 : Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (ESP)..	59
Figure n° 15 : Présentation triangulaire des eaux échantillonnées, diagramme de PIPER..	59
Figure n° 16 : Diagramme logarithmique des eaux échantillonnées, Diagramme de SCHOLLER-BERKALOFF.....	60
Figure n° 17 : Diagramme de COLLINS ou STABLER.....	61
Figure n° 18 : Evolution de la température dans le test de réchauffement de l'eau.....	63
Figure n° 19 : Evolution de la température dans le test de refroidissement de l'eau.....	63
Figure n° 20 : Evolution de la température dans le test de congélation de l'eau.....	64
Figure n° 21 : Hauteur moyenne des plantes.....	65
Figure n° 22 : Longueur moyenne des épis.....	67
Figure n° 23 : Nombre de plants / m^2	68
Figure n° 24 : Nombre de talles / m^2	69
Figure n° 25 : Coefficient de tallage (nombre de talles /plant).....	70
Figure n° 26 : Nombre d'épis / m^2	71
Figure n° 27 : Nombre de grains /épis.....	72
Figure n° 28 : Rendement théorique et le rendement pratique.....	73
Figure n° 29 : Cercles de corrélation entre les variables quantitatives (08 individus et 10 variables) - Plan 1-2 et Plan 1-3.....	77
Figure n° 30 : Représentation des individus et des variables sur les plans 1-2 et 1-3 de l'analyse en composantes principales (08 individus et 10 variables).....	78

Liste des photos

	Page n°
Photo n° 01 : Céréaliculture sous pivot.....	20
Photo n° 02 : Cultivateur à dent avec rouleau.....	40
Photo n° 03 : Semoir en ligne.....	40
Photo n° 04 : Carré en bois utilisé pour le comptage.....	41
Photo n° 05 : Pivot utilisé pour l'irrigation.....	41
Photo n° 06 : Appareil de désalinisation de l'eau.....	42
Photo n° 07 : Fiche publicitaire de l'appareil de désalinisation de l'eau.....	42
Photo n° 08 : Tarière utilisée pour l'échantillonnage du sol.....	43
Photo n° 09 : Semence HIDDAB (HD 1220).....	45
Photo n° 10 : Certificat agréage de la semence HIDDAB (HD 1220).....	45
Photo n° 11 : Test de réchauffement de l'eau.....	49
Photo n° 12 : Test de germination de la semence (après 1 jour).....	50
Photo n° 13 : Test de germination de la semence (après 10 jours).....	50
Photo n° 14 : Carré en bois au cours du comptage (stade maturité).....	51

Liste des annexes

	Page n°
Annexe n° 01 : Tableau du poids de 1000 grains de la semence (en g).....	84
Annexe n° 02 : Tableau du taux de germination - 1 ^{er} jour (07/03/2018).....	84
Annexe n° 03 : Tableau du taux de germination - 2 ^{ème} jour (08/03/2018).....	84
Annexe n° 04 : Tableau du taux de germination - 6 ^{ème} jour (11/03/2018).....	84
Annexe n° 05 : Tableau du taux de germination - 8 ^{ème} jour (13/03/2018).....	84
Annexe n° 06 : Tableau du taux de germination - 10 ^{ème} jour (15/03/2018).....	84
Annexe n° 07 : Tableau d'évolution de la température dans le test de réchauffement...	84
Annexe n° 08 : Tableau d'évolution de la température dans le test de refroidissement.	85
Annexe n° 09 : Tableau d'évolution de la température dans le test de congélation.....	85
Annexe n° 10 : Tableau du 1 ^{er} comptage - stade levée (nombre de plants / m ²).....	85
Annexe n° 11 : Tableau du 2 ^{ème} comptage - stade tallage (nombre de talles / m ²).....	85
Annexe n° 12 : Tableau du Coefficient de tallage (nombre de talles / plant).....	85
Annexe n° 13 : Tableau du 3 ^{ème} comptage - stade épiaison (nombre d'épis / m ²).....	85
Annexe n° 14 : Tableau du 4 ^{ème} comptage - stade maturité (nombre de grains / épi)...	85
Annexe n° 15 : Tableau du rendement théorique.....	86
Annexe n° 16 : Tableau du rendement pratique.....	86
Annexe n° 17 : Tableau des valeurs de la hauteur des plantes (en cm).....	86
Annexe n° 18 : Tableau des valeurs de la longueur des épis (en cm).....	86
Annexe n° 19 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de plants/m ²	87
Annexe n° 20 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de talles/m ²	87
Annexe n° 21 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de talles/plant (Coefficient de tallage).....	87
Annexe n° 22 : Tableau de l'analyse de variance du nombre d'épis/m ²	87
Annexe n° 23 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de grains/épi.....	87
Annexe n° 24 : Tableau de l'analyse de variance de la hauteur des plants.....	87
Annexe n° 25 : Tableau de l'analyse de variance du poids de 1000 grains.....	88
Annexe n° 26 : Tableau de l'analyse de variance du rendement théorique.....	88
Annexe n° 27 : Tableau de l'analyse de variance du rendement pratique.....	88

INTRODUCTION

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (SLAMA et *al.*, 2005).

Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (BAJJI, 1999).

L'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (CHELLALI, 2007).

Les prévisions de production mondiale toutes céréales confondues en 2017/2018 sont en hausse de 19 millions de tonnes d'un mois à l'autre, pour atteindre 2069 millions de tonnes. Les prévisions de stocks mondiaux ont atteint 497 millions de tonnes. Les prévisions de consommation sont de 2096 millions de tonnes, une légère hausse de 0,3% par rapport à la même période de l'an dernier. Quant aux échanges, ces derniers sont en hausse de 5 millions de tonnes par rapport au mois d'août, soit 358 millions de tonnes (ONFAA 2017).

La céréaliculture sous pivot au Sahara algérien a introduit quelque chose de radicalement nouveau, tant dans le paysage, la technique, que la finalité.

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 du maximum de ressources pour un maximum de rendement, le nombre de pivots a évolué et les superficies emblavées ont connu une extension remarquable. Le nombre de pivots est passé de 02 pivots en 1986 à 54 pivots en 1994 dont, 78 % étaient fonctionnels. Ainsi, la surface totale allouée à la céréaliculture sous centre pivots, est passée de 62 ha en 1986 à 1660 ha en 1994 avec 81 % de surface emblavée (CHAOUCH, 2006).

De type méditerranéen, le climat algérien se caractérise principalement par la variabilité intra et interannuelle des précipitations et du régime thermique. Les stress climatiques, comme le déficit hydrique, les températures extrêmes, deviennent très communs à mesure qu'on pénètre

à l'intérieur du pays. Ces stress affectent le développement et la production des cultures particulièrement la culture des céréales (NADJEM, 2012)

La salinité est l'un des plus grands problèmes, dans les environnements arides et semi-arides du monde. Elle est considérée comme l'une des principales contraintes environnementales auxquelles l'agriculture moderne est confrontée. Elle est reconnue comme l'une des menaces principales à la durabilité des périmètres irrigués de notre siècle (TABET, 1999).

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations (DAOUD *et* HALTIM, 1994). 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.

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.

Afin de répondre à ce besoin urgent d'économie de l'eau, de nouvelles techniques d'irrigation ont permis de passer des systèmes gravitaire et 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.

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). De nos connaissances, le travail sur cette technique constitue une ébauche dans la région.

Généralement, 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).

Dans ce contexte que s'inscrit notre travail de recherche, il s'agit d'étudier l'impact de l'application de cette nouvelle technologie sur la production végétale et le rendement d'une culture de blé tendre conduite sous pivot. Ce travail vise également de comparer les résultats obtenus pour un pivot associé à l'appareil de magnétisation de l'eau avec les résultats d'un pivot non associé à cet appareil dans la même région, avec une même variété de blé tendre, les mêmes conditions climatiques et une même conduite et techniques culturaux.

Synthèse bibliographique

Chapitre n°01 : la culture de blé

I. Origine et historique du blé dur et du blé tendre

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (HENRY et DE BUYSER, 2001).

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (FEILLET, 2000).

Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (DOUSSINAULT *et al.*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (BONJEAN, 2001 *in* BOULAL *et al.*, 2007).

En Algérie, LEON DUCCELLIER (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (LERY, 1982). Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (HENRY et DE BUYSER, 2001).

D'après SEARS (1954) et OKAMATO (1962) *in* AURIAU *et al.*, (1992), BELAID (1996), FEILLET (2000) et HENRY et DE BUYSER (2001), les deux espèces des céréales les plus cultivées sont :

- * le blé dur (*Triticum durum*) : AABB (2 n = 4 x = 28) Tétraploïde ;
- * le blé tendre (*Triticum aestivum*) : AABB DD (2 n = 6 x = 42) Hexaploïde.

II. Le cycle de développement du blé

Afin de caractériser le cycle de développement du blé, différentes échelles de notation ont été développées, portant soit sur des changements d'aspect externe, soit sur les modifications d'aspect interne des organes reproducteurs.

* L'échelle de JONARD et KOLLER, (1950) utilisée pour reconnaître les stades par des changements d'aspect externe (Levée - Montaison).

* L'échelle de ZADOKS et *al.*, (1974) utilisée pour reconnaître les stades par des modifications d'aspect interne (Différentiation de l'épi : Stade épi 1 cm) (GATE, 1995).

Le cycle biologique du blé est une succession de périodes subdivisées en phases et en stades.

II.1. La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux phases :

A. La phase germination – levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (GATE, 1995). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine.

Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (ELIARD, 1979). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (MASLE-MEYNARD, 1980). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée (EVANS et RAWSON, 1975).

B. La phase levée – tallage

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (MOULE, 1971). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (MASLE-MEYNARD, 1980).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (AUSTIN et JONES, 1975). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles. La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (GATE, 1995).

II.2. La période reproductrice

A. La phase montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis.

Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (CLEMENT-GRANCOURT et PRATS, 1971 in NADJEM, 2012). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

B. La phase épiaison – floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (GATE, 1995). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (MASLE-MEYNARD, 1980).

II.3. La période de formation et de maturation du grain

A. Grossissement du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain

s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10 à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (BOULELOUAH, 2002). A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade « grain laiteux ». L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées (BOULELOUAH, 2002).

B. Maturation du grain

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (GATE, 1995). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité) (GATE, 1995).

III. Les conditions de culture

La topographie du terrain doit être dégagée et légèrement onduleuse afin de fournir un drainage adéquat et faciliter l'utilisation de machines agricoles.

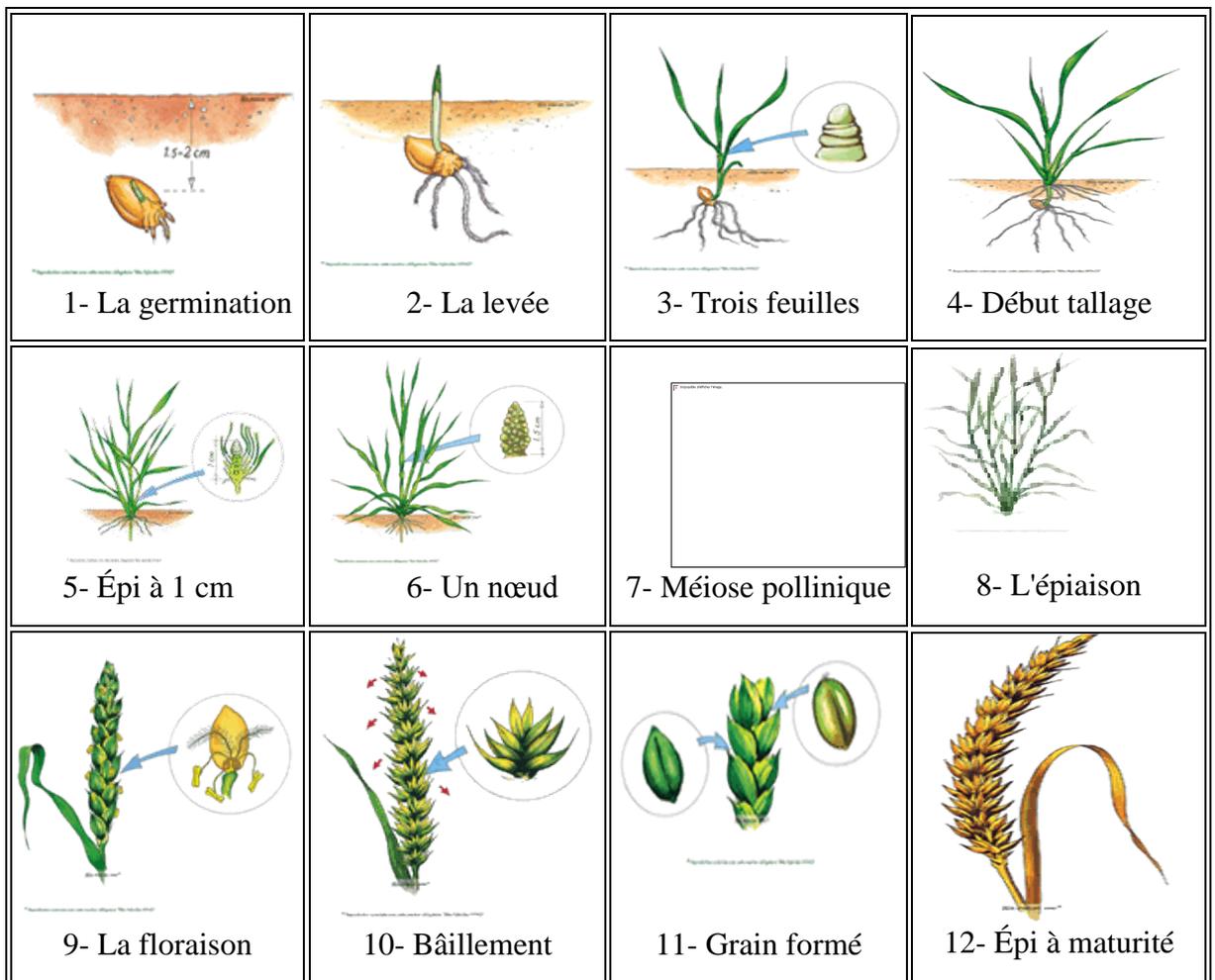
La préparation du sol est importante. La terre doit être nettoyée des mauvaises herbes, labourée afin de l'ameublir, de l'aérer et d'enfouir les éléments de surface et enfin enrichie au moyen d'engrais.

Pour l'ensemencement, le choix des semis à planter ainsi que la date à laquelle ils seront mis en terre revêtent une grande importance. Les recherches scientifiques sur le génome du blé, entre autres, ont permis la mise au point de variétés adaptées au besoin du marché en fonction de leur utilisation future et résistantes à certains virus. Pour le blé d'hiver par exemple, semer

trop tôt risquerait d'entraîner un levage précoce du blé qui pourrait conduire à l'interruption de sa croissance du fait des gelées.

Pour un bon développement du blé, la température est un facteur important. Elle doit être comprise entre 0°C et +20°C. L'idéal étant un temps chaud avant la croissance et des conditions d'ensoleillement au cours des étapes ultimes. Les précipitations peuvent varier entre 300 millimètres et 1000 millimètres par an, répartis de manière à fournir beaucoup d'eau à la plante durant sa période de croissance et de fines pluies vers la fin de manière à faire gonfler les grains (BOUTOUIL, 2007).

IV. Les différents stades du développement du blé



Source : (BOUTOUIL, 2007)

Figure n° 01 : Différents stades de développement du blé.

Le germe contenu dans les semis développe une première partie s'ancrant dans le sol pour former les racines et une autre pointant vers la surface, c'est la germination (fig. 1). La température minimale de germination des graines se situe entre 3 et 4°C. Contrairement à d'autres plantes, les racines des céréales ne pénètrent pas profondément dans le sol, elles sont disposées horizontalement. Les premières pousses sont visibles après 10 jours à peine, c'est la levée (fig. 2). La plante commence réellement sa croissance durant les mois d'hiver pour donner de petites pousses en fin de saison. A un même niveau de la tige et à la base de la plante se constitue une touffe herbacée, cette étape est appelée tallage (fig. 4). Commence alors la période dite de "montaison", phase pendant laquelle la plante pousse rapidement si le temps et l'humidité le permettent et au cours de laquelle elle met de nouvelles feuilles. Il convient, à ce stade, de la protéger contre les insectes et les maladies ainsi que de lui apporter une dose d'engrais à base de matières azotées. Fin mai l'épi se forme, c'est "l'épiaison" (fig. 8). La floraison ne débutera que lorsque la température dépassera les 14°C (fig. 9). La période de maturation des grains requiert de la chaleur et un temps sec, elle se fera dorénavant en plusieurs étapes, la maturité laiteuse (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin), la maturité jaune (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué), la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 15 à 16 %), le grain est mûr et prêt à être récolté (fig. 12), c'est alors la période des moissons.

Lors de la récolte, il faut faire attention à ne pas endommager les grains car c'est en fonction de leur bon état ainsi que de celui des sacs utilisés pour leur transport (qui doivent être traités en cas de besoin) et enfin du choix des entrepôts (qui doivent répondre à des conditions très strictes d'aération, de protection contre l'humidité et contre les attaques de tous ordres) que dépend leur bonne conservation. Toutes ces précautions sont d'autant plus importantes que les grains peuvent être stockés sur de longues périodes grâce à leur faible teneur en eau au moment de la récolte (BOUTOUIL, 2007).

Chapitre n°02 : Situation de la Céréaliculture en Algérie

I. La céréaliculture en Algérie

Quelques statistiques de la campagne agricole 2016/2017 (ONFAA, 2017) :

- La quantité de semences de céréales mobilisée est de 2,6 millions de quintaux dont 2,2 millions de quintaux commercialisée, soit au même niveau par rapport à la campagne écoulée.
- Les quantités d'engrais de fonds mobilisées par l'OAIC sont de 740 000 Qx, soit au même niveau par rapport à la campagne écoulée.
- Quant aux quantités d'engrais de fonds vendues sont de 574 500 Qx contre 613 045 Qx vendues à la même période de la campagne écoulée.
- Par ailleurs, la superficie emblavée en céréales au titre de cette campagne est de 3 509 000 ha contre 3 380 300 ha emblavée lors de la campagne écoulée, répartie comme suit :
 - Blé dur : 1 602 340 ha (soit une augmentation de 4,7% par rapport à la campagne écoulée),
 - Blé tendre : 515 600 ha (soit une diminution de 2,8 % par rapport à la campagne écoulée),
 - Orge : 1 303 260 ha soit une augmentation de 5,18% par rapport à la campagne écoulée).
- En ce qui concerne la campagne désherbage, les quantités de produits herbicides mobilisés par l'OAIC sont de 410 000 équivalents hectares dont 238 200 équivalents hectares sont commercialisés.
- En matière de réalisation, la superficie désherbée est de 879 240 ha contre 493 927 ha désherbée à la même période de l'année écoulée, soit une hausse de 78%.
- Pour l'engrais de couverture, la quantité mobilisée par l'OAIC est de 794 000 Qx contre 768 600 Qx à la même période de la campagne écoulée.
- Le niveau d'approvisionnement des agriculteurs en engrais de couverture auprès des CCLS a baissé de 4,5%. La superficie fertilisée en engrais azoté est de 833 695 ha contre 615 810 ha fertilisée à la même période de la campagne écoulée.

Les conditions climatiques qui ont sévi au cours de la campagne, ont eu un grand effet sur la baisse observée de la mobilisation des engrais.

Dans ce sens et suite aux conditions climatiques défavorables caractérisées par une absence de pluviométrie depuis le mois de février, et un début de printemps très chaud et sec (surtout l'Est algérien), un dispositif d'alerte à la sécheresse a été installé et 05 bulletins d'alerte à la sécheresse agro météorologique ont été émis pour 19 wilaya céréalières.

Ces conditions de sécheresse se sont prolongées durant la première quinzaine du mois de mai qui affiche un bilan pluviométrique déficitaire sur l'ensemble des wilayas, accompagné d'une élévation des températures.

Ce déficit pluviométrique est plus prononcé sur la région Est, les hauts plateaux et les plaines intérieures de l'Ouest.

Une superficie de 150 000 ha a été irriguée sur un objectif de 230 000 ha pour l'année 2017.

Les services du Ministère des Ressources en Eau (MREE), ont procédé à des lâchers d'eau pour l'irrigation au niveau des grands périmètres d'irrigation, sachant que les emblavures céréales au niveau de ces derniers sont estimées à 8 000 ha.

Selon l'Institut National de Protection des Végétaux (INPV), les traitements fongiques appliqués ont concerné particulièrement l'oïdium et la tache auréolée qui étaient les maladies les plus répandues et les plus observées sur tous les stades de développement de la céréale suivies par la septoriose, la fusariose, la rouille jaune et la rouille brune.

Par ailleurs, les infestations printanières du ver blanc des céréales ont enregistré une baisse remarquable durant cette campagne suite aux traitements des semences utilisées à travers les parcelles signalées et géo-référencées.

Les traitements engagés contre certains fléaux agricoles par les services de l'INPV durant cette campagne ont pu atteindre une superficie de 1 033.5 Ha traitée à travers 04 wilayas contre les punaises de la céréale et plus de 35 122 Ha appâté contre les rongeurs arvicoles à travers 24 wilayas.

II. La céréaliculture dans la wilaya de Ouargla

II.1. Les superficies et les rendements

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 causées par les changements des superficies destinées à la céréaliculture 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.

Tableau n° I : Superficies, production et rendements dans la wilaya de Ouargla.

Campagne agricole	Superficie en Ha.	Production en Qx.	Rendement en Qx
1995/1996	2060	38 067	18,48
1996/1997	1507	34 610	22,97
1997/1998	2008	47 000	23,41
1998/1999	1809	33 804	18,69
1999/2000	1232	27 366	22,21
2000/2001	1344	41 600	30,95
2001/2002	699	19 100	27,32
2002/2003	1229	40 052	32,59
2003/2004	530	15 420	29,09
2004/2005	131	4 326	33,02
2005/2006	230	6 300	27,39
2006/2007	242	6 875	28,41
2007/2008	165	4 950	30,00
2008/2009	324	9 360	28,89
2009/2010	436	8 143	18,68
2010/2011	340	4 783	14,07
2011/2012	325	7 913	24,35
2012/2013	373	4 554,4	12,21
2013/2014	307	5 996	19,53
2014/2015	308	11 271	36,59
2015/2016	934	25 615,60	27,43

(DSA OUARGLA, 2018)

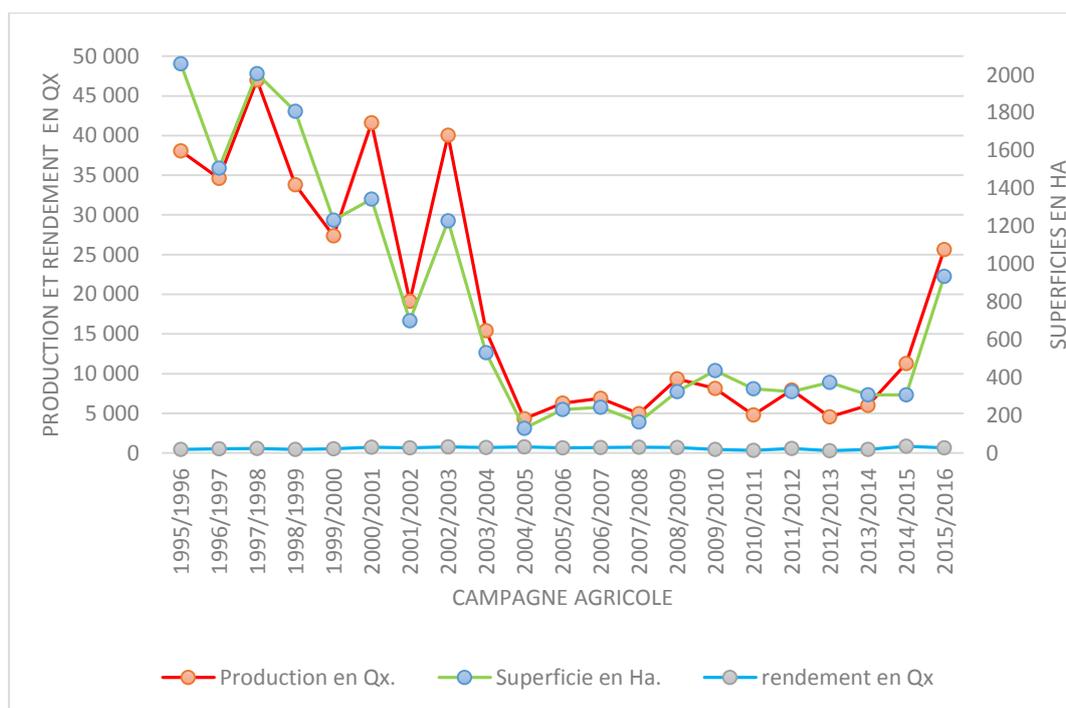


Figure n° 02 : Superficies, production et rendements dans la wilaya de Ouargla.

II.2. La céréaliculture sous pivot à Ouargla

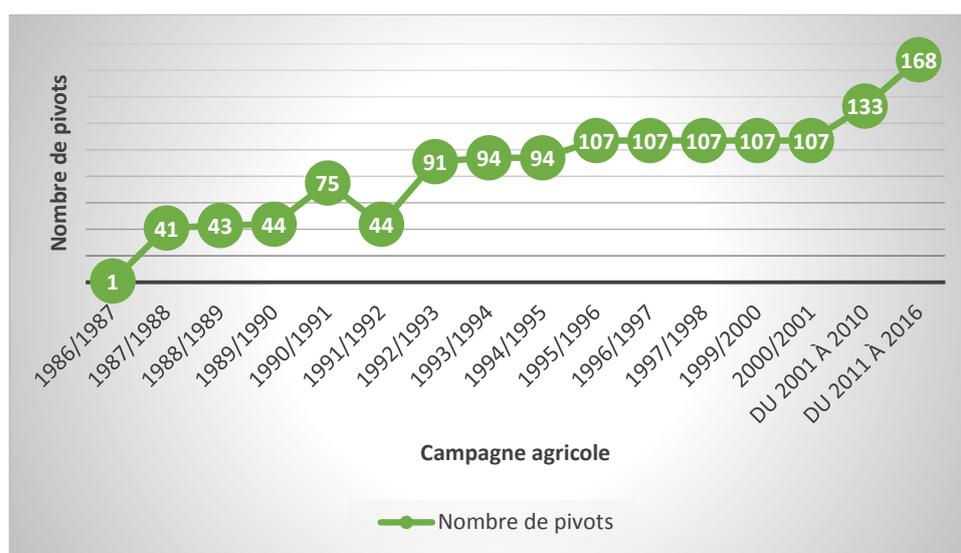
Dans la wilaya de Ouargla, le système d'irrigation par pivot a été introduit en 1986 par la coopérative des céréales et des légumes secs (CCLS), au niveau de la zone de Ain Zecar, localisée à 20 km au sud-est de la commune de Ouargla. Cette exploitation couvre une superficie de 50 ha avec un seul pivot. L'année suivante (1987), un autre projet a été réalisé par la société américaine Western Agri Management International (W.A.M.I) pour la réalisation des deux fermes pilotes dans les zones de Gassi Touil et de Fejet El-Baguel au sud de Hassi Messaoud. Ce grand projet s'inscrit dans le cadre de la mise en valeur agricole des régions sahariennes et couvre une superficie de 2080 hectares (DAOUD et HALITIM, 1994).

Le nombre de pivots a connu une évolution en hausse jusqu'à la campagne agricole 1991/1992, où il a marqué une baisse de 75 pivots à 44 pivots ; puis il a repris son évolution d'une année à une autre et atteint 168 pivots pour la campagne agricole 2016/2017.

Tableau n° II : Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla.

Campagne agricole	Nombre de pivots
1986/1987	01
1987/1988	41
1988/1989	43
1989/1990	44
1990/1991	75
1991/1992	44
1992/1993	91
1993/1994	94
1994/1995	94
1995/1996	107
1996/1997	107
1997/1998	107
1999/2000	107
2000/2001	107
Du 2001 à 2010	133
Du 2011 à 2016	168

(DSA OUARGLA, 2018)

**Figure n° 03 :** Nombre de pivots dans la wilaya de Ouargla.

II.3. La situation de labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla (campagne agricole 2017/2018)

Des grandes superficies dans les daïras de la wilaya de Ouargla sont destinées au blé dur avec une superficie de 2060 Ha, contre 547,5 Ha pour les autres cultures céréalières. Le blé tendre n'est semé que dans la daïra de Sidi Khouiled dans une superficie de 313 Ha.

Concernant le nombre de pivots, 40 sur 96 pivots sont concentrés aussi dans la daïra de Sidi Khouiled.

Tableau n° III : Situation du labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla

Daïra	Superficie de blé dur (Ha)	Superficie de blé tendre (Ha)	Superficie d'orge (Ha)	Superficie d'avoine (Ha)	Nombre de pivots
Hassi Messaoud	636	-	45	90	21
Ouargla	254	-	4,5	25	15
Sidi Khouiled	624	313	32	08	40
N'goussa	486	-	-	-	20
El Hadjira	60	-	30	-	-
Total	2 060	313	111,5	123	96
Total général	2 607,5				96

(CCLS OUARGLA, 2018)

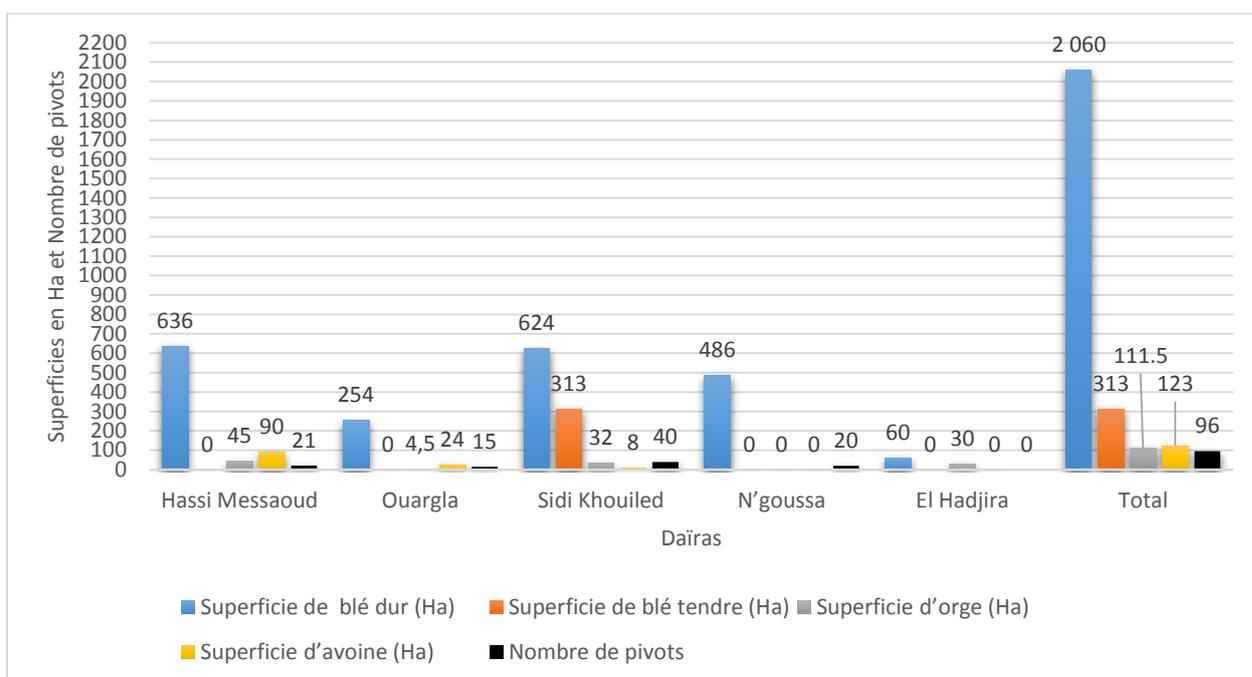


Figure n° 04 : Situation du labour semailles par daïras dans la wilaya de Ouargla.

Le total des superficies destinées pour le blé dur est supérieur à celles destinées aux autres céréales dans la wilaya ainsi que dans tous les daïras, et le nombre de pivots est plus important dans la daïra de SIDI KHOUILED.

II.4. Statistiques des campagnes agricoles 2015/2016 et 2016/2017

A. Emblavures :

A.1. Globale

Tableau n° IV : Superficies globales emblavées dans la wilaya de Ouargla.

Espèces	Campagne		Différence
	2015/2016	2016/2017	
Blé dur	710 ha	1854 ha	+ 1144 ha
Blé tendre	30 ha	15 ha	- 15 ha
Orge	185 ha	115 ha	- 70 ha
Total	925 ha	1 984 ha	+ 1 059 ha

(CCLS OUARGLA, 2018)

Les superficies globales emblavées et celles destinées pour le blé dur sont supérieures pour la campagne agricoles 2016/2017 par rapport à la campagne agricoles 2015/2016.

A.2. Programme de production de semences

Tableau n° V : Superficies destinées pour le programme de production des semences dans la wilaya de Ouargla.

Espèces	Campagne		Différence
	2015/2016	2016/2017	
Blé dur	695 ha	1 377 ha	+ 682 ha
Blé tendre	-	-	-
Orge	-	-	-
Total	695 ha	1 377 ha	+ 682 ha

(CCLS OUARGLA, 2018)

Pour la campagne agricole 2016/2017, les superficies destinées pour le programme de production des semences ont connues une hausse importante par rapport à la campagne agricole 2015/2016.

B. Distribution des semences

Tableau n° VI : Quantités des semences distribuées dans la wilaya de Ouargla.

Espèces	Campagne		Différence
	2015/2016	2016/2017	
Blé dur	1 718 Qx	4 067 Qx	+ 2 349 Qx
Blé tendre	66 Qx	33 Qx	- 33 Qx
Orge	350 Qx	200 Qx	- 100 Qx
Total	2 134 Qx	4 300 Qx	+ 2 166 Qx

(CCLS OUARGLA, 2018)

Comme les superficies emblavées, les quantités des semences distribuées sont supérieures pour blé dur et le total des cultures, et inférieures pour le blé tendre et l'orge.

C. Distribution des engrais

Tableau n° VII : Quantités des engrais distribués dans la wilaya de Ouargla.

Types	Campagne		Différence
	2015/2016	2016/2017	
Engrais de couverture	5 400 Qx	10 000 Qx	+ 4 600 Qx
Engrais de fond	3 717 Qx	7 400 Qx	+ 3 683 Qx
Total	9 117 Qx	17 400 Qx	+ 8 283 Qx

(CCLS OUARGLA, 2018)

Les quantités des engrais distribuées sont plus importants pour la campagne agricole 2016/2017.

D. Collecte réalisée

Tableau n° VIII : Collecte réalisée dans la wilaya de Ouargla.

Espèces	Campagne		Différence
	2016/2015	2016/2017	
Blé dur	23 170,80 Qx (13 producteurs)	58 105 Qx (45 producteurs)	+ 34 934,40 Qx
Blé tendre	1 027 Qx (01 producteur)	195 Qx (01 producteur)	- 832 Qx
Orge	417,80 Qx (03 producteurs)	109 Qx (01 producteur)	- 1 308,80 Qx
Total	25 615,60 Qx (17 Producteurs)	58 409 Qx (47 Producteurs)	+ 32 793,40 Qx

(CCLS OUARGLA, 2018)

La collecte réalisée a une relation proportionnelle avec les superficies emblavées et les quantités des semences distribuées, donc le total de la collecte réalisée pour la campagne agricole 2016/2017 est supérieur à celui de la campagne agricole 2015/2016.

E. Situation de la collecte réalisée par Daïra (campagne 2016/2017)

Tableau n° IX : Collecte réalisée par daïras dans la wilaya de Ouargla.

Daïra	Superficie (ha)	Collecte (Qx)	Rendement (Qx/ha)
Hassi Messaoud	350	14 190,60 (Blé dur) 109 (Orge)	46 (Blé dur) -
Ouargla	395	12 301,60	31
Sidi Khouiled	795	19 012,20	24
N'goussa	262	12 796,60	49
Total	1 802	58 410	32,41

(CCLS OUARGLA, 2018)

Les superficies des céréales et les collectes réalisées sont plus importants pour la daïra de Sidi Khouiled, mais le rendement le plus important a été enregistré dans la daïra de N'goussa.

Chapitre n°03 : Généralités sur le système d'irrigation par pivot

I. Système d'irrigation par pivot

Le pivot d'irrigation est une rampe géante d'aspersion constituée de plusieurs travées de 50 m de longueur pour chacune, tournant autour d'un axe fixe appelé "Tour centrale". Il constitue un moyen efficace pour l'irrigation de grandes superficies.

Ce système d'irrigation par pivot a connu un développement considérable depuis 1952, quand apparaît l'utilisation des rampes d'arrosage, qui étaient déplacées manuellement ou bien remorquées par des tracteurs. Par la suite, un système moteur avec roues a été introduit, en réponse à plusieurs besoins exprimés. Le système d'irrigation par le centre pivot a connu une application considérable dans de nombreuses régions américaines, telle que Nebraska, où les agriculteurs étaient les premiers à utiliser ce système dans leur région d'élevage et de pâturage (HAMIDI et DEROUICHE, 2017).

La Nebraska seule contient environ 20.000 unités de centre - pivot, occupants une superficie de 0,7 millions d'hectares. Au niveau des Etats Unies, on estime que 80% des systèmes d'irrigation sont de type pivot. Le système pivot a continué sa progression dans d'autres pays du monde, tel que l'Ukraine où il y avait en 1981 plus de 2000 centres pivots, qui irriguaient 100.000 ha (MAACHI, 2005).

II. 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).



Photo n° 01 : Céréaliculture sous pivot.

III. Principe de fonctionnement

Le système d'irrigation par pivot fonctionne grâce à la programmation et le contrôle d'une armoire de commande. La programmation de fonctionnement du système est déterminée en précision sur la base de la conception de l'appareil. Un ajustement fin des vitesses de rotation, 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 DRENI, 1995).

Chapitre n°04 : Le procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation

I. Les eaux qui agissent sur le processus vivant

Au cours du XX^e siècle, différents chercheurs ont mis au point des procédés pour améliorer le potentiel vital de l'eau. Pour cela, certains se sont inspirés des eaux ayant naturellement un potentiel vital accru : les pluies d'orage, les sources ou écoulements de glaciers de certaines régions du monde. Il s'agissait alors d'identifier les caractères qui différencient ces eaux aux propriétés particulières des eaux « ordinaires », et d'essayer de les reproduire. Ensuite, diverses expérimentations permettent de vérifier les propriétés spécifiques de l'eau obtenue par le processus de magnétisation (MARWENI, 2015).

La salinité du sol a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres arables. Pour réduire les impacts négatifs de la salinité, plusieurs recommandations ont été proposées suite à de multiples recherches comme la mise en place de systèmes de drainage qui permettent d'évacuer une partie des sels en dehors des parcelles.

Le traitement magnétique intéresse plusieurs secteurs d'activités tel que la médecine, l'environnement, la construction, l'industrie, etc. Plus particulièrement, nous ciblons l'application dans l'agriculture du traitement magnétique de l'eau d'irrigation. En effet, il a été rapporté que la technologie magnétique présente un effet sur les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau. Les travaux de recherche ont été orientés en grande partie vers l'effet du traitement magnétique de l'eau sur le rendement cultural en termes de quantité et qualité. 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. (TAIMOURYA, 2015).

I.1. Les pluies d'orage

Les agriculteurs, éleveurs et maraichers connaissent depuis longtemps les propriétés particulières des pluies d'orages. Les animaux préfèrent l'eau boueuse des ornières d'un chemin après un orage, alors que leurs abreuvoirs sont remplis d'une eau bien propre. Après une pluie d'orage les végétaux ont une croissance plus rapide. Ce bénéfice de croissance peut être observé objectivement en arrosant en parallèle des plantes identiques avec de l'eau ordinaire d'un côté et de l'eau de pluie d'orage de l'autre côté (MARWENI, 2015).

I.2. L'exposition au soleil

Un autre phénomène connu des maraîchers est l'amélioration de la qualité de l'eau lorsque celle-ci est exposée assez longuement au soleil. Cet effet est souvent attribué au léger échauffement que cet ensoleillement induit, mais si on amène l'eau à une température identique par un autre moyen, on ne retrouve pas cet effet dynamisant (MARWENI, 2015).

I.3. L'eau des Hunzas

Depuis plusieurs décennies, des scientifiques du monde entier se sont intéressés aux propriétés exceptionnelles de l'eau de certaines régions en haute altitude. La plus remarquable est probablement celles des Hunzas au Pakistan. Les habitants de cette région de l'Himalaya ont coutume de mener une vie active jusqu'à 100 ans et même davantage. Ils ne semblent pas connaître la maladie et leur diète habituelle est en dessous des besoins minimums définis par la diététique.

Au cours du XXe siècle, différents chercheurs ont mis au point des eaux magnétisées ayant des fonctions bénéfiques sur le processus vivant ou sur la santé. Pour cela, ils se sont inspirés des eaux naturellement magnétisées, ou ils ont suivi une voie plus intuitive (MARWENI, 2015).

II. L'eau magnétisée

II.1. 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, 1989).

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 électro magnétique lui permettant de recréer des liens ou structures caractérisant l'eau vivante.

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 fournie 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.

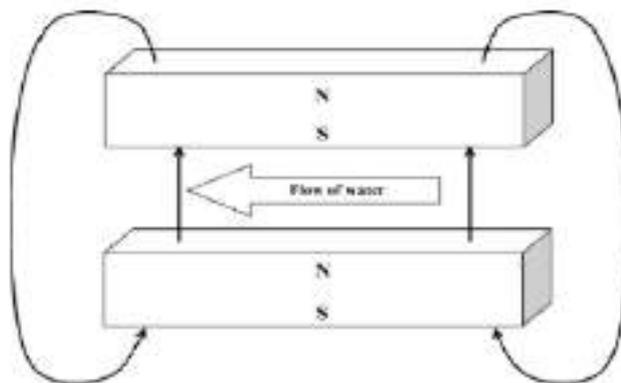


Figure n° 05 : Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement (MAHESHWARI et GREWAL, 2009 *in* MARWENI, 2015).

II.2. Les propriétés de l'eau magnétisée

Selon (MARWENI, 2015), les propriétés de l'eau magnétisée sont les suivantes :

- Elle augmente considérablement sa fréquence vibratoire qui passe de 1011 à 1015 hertz, la fréquence de la lumière visible ;
- Elle favorise l'ionisation des molécules d'eau ;
- 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 ;
- La cristallisation de l'eau magnétisée montre qu'elle présente de beaux cristaux ;
- La surface de tension d'une eau magnétisée est abaissée ce qui lui confère des propriétés plus mouillantes.

II.3. Les effets de l'eau magnétisée

Une eau magnétisée ou dynamisée est un facteur de vitalité et de santé pour les êtres vivants qui la boivent, qu'il s'agisse d'humains, d'animaux ou de plantes. Elle est un facteur d'harmonie pour les processus biologiques. Par exemple, si l'on soumet une eau à rotation majoritairement à gauche (spin inversé) à un procédé ou technique de dynamisation, elle se

rééquilibre sur le plan subatomique. Les substances pathogènes régressent ou disparaissent chez le consommateur, et son système immunitaire s'en trouve renforcé.

A. Action sur l'organisme humain

Selon (MARWENI, 2015) et (SANTÉ ET MÉDECINE TRADITIONNELLE, 2017), L'eau magnétisée ou bio dynamisée, structurée, vitalisée, magnétisée hydrate 4 fois plus qu'une eau normale et 6 fois plus rapidement. Elle a aussi :

- Hydratation rapide au niveau cellulaire (revitalisation complète du corps) ;
- Oxygénation accrue au niveau cellulaire ;
- Diminution des radicaux libres ;
- pH légèrement alcalin ;
- Activation des enzymes ;
- Support du système immunitaire ;
- Meilleur équilibre métabolique ;
- Meilleure absorption des nutriments et de la communication extracellulaire ;
- Amélioration de l'élimination des déchets intracellulaires ;

B. Action sur les animaux

L'eau magnétisée est bénéfique aussi à la santé et au bien-être des animaux. Comme eau de boisson, nous retrouvons les mêmes avantages qu'elle apporte à l'organisme humain. Le traitement magnétique des eaux réduit la consommation quotidienne d'eau par les oiseaux d'environ 5,46% (AL-MUFARREJ et *al.*, 2005).

C. Action sur les plantes

L'eau est la source de vie pour les plantes : plus de 70% de la plante est faite d'eau. L'eau est fondamentale pour les fonctions d'hydratation et de circulation de la sève.

L'eau magnétisée favorise :

- L'augmentation du pouvoir mouillant de l'eau dans les tissus végétaux.
- Une augmentation du taux de germination des graines (MAJD et SHABRANGI, 2009). Ceci peut être attribué à une augmentation de l'absorption de l'eau suite au traitement magnétique (MAJD et SHABRANGI, 2009).
- Un élargissement et un développement plus important des vaisseaux du xylème et de la stèle des plantules irriguées par l'eau dynamisée par rapport aux plantules irriguées par

l'eau non dynamisée (MAJD et SHABRANGI, 2009). Selon cet auteur, ceci peut être attribué à une augmentation de l'activité de l'enzyme peroxydase qui entraîne une lignification des cellules et donc un passage rapide vers la structure secondaire.

- L'augmentation du développement foliaire et racinaire (ALADJADJIYAN, 2002).
- L'augmentation de la biomasse totale (ALADJADJIYAN, 2002).
- La diminution d'utilisation des produits chimiques (pesticides) ainsi que les produits de fertilisation.

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 le procédé 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.

III. La salinisation des sols

La Salinisation est définie par la FAO (1999), comme un enrichissement en sels solubles de la surface et de la tranche supérieure du sol lorsque la salinité dans les 20 cm sommitaux dépasse 1 à 2% (20g de sel par Kg de sol). Les sels les plus fréquents sont des chlorures, des sulfates, et des carbonates de sodium.

III.1. les effets de la salinisation sur les plantes

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement, un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet, il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique (BEN AHMED et *al.*, 2009). Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol. La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la

productivité. Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines et le métabolisme énergétique sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress (PARIDA et DAS, 2005).

III.2. Les effets de la salinisation sur la croissance

D'après WANG et NIL (2000), CHARTZOULAKIS et KLAPAKI (2000), MELONI et *al.*, (2001) et MOHAMMAD et *al.*, (1998) in MARWENI (2015), la réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines. La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate. Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton.

A. Les effets sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (PARIDA et DAS, 2005).

B. Les effets sur les pigments photosynthétiques

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (AGASTIAN et *al.*, 2000). Par contre, WANG et NIL (2000) ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevillea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle et la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle *a* et les caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans le cas de stress salin (PARIDA et DAS, 2005).

C. Les effets sur la photosynthèse

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse. Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress et la réponse est importante ce qui se manifeste par un arrêt complet de l'assimilation du carbone. L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (PARIDA et DAS, 2005). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- (1) la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂,
- (2) la toxicité du sel,
- (3) la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydroactive des stomates,
- (4) la sénescence accrue induite par la salinité,
- (5) le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (PARIDA et DAS, 2005).

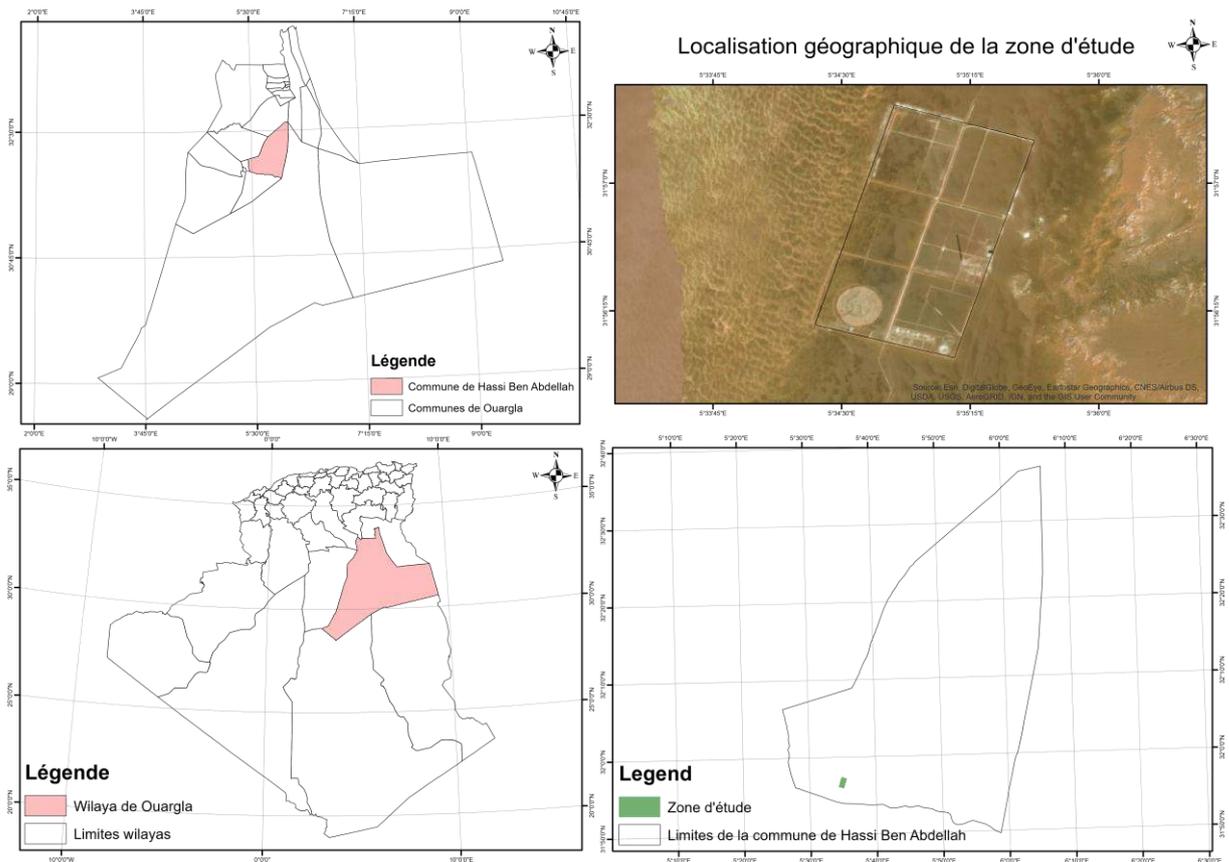
Partie expérimentale

Chapitre n°01 : Présentation de la région d'étude

I. Présentation de la région d'étude

I.1. Situation géographique

La Commune de Hassi Ben Abdellah se situe dans la Daïra de Sidi Khouiled, à 26 km au Nord-Est de la ville de Ouargla. La superficie de cette commune est de 140 km².



Source : (BOUTOUIL, 2018)

Figure n° 06 : Situation géographique de la région d'étude.

I.2. 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.

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 (DSA OUARGLA, 2018).

I.3. Nombre d'exploitations agricoles

D'après 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 (EAI).
- 1483 exploitations agricoles privées.
- 853 exploitations agricoles dans le cadre de la concession agricole.
- 04 exploitations agricoles publiques.

II. Caractéristiques générales du milieu d'étude

II.1. Données météorologiques

Les données météorologiques de la région de Ouargla sont indiquées dans le tableau suivant. Ces données représentent les moyennes enregistrées au cours de la période 2008-2017.

Tableau X : Données climatiques de la région de Ouargla (moyennes enregistrées sur une période de dix ans de 2008 à 2017)

Mois	Tm (°C)	TM (°C)	T moy. (°C)	PP (mm)	Hm (%)	HM (%)	H moy. (%)	EVA (mm)	VM (m/s)	INS (Heure)
Janvier	5,22	19,27	12,25	8,51	35,40	78,60	57	93,54	7,96	248,35
Février	6,89	21,35	14,12	3,15	28,30	68,70	48,50	124,57	7,85	241,46
Mars	10,57	25,62	18,10	5,19	23,90	63,40	43,65	182,30	9,32	268,45
Avril	15,29	30,90	23,10	1,48	19,50	53,70	36,60	234,80	10,10	289,16
Mai	20,07	35,44	27,76	1,58	16,60	45	30,80	307,45	10,39	309,28
Juin	24,76	40,35	32,56	0,81	15,20	40,80	28	366,46	9,92	234,35
Juillet	27,99	43,79	35,89	0,30	13,30	34,70	24	433,33	8,83	319,78
Aout	27,38	42,71	35,05	0,23	14,60	39,10	26,85	384,46	8,61	340,13
Septembre	23,54	38,15	30,85	5,16	20,25	52,50	36,38	271,48	9,18	264,23
Octobre	17,33	31,82	24,58	6,20	29,63	61,90	45,77	203,66	7,89	266,92
Novembre	10,39	24,39	17,39	2,69	31,20	67,30	49,25	121,51	7,24	249,86
Décembre	5,92	19,65	12,79	3,80	36,70	81,30	59	83,42	7,06	230,97

(ONM OUARGLA, 2018)

T_m (°c) : Température moyenne minimale en °c.

T_M (°c) : Température moyenne maximale en °c.

T_{moy} (°c) : Température moyenne en °c.

PP (mm) : Cumul des pluies en mm.

H_m (%) : Humidité relative minimale en %.

H_M (%) : Humidité relative maximale en %.

H_{moy} (%) : Humidité relative moyenne en %.

EVA (mm) : Evaporation totale en mm.

VM (m/s) : Vitesse maximale des vents en m/s

INS (Heure) : Durée d'insolation en heure.

Le climat de la région de Ouargla est aride et chaud. Ce climat est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime par des températures très élevées en été, des faibles précipitations et surtout par l'importance de l'évaporation, en raison de la sécheresse de l'air (ROUVILLIOS-BRIGOL, 1975).

L'étude des paramètres climatiques à partir du tableau n°X, permet de constater que :

A. Température

Le climat thermique du Sahara est relativement uniforme ; dès la partie septentrionale, on rencontre des étés brûlants qui ne sont guère plus dure que ceux qui s'observent dans la partie centrale et même soudanaise (OZENDA, 1991).

La température du sol en surface peut dépasser 70 °C. Cependant, en profondeur, les températures vont diminuer rapidement et s'équilibrer. Il ne peut geler, normalement, que dans la partie Nord du Sahara et bien entendu sur les montagnes (OZENDA, 1991).

L'analyse des valeurs du tableau ci-dessus montre que la température moyenne annuelle est de 23,70 °C, avec un maximum de 43,79 °C enregistrée au mois de juillet et un minimum de 5,22 °C au mois de janvier.

B. Précipitations

Les pluies sont rares et irrégulières dans la région d'étude. Les quantités les plus importantes de pluies sont enregistrées au mois de janvier, avec 8,51 mm. Le cumul annuel de précipitations est de 39,10 mm.

C. Humidité relative

L'humidité de l'air enregistrée à Ouargla donne un maximum de 81,30 % au mois de décembre et un minimum de 13,30 % au mois de juillet. L'humidité moyenne annuelle est de 40,48 %. L'humidité est généralement comprise entre 20 et 30% pendant l'été et s'élève à 50 et 60% parfois davantage en janvier (OZENDA, 1991).

D. Evaporation

C'est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et l'agitation de cet air (OZENDA, 1991).

L'évaporation est très importante dans la région de Ouargla suite aux températures élevées et des vents fréquents, chauds et violents.

Le cumul annuel est de 2806,98 mm et une moyenne annuelle de 233,92 mm. Le maximum est enregistré au mois de Juillet, avec 433,33 mm, et l'évaporation minimale est enregistrée au mois de décembre, avec une valeur de 83,42 mm.

Selon DUBIEF (1953), Le Sahara apparaît comme la région du monde qui possède l'évaporation la plus élevée. Cette perte d'eau, peut avoir comme origine :

- l'évaporation de masses d'eau libre ou de celle contenues dans le sol : évaporation physique.
- l'évaporation par les végétaux (qui peut être considérée comme secondaire dans les régions sahariennes) : évaporation physiologique.

E. Vent

La moyenne annuelle de la vitesse du vent dans la région de Ouargla est de 8,70 m/s (31,32 km/h). Cette vitesse varie d'une saison à l'autre. En effet, elle est plus faible en hiver, surtout au mois de décembre avec 7,06 m/s (25,42 km/h). La vitesse du vent la plus élevée est enregistrée au mois de mai, avec 10,39 m/s (37,40 km/h).

F. Durée d'insolation

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (OZENDA, 1991).

La durée moyenne d'insolation mensuelle est très importante dans la région d'Ouargla. Elle est de 271,91 heures. La durée maximale est enregistrée en mois d'août, avec 340,13 heures, et la durée minimale en mois de décembre avec 230,97 heures.

Les durées d'insolation sont évidemment très importantes au Sahara (de 9 à 10 heures par jour). Ce désert est avant tout le pays du soleil. Les durées d'insolation varient assez notablement d'une année à l'autre et même suivant les périodes de l'année envisagée (DUBIEF, 1953).

II.2. Synthèse climatique et l'étage bioclimatique de la région

A. Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, d'après (ARAR 2002), il faut calculer le quotient pluviométrique d'EMBERGER par la formule suivante :

$$O = 3,43 P / (M-m)$$

Où :

P : Les précipitations annuelles en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud.

m : La température minimale du mois le plus froid.

Donc :

$$P = 39,10 \text{ mm.}$$

$$M = 43,79 \text{ °C.}$$

$$m = 5,22 \text{ °C.}$$

Après l'application de la formule précédente on obtient : $Q = 3,43 \times 39,10 / (43,79 - 5,22)$

Donc : $Q = 3,48$.

Donc, ces valeurs nous permettent de classer la région d'OUARGLA selon le Climagramme d'EMBERGER dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure n°07).

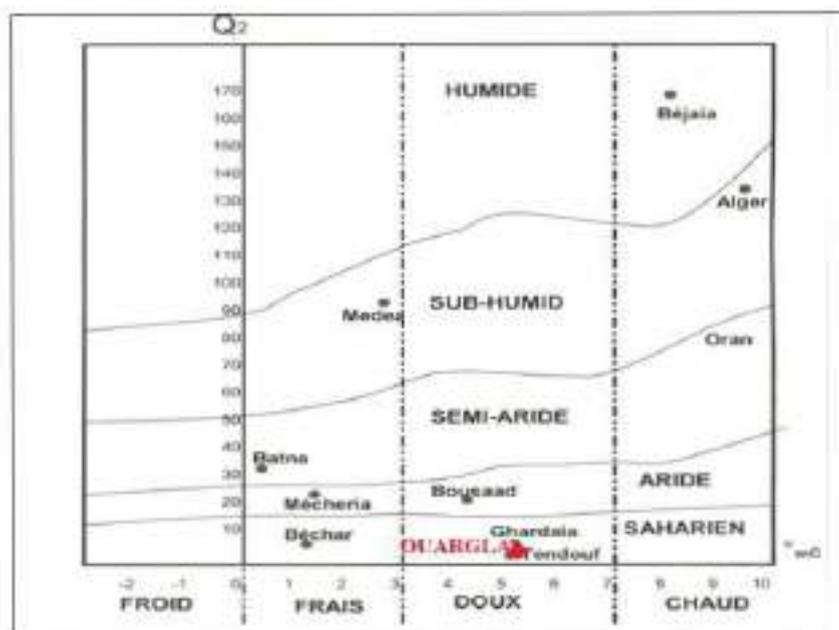


Figure n° 07 : Climagramme d'EMBERGER de la région d'OUARGLA (période 2008-2017).

B. Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN

D'après GAUSSEN (1956) in ARAR (2002), un mois est sec quand la quantité totale de précipitation P est inférieure à deux fois la température correspondante, la courbe de pluie passe au-dessous de la courbe des températures, et l'aire comprise entre les deux courbes correspond à la période sèche. Le tableau suivant comporte la pluviométrie et les températures moyennes mensuelles de 10 ans.

Tableau n° XI : Pluviométrie et les températures moyennes mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	8,51	3,15	5,19	1,48	1,58	0,81	0,30	0,23	5,16	6,20	2,69	3,80
T (°C)	12,25	14,12	18,10	23,10	27,76	32,56	35,89	35,05	30,85	24,58	17,39	12,79

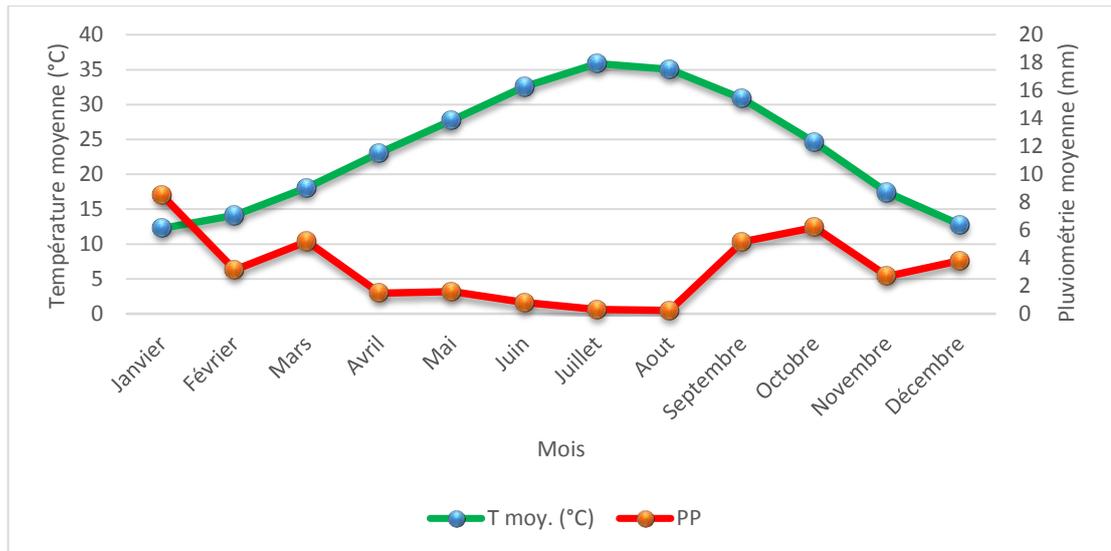


Figure n° 08 : Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (La pluviométrie et les températures moyennes mensuelles).

Selon ce diagramme, la période sèche à OUARGLA s'étale sur toute l'année (12 mois).

C. L'indice d'aridité de DEMARTONNE

Cet indice se calcule d'après la formule suivante :

$$I = P / T + 10$$

Où :

P : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (°C) (HALITIM, 1988 in BOUTOUIL, 2007).

Le calcul de cet indice permet de classer la région selon les limites suivantes :

Climat aride : $I < 10$.

Climat semi-aride : $10 < I < 20$.

Climat subhumide : $25 < I < 28$.

Climat humide : $I < 35$.

Donc : $I = P / (T + 10) = 3,26 / (23,70 + 10) \Leftrightarrow I = 0,10 \Leftrightarrow I < 10$ donc : le climat de la région est un climat aride.

Conclusion climatique :

D'après les différents points étudiés précédemment, l'étage bioclimatique de la région de Ouargla est le saharien à hiver doux selon EMBERGER ; avec un climat aride selon L'indice d'aridité de DEMARTONNE, et une période sèche qui s'étale sur toute l'année selon le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.

II.3. Ressource en sol

Le sol de la région d'Ouargla est léger, à prédominance sableuse et à structure particulière. 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).

II.4. Ressources hydriques

A Ouargla, comme dans la plupart des régions arides, les ressources en eau sont représentées par les ressources hydriques souterraines essentiellement. Elles sont caractérisées par les nappes suivantes :

A. La nappe phréatique

Elle est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Sa profondeur varie de 1 à 8 mètres, en fonction des lieux et de la saison. Son écoulement est du sud vers le nord, suivant la pente de la vallée (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

B. Le Complexe Terminal

Deux formations aquifères distinctes existent dans ce complexe terminal. La première est contenue dans les sables du Miopliocène. Cette nappe est fortement exploitée dans la région, pour satisfaire aux besoins agricoles. Elle se trouve à une profondeur qui varie entre 60 m au niveau de Rouissat, à 200 m au niveau de N'goussa). Elle s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est en direction du chott Melghigh ; la salinité de cette nappe varie de 1.8 à 4.6 g/l, et de température de 23°C à 25 °C.

La seconde nappe du complexe terminal se trouve dans le Sénonien supérieur. Elle est formée par le calcaire et destinée principalement à l'alimentation en eau potable. La profondeur de cette nappe est comprise entre 180 et 290 m. (ROUVILLOIS-BRIGOLE, 1975).

C. Continental Intercalaire (Nappe albienne)

Composé des grés et d'argiles. Cette dernière nappe couvre une superficie de 600 000 km² et se caractérise par des eaux chaudes. Sa profondeur varie entre 100 et 1200 m avec un écoulement général du Sud vers le Nord. Les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes, arrivent en surface à une température de 55°C et une faible teneur en sels variant entre 1.7 à 2 g/l (ROUVILLOIS - BRIGOL, 1975 ; ANRH, 2011).

Chapitre n°02 : Protocole expérimental

L'objectif de notre travail consiste à étudier l'impact de l'introduction de la technologie de désalinisation de l'eau d'irrigation par le procédé de magnétisation, sur la production végétale et le rendement d'une culture de blé tendre conduite sous pivot.

La comparaison entre ces deux pivots (un pivot non associé à l'appareil de magnétisation dit pivot non magnétisé, et un pivot associé à cet appareil dit pivot magnétisé), s'articule sur :

- les analyses du sol des deux sites.
- les analyses de l'eau (l'eau du forage non magnétisé et l'eau de l'autre forage avant et après magnétisation).
- les tests de réchauffement, et refroidissement et de congélation de l'eau.
- le test de germination de la semence.
- les différents stades morphologiques de la plante (levée, tallage, épiaison et maturité).
- la longueur des tiges et des épis.
- les composantes de rendement.

Sachant que les deux pivots se situent dans la même région avec les mêmes conditions climatiques et une même conduite et techniques culturaux ; ainsi que la variété semée du blé tendre est la même (variété HIDDAB).

I. Situation géographique du site d'expérimentation

Nos essais se sont déroulés sur deux pivots d'une superficie de 25 ha chacun. Ces pivots font partie de deux périmètres de 50 ha chacun, délimités, aménagés et électrifiés par le CDARS en 1995 dans le cadre du programme des petits et moyens périmètres ; et attribués par la suite en 2013 par la DSA de OUARGLA sous le nom de (Périmètres LAROUÏ – Hassi Ben Abdellah 2), dans le cadre de la concession agricole.

Ces deux périmètres se situent dans la commune de Hassi Ben Abdellah – Daïra de Sidi Khouiled à 25 km du chef-lieu de la wilaya de Ouargla et à 05 km de piste à gauche du point kilométrique 193 sur la route nationale n° 49 allant de Ouargla vers Hassi Messaoud.

Les deux périmètres sont destinés à la création des exploitations agricoles (palmier dattiers, arbres fruitiers, cultures maraichères et petit élevage) en plus de la céréaliculture, et ne sont entrés en exploitation que pour la campagne agricole 2016/2017.

Le 1^{er} périmètre pour le bénéficiaire BELKHALOUET Mohammed El Djamoui, implanté sur le forage F9 avec les caractéristiques suivantes : Profondeur : 121 m, Débit : 42 l/s, Niveau dynamique : 28,79 m, Rabattement : 4,99 m.

Le 2^{ème} périmètre pour le bénéficiaire BABA HAMMOU Brahim, implanté sur le forage F10 avec les caractéristiques suivantes : Profondeur : 118 m, Débit : 42 l/s, Niveau dynamique : 30,47 m, Rabattement : 7,37 m.

La distance entre les deux centres pivots est de 655 m, et la distance entre les forages est de 1294 m.

Le précédent cultural pour les deux pivots est le blé dur (variété VITRON).

La préparation du lit de semences est faite par un labour avec un cultivateur à dents avec rouleau, suivie par l'irrigation 2 jours avant le semis pour objectif de rechercher la germination des mauvaises herbes.

Les dates de semis sont : 09/12/2017 pour le pivot de BELKHALOUET (pivot magnétisé), et le 19/12/2017 pour le pivot de BABA HAMMOU (pivot non magnétisé), avec une densité de semi de 2,2 Qx/ha.

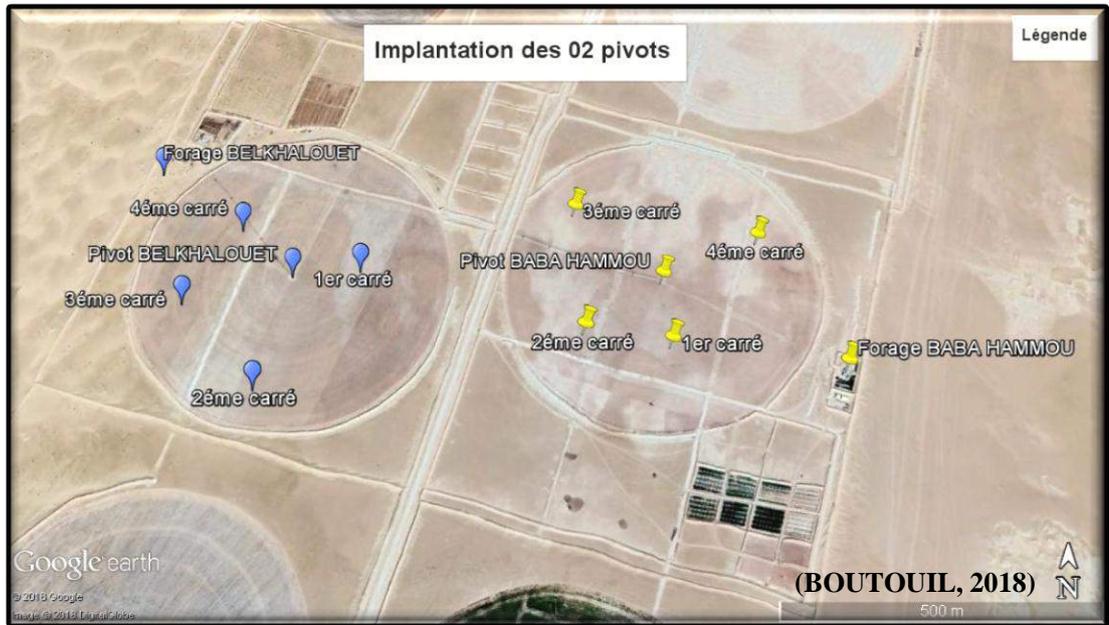
II. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en randomisation totale.

Les essais se sont déroulés sur un terrain plat et homogène, dans le but de mener à bien nos essais.

L'essai au champ est caractérisé par :

- Le dispositif expérimental contient deux parcelles sous pivots de 25 hectares chacune.
- Chaque parcelle est divisée en quatre répétitions.
- Les endroits du lancement du carré en bois sont piquetés avec coordonnées géographiques.



(GOOGLE EARTH, 2018)

Figure n° 09 : Image satellitaire du dispositif expérimental.

Tableau n° XII : Coordonnées géographiques.

Coordonnées géographiques	Forage	Centre pivot	1 ^{er} carré	2 ^{ème} carré	3 ^{ème} carré	4 ^{ème} carré
Pivot BABA HAMMOU (non magnétisé)	N 31°56'36,5'' E 005°35'22,3''	N 31°56'42,0'' E 005°35'10,4''	N 31°56'37,9'' E 005°35'10,8''	N 31°56'38,7'' E 005°35'05''	N 31°56'46,3'' E 005°35'04,4''	N 31°56'44,5'' E 005°35'17,1''
Pivot BELKHALOUE (magnétisé)	N 31°56'49,2'' E 005°34'35,2''	N 31°56'42,3'' E 005°34'45,3''	N 31°56'42,6'' E 005°34'49,9''	N 31°56'35,4'' E 005°34'43,5''	N 31°56'40,6'' E 005°34'38''	N 31°56'45,3'' E 005°34'41,5''

Chapitre n°03 : Matériel et méthodes

I. Matériel d'expérimentation

I.1. Outil de labour et matériel de traction

L'outil de labour utilisé dans cette expérience est le cultivateur à dents avec rouleau, porté sur tracteur.



Photo n° 02 : Cultivateur à dents avec rouleau.

I.2. Matériel de semis

Le semoir utilisé est multi grains, plus couramment appelé à céréales ou en lignes. Cette machine permet un semis régulier en lignes équidistantes et à une profondeur uniforme. Les organes de mise en terre des grains sont alimentés par gravité au départ d'une distribution à cannelures, placées à la base d'une trémie avec une largeur de travail de 3 m (CANDELON, 1981).



Photo n° 03 : Semoir en ligne.

*** Densité de semis :**

La densité du semis est de 2,2 Qx /ha, La densité de semence utilisée par m² est de : 0.022 kg /m² (22 g / m²).

Le poids de 1000 grains de la semence utilisée (variété HIDDAB – HD 1220) est obtenu par la pesée de 1000 grains pris au hasard de la semence. L'opération a été répétée plusieurs fois et la moyenne du poids de ces échantillons de 1000 grains est de **33,05 g**.

Donc, le poids d'un grain est de : 0.03305 g ; et puisque la densité de semis est de : 22 g/m², donc la densité de semis en grains par m² est de : **665,65 grains / m²**.

I.3. Matériel de comptage

Pour le matériel de comptage, on a utilisé un carré en bois ayant une longueur égale à 1m, donc d'une surface de 1 m². Et on effectue 4 lancements dans 4 endroits différents pris au hasard dans chaque parcelle.



Photo n° 04 : Carré en bois utilisé pour le comptage.

I.4. Matériel d'irrigation

Pivot de 25 ha avec 05 rampes.



Photo n° 05 : Pivot utilisé pour l'irrigation.

I.5. Appareil de désalinisation de l'eau

L'appareil de désalinisation de l'eau par le procédé magnétique de la marque IDEAL REGENT AQUA, fabriqué en INOX inoxydable, avec un champ magnétique d'une grandeur de 15000 gauss (Le gauss, de symbole G, est l'unité « électromagnétique » à trois dimensions d'induction magnétique. Il est défini comme 1 maxwell par centimètre carré (Mx/cm^2)).



(BOUTOUIL, 2018)

Photo n° 06 : Appareil de désalinisation de l'eau.



Photo n° 07 : Fiche publicitaire de l'appareil de désalinisation de l'eau.

Le principe du procédé de magnétisation de l'eau 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.

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

I.6. Le sol

Dans cette expérience, nous avons utilisé comme système pédologique un sol provenant de chacune des deux parcelles d'expérimentation.

Le prélèvement pour déterminer les caractéristiques de base de notre sol est effectué le 13 janvier 2018 à l'aide d'une tarière sur une profondeur de 25 cm.

Après séchage à l'air libre et tamisage à 2 mm, le sol prélevé a fait l'objet de quelques analyses physiques et chimiques.



Photo n° 08 : Tarière utilisée pour l'échantillonnage du sol.

I.7. Le végétal

L'espèce semée est le blé tendre variété HIDDAB (HD 1220), (la photo n° 10 représente le certificat d'agrèage de la semence).

* La variété HIDDAB (HD 1220), (ITGC, 2006)

- Variété : HIDDAB
- Dénomination locale : Hiddab / Hidhab.
- Nom d'homologation : HD 1220.
- Pédigrée : D 1220/3 Kal/NalCM40454.

- Obtenteur : ITGC (Ferme de démonstration et de production de semences d'El Khroub).
- Origine : CIMMYT (Mexique).
- Demandeur : ITGC.
- Type de variété : Lignée pure.

*** Caractéristiques morphologiques :**

- Compacité de l'épi : Très lâche.
- Couleur de l'épi : Blanc.
- Hauteur de la plante à la maturité : 90 à 110 cm.

*** Caractéristiques culturales :**

- Zone d'adaptation : Littoral, Plaines intérieures.
- Alternativité : Hiver.
- Cycle végétatif : Semi précoce à précoce.
- Tallage : Moyen à fort.
- Résistance : Résistante au froid et à la verse ; et tolérante à la sécheresse.
- Egrenage : Moyenne.
- Résistance aux maladies :
 - Résistante aux Piétin verse et l'Oïdium ;
 - Moyennement sensible aux Rouille brune, Rouille noire, Septoriose et le Fusariose.
 - Sensible au Piétin échaudage.
 - Très sensible à la Rouille jaune.

*** Conditions techniques :**

- Date de semis : Novembre – Décembre.
- Dose de semis : 100 – 140 Kg/ha.
- Fertilisation (u/ha) : Azotée (46-90), Phosphatée (46), Potassique (48).

*** Productivité :**

- Rendement optimal : 60 Qx/ha.

*** Caractéristiques qualitatives :**

- Taux de protéines : 12%.
- Force boulangère : Elevée.
- Gonflement (G) : Bon.



(BOUTOUIL, 2018)

Photo n° 09 : Semence HIDDAB (HD 1220).



(BOUTOUIL, 2018)

Photo n° 10 : Certificat d'agréege de la semence HIDDAB (HD 1220).

I.8. La qualité de l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation pour les deux forages est captée de la nappe du Mio-Pliocène à une profondeur de 118m pour le forage non magnétisé et 121m pour l'autre forage (magnétisé).

Selon (KHADRAOUI et TALEB, 2008), les eaux de la nappe du Mio-Pliocène et du Sénonien sont généralement très dures. Le résidu sec moyen est de 1,6 à 2,8 g/l, le faciès chimique est généralement chloruré magnésienne et chloruré sodique. La potabilité de ces eaux est médiocre à mauvaise, les teneurs de certains ions sont très élevées (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+}) et dépassant largement les normes fixées par l'O.M.S.

- **Echantillonnage**

Dans notre travail, une campagne de prélèvement des échantillons d'eau a été effectuée et analysés, les échantillons prélevés comme suit :

- 1 - Forage magnétisé + Engrais.
- 2 - Forage non magnétisé + Engrais.
- 4 - Forage magnétisé.
- 4 - Forage avant magnétisation.
- 5 - Forage non magnétisé.

- **Analyses de laboratoire**

Les 5 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.

A. Acidité de l'eau (pH)

Le pH est un paramètre indicateur du niveau d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. Sa détermination au préalable permet de prévenir des risques d'alcalinité et de précipitation des éléments chimiques.

B. Salinité de l'eau de la nappe

La salinité de l'eau peut se mesurer de 2 façons, soit par le (TDS) exprimé en (mg/l) ou par la conductivité électrique exprimée en milli siemens/centimètre (mS/Cm). Cette dernière rend compte de la salinité globale de l'eau. Ce paramètre associé au SAR permet de situer l'eau échantillonnée dans les différentes classes de qualité de l'eau d'irrigation.

Des valeurs élevées de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, rendant ainsi difficilement l'absorption de l'eau d'irrigation et les éléments minéraux par les plantes. Une salinité très élevée peut provoquer même des brûlures racinaires.

C. Le bilan ionique

Un bilan ionique a été établi pour déterminer le faciès de salinisation de l'eau 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 HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^- , Cl^- . Ces concentrations en ions sont exprimées en milliéquivalent par litre.

I.9. La fertilisation

La fertilisation consiste à apporter des engrais sous différentes formes, avec fertigation ou avec épandeur d'engrais, les engrais apportés sont les suivants :

- Engrais azoté simple (Urée 46%),
- Mono Ammonium Phosphate (MAP 12.52.0),
- Engrais complexe à base sulfatée (NPKs 15.15.15),
- Engrais organiques (ALGOR, ALGOR⁺),
- Engrais en suspension (NPK 02.52.34).

Le calendrier de fertilisation est le suivant :

- 1,5 Qx du MAP + 50 kg NPKs + 50 kg Urée avec épandeur le 23 - 24 /01/2018.
- 1 Qx Urée + 40 l ALGOR + 40 l ALGOR⁺ + 2000 l d'eau avec fertigation 3 fois à partir du 23 - 24/01/2018.
- 2,5 Qx Urée + 2,6 Qx NPK (13 bidon de 20 kg) + 2000 l avec fertigation à partir du 14/02/2018.

I.10. Logiciel de traitement et d'analyse statistiques des résultats

Le logiciel utilisé pour le traitement et l'analyse statistiques des résultats est XLSTAT.

I.11. Logiciel de traitement des résultats des analyses de l'eau

Pour l'analyse des données d'analyses d'eau, nous avons utilisé le logiciel d'hydrochimie Diagrammes du Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, Roland SIMLER, Version 6.48.

II. Méthodes d'expérimentation

II.1. Tests d'évolution de la température de l'eau

Ces tests permettent de suivre l'évolution de la température de l'eau en fonction du temps pour confirmer ou infirmer l'aptitude de l'eau magnétisée à se réchauffer, se refroidir et se congeler par rapport à l'eau du même forage (non magnétisée) et par rapport à l'eau du forage non magnétisé.

A. Test de réchauffement de l'eau

C'est une méthode qui consiste à chauffer de l'eau dans un bécher à l'aide d'une plaque chauffante moyennant un thermomètre et un chronomètre.

On a procédé de verser 150 ml de l'échantillon d'eau (température : 23°C à T₀) dans un bécher puis en le place sur la plaque chauffante fixée à 150°C, au même temps on déclenche le chronomètre et on mesure la température à des intervalles de temps variables afin de tracer des courbes représentant l'évolution de la température d'eau en fonction du temps.

B. Test de refroidissement de l'eau

C'est une méthode qui consiste à prendre les échantillons d'eau chauffée dans le précédent test jusqu'à une température de 60°C, puis on déclenche le chronomètre et on mesure la température, moyennant un thermomètre à des intervalles de temps variables afin de tracer des courbes représentant l'évolution de la température de refroidissement de l'eau en fonction du temps.

C. Test de congélation de l'eau

C'est une méthode banale de congélation d'eau qui consiste à congeler de l'eau dans un bécher à l'aide d'un réfrigérateur moyennant un thermomètre et un chronomètre. On a procédé à verser 150 ml de l'échantillon d'eau (température ambiante : 24°C à T₀) dans un bécher puis on le place dans le réfrigérateur, au même temps on déclenche le chronomètre et on mesure la température à des intervalles de temps variables afin de tracer des courbes représentant la vitesse de congélation de l'eau.



(BOUTOUIL, 2018)

Photo n° 11 : Test de réchauffement de l'eau.

II.2. Les Prélèvements du sol

Les prélèvements du sol ont été effectués en date du : 13/01/2018, à l'aide d'une tarière sur une profondeur de 25 cm.

II.3. Le taux de germination de la semence (test germinatif)

La semence utilisée est HIDHAB (HD 1220), le poids moyen de 1000 grains de la semence est de **33,05 g** suivant des pesées d'échantillon pris au hasard du lot de semence.

Le test germinatif réalisé au laboratoire permet de nous renseigner sur la faculté germinative du lot de grains semés ainsi que sur l'état physique de la semence utilisée. Il consiste à placer les semences dans des boîtes de pétri contenant chacune 25 grains, en conditions de germination (les boîtes de pétri sont mise dans un phytotron à 25°C et à l'obscurité, et on a placé un papier filtre dans chacune des boîtes afin de préserver le milieu humide) ; les grains sont imbibés avec 2 ml d'eau, cette eau provient de 03 sources : une eau du forage non magnétisé, une eau du forage magnétisé et une eau du forage magnétisé mais avant la magnétisation.

On procède au comptage des grains germés dans les différentes boîtes (à partir du 1^{er} jusqu'au 10^{ème} jour), et on calcule la moyenne de germination pour déterminer le pourcentage ou le taux de germination.



Photo n° 12 : Test de germination de la semence (après 1 jour).

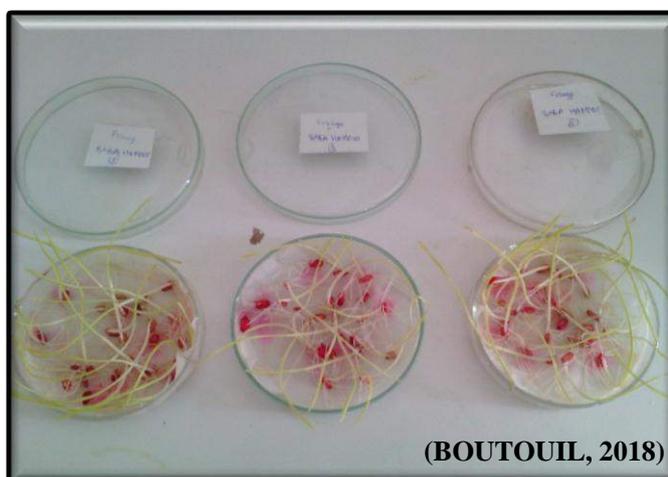


Photo n° 13 : Test de germination de la semence (après 10 jours).

II.4. Le comptage du végétal

Le comptage est fait suivant l'évolution du végétal au stade levée, stade tallage, stade épiaison et au stade récolte (stade épi à maturité) à l'aide d'un m² en bois.

Les dates de comptage sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n° XIII : Dates de comptage du végétal.

Stade levée (nombre de plant / m ²)	Stade tallage (nombre de talles / épi)	Stade épiaison (nombre d'épis / m ²)	Stade maturité (nombre de grains /épis)
13 janvier 2018	17 mars 2018	01 mai 2018	05 mai 2018



Photo n° 14 : Carré en bois au cours du comptage (stade maturité)

II.5. Quelques caractères morphologiques de la plante

A. Hauteur de la plante

Elle est mesurée à maturité, du ras du sol jusqu'au sommet de la plante. On compte 05 échantillons par carré. Elle est exprimée en cm.

B. Longueur des épis sans barbes

On mesure un échantillon de 05 épis sans barbes par carré, au stade maturité à partir de la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal. Elle est exprimée en cm.

II.6. Paramètres de calcul du rendement

A. Echantillonnage :

Le comptage à différents stades du végétal suivant son évolution (stade levée, stade tallage, stade épiaison, stade maturité) consiste à répartir 4 fois au hasard un carré d'une surface de 1m² ; en prenant soin d'exclure les bordures, les passages de roues (BOUTOUIL, 2007).

L'expérimentation consiste à compter :

- Le nombre de grains germés pour déterminer la levée de notre semence par carré.
- Le nombre de talles par plant par carré.
- Le nombre d'épis par carré.
- Et en fin le nombre de grains par épis par carré.

A partir des résultats obtenus par mètre carré, on peut en déduire les composantes du rendement de notre expérimentation par hectare.

B. Poids de 1000 grains en (g)

Le poids des 1000 grains est un des facteurs importants dans l'équation des composantes du rendement.

Pour déterminer ce dernier, nous devons savoir le poids des 1000 grains de la semence utilisée. Pour cela, nous avons effectué différents comptages de 1000 grains pris au hasard, puis les pesés, et on calcule la moyenne des pesées pour avoir le poids moyen des 1000 grains de la semence de notre expérimentation. Le poids de 1000 grains pour notre cas est de : 35,05 g.

C. Le rendement

Après l'obtention de toutes les composantes principales du rendement, on va appliquer la formule suivante pour déterminer le rendement : (SOLTNER, 1986).

$$\text{Rendement (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains/épi} \times \text{poids d'un grain (g)}$$

$$\text{Rendement (Qx/ha)} = \text{Rendement (g/m}^2\text{)} / 10$$

Résultats et discussion

I. Analyses du sol

Les résultats obtenus après les analyses du sol sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau n° XIV : Résultats obtenus après les analyses de base.

Echantillon		Pivot BABA HAMMOU (Non magnétisé)		Pivot BELKHALOUE (Magnétisé)	
Granulométrie	Argiles (%)	4,33		4,88	
	Limons fins (%)	1,81	4,91	5,79	10,57
	Limons grossiers (%)	3,1		4,78	
	Sables fins (%)	52,15	90,75	34,99	84,54
	Sables grossiers (%)	38,6		49,55	
pH eau		8,88		8,28	
Conductivité électrique (ms/cm)		0,2		0,44	
Calcaire total (%)		5,4		12,29	
Calcaire actif (%)		1		3	
Phosphore assimilable P ₂ O ₅ (ppm)		72		108	
Matière organique (%)		0,172		0,344	

Les sols de Ouargla sont légers à prédominance sableuse et à structure particulaire caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin ainsi qu'une faible microporosité avec une bonne aération. La plupart des sols sont salins à cause de la remonté capillaire des eaux de la nappe phréatique (KAFI et *al*, 1978 in MAACHI 2005).

Pour la région de Hassi Ben Abdellah, elle se caractérise par des sols profonds, légèrement salés, avec une texture très grossière et une structure particulaire. La teneur en éléments fertilisants et en matières organiques est faible à très faible. Ces sols ne sont pas gypseux, faiblement enracinés et présentent une consistance et une cohésion faibles.

Malgré ces caractéristiques physico-chimiques qui sont relativement moins favorables pour l'agriculture, cette zone reste l'une des meilleures palmeraies de la région, mais néanmoins ces sols méritent d'être amendés par des apports de fumier, d'engrais vert et en éléments fertilisants. Du point de vue classification pédologique, les sols de cette zone regroupent dans la classe des sols peu évolués, d'apports éoliens, faiblement salé et non gypseux (KHADRAOUI, 2007).

La description morphologique et physico-chimique des sols de cette région est la suivante :

* 0-28 cm : sec, rouge clair à texture sableuse, structure polyédrique moyenne faiblement développée à sous structure particulaire, consistance et cohésion faibles, poreux, faiblement enraciné, effervescence moyenne à Hcl, limite distincte irrégulière.

RESULTATS ET DISCUSSION

* 28-92 cm : frais à humide de couleur rouge claire à texture sableuse, structure particulière, poreux, faiblement enraciné, consistance et cohésion faibles, limite peu nette irrégulière.

* 92-125 cm : idem que le précédent horizon, mais plus humide, moins enraciné, plus compact et moins poreux (KHADRAOUI, 2007).

Les résultats analytiques présentés dans le tableau N° : XIII, montrent que :

Le sol de notre région d'étude (le sol des 02 pivots) est caractérisé par une texture totalement sableuse. Le sol est très pauvre en matières organiques ($Mo \leq 1\%$), avec un pH alcalin.

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) sont $< 500 \mu\text{s/cm}$ ce qui rend le sol non salé selon l'échelle de DURAND (1983).

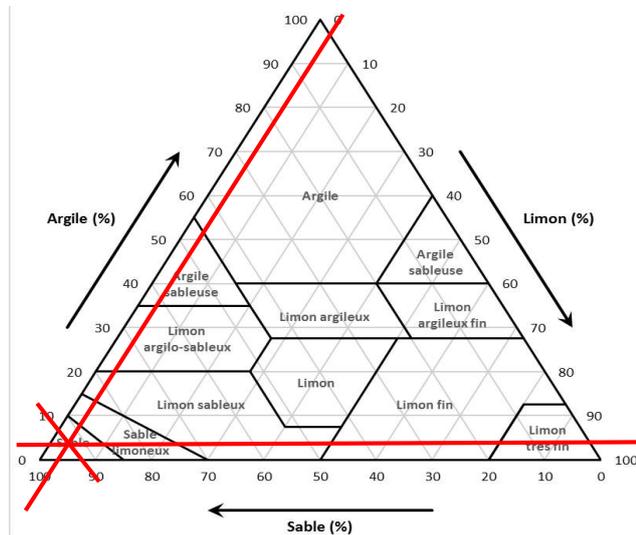


Figure n° 10 : Triangle de texture du sol du pivot non magnétisé.

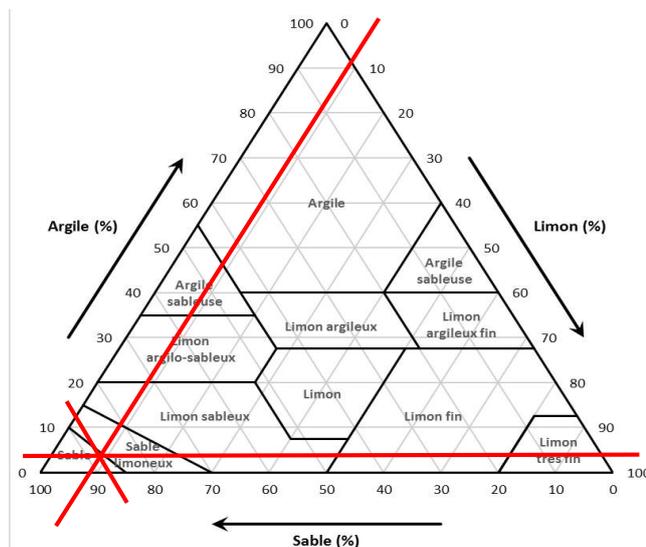


Figure n° 11 : Triangle de texture du sol du pivot magnétisé.

II. Analyses chimique de l'eau

Les résultats obtenus des analyses chimiques de nos échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau n° XIV : Résultats des analyses chimiques de l'eau.

N°	Nom des échantillons	Ca ⁺⁺ (méq/l)	Mg ⁺⁺ (méq/l)	Na ⁺ (méq/l)	K ⁺ (méq/l)	Cl ⁻ (méq/l)	SO ₄ ⁻ (méq/l)	CO ₃ ⁻ (méq/l)	HCO ₃ ⁻ (méq/l)	NO ₃ ⁻ (méq/l)	pH	CE 25°C (mS/cm)	CE 25°C (µS/cm)	RS (mg/l)	Salinité (g/l)	SAR	RS (mg/l)
1	Forage magnétisé + Urée	15,24	20,00	32,18	0,82	32,80	28,90	0,00	2,90	0,00	7,74	6,93	6930	4906	3,80	7,66	4851
2	Forage non magnétisé + Urée	15,22	17,68	33,91	0,80	31,56	29,42	0,00	3,05	0,00	7,77	6,97	6970	4960	3,82	8,36	4879
3	Forage magnétisé	15,22	17,68	32,72	0,83	32,97	28,90	0,00	3,00	0,00	7,70	6,94	6940	4900	3,80	8,07	4858
4	Forage avant magnétisation	15,72	17,68	33,59	0,83	31,89	28,63	0,00	3,05	0,00	7,74	6,94	6940	4882	3,80	8,22	4858
5	Forage non magnétisé	15,41	20,42	34,78	0,80	36,12	28,11	0,00	3,20	0,00	7,94	6,97	6970	4864	3,82	8,22	4879

RS (mg/l) : Calculée par la formule $RS \text{ (mg/l)} = 0,7 * CE \text{ (µS/cm)}$

SAR : Calculée par la formule suivante

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

Salinité (g/l) : Calculée par la formule

$$S = a_0 + a_1.R_t^{0.5} + a_2.R_t + a_3.R_t^{1.5} + a_4.R_t^2 + a_5.R_t^{2.5} + \{(t - 15)/[1 + k(t-15)]\} X (b_0 + b_1.R_t^{0.5} + b_2.R_t + b_3.R_t^{1.5} + b_4.R_t^2 + b_5.R_t^{2.5})$$

avec

$a_0 = 0,0080$	$b_0 = 0,0005$	$c_0 = 0,6766097$
$a_1 = -0,1692$	$b_1 = -0,0056$	$c_1 = 0,0200564$
$a_2 = 25,3851$	$b_2 = -0,0066$	$c_2 = 0,000110426$
$a_3 = 14,0941$	$b_3 = -0,0375$	$c_3 = -6,9698E-07$
$a_4 = -7,0261$	$b_4 = 0,0636$	$c_4 = 1,0031E-09$
$a_5 = 2,7081$	$b_5 = -0,0144$	$k = 0,0162$

$R_t = R / (R_p.R_t) = C_{S,t,p} / (42,914.R_t)$

$R = C_{S,t,p} / 42,914$ $\square a_i = 35,0000$ $\square b_i = 0,0000$

$R_p = 1$ (pour les mesures à faible profondeur)

$r_t = c_0 + c_1t + c_2t^2 + c_3t^3 + c_4t^4$

La lecture des résultats du tableau montre ce qui suit :

* Le pH : Pour le forage non magnétisé, le pH de l'eau diminue de 7,94 pour l'eau pure à 7,77 après l'ajout de l'urée ; et pour le forage magnétisé, le pH de l'eau diminue de 7,74 à 7,70 après la magnétisation de l'eau et rejoint 7,74 après l'ajout de l'urée.

* La Conductivité Electrique : elle est de 6,97 mS/cm pour le forage non magnétisé avant et après l'utilisation de l'Urée ; et pour le forage magnétisé, elle est de 6,94 mS/cm avant et après la magnétisation avec une légère diminution après l'utilisation de l'Urée (6,93 mS/cm). Donc la magnétisation de l'eau et l'utilisation des engrais n'ont aucun effet sur la conductivité électrique.

RESULTATS ET DISCUSSION

* La salinité : elle est de 3,82 g/l pour le forage non magnétisé et de 3,80 g/l pour le forage magnétisé, la magnétisation de l'eau et l'utilisation des engrais n'ont aucun effet sur la salinité.

* SAR : Pour le forage non magnétisé le SAR évolue de 8,22 à 8,36 après l'utilisation de l'urée ; par contre pour le forage magnétisé, il diminue de 8,22 à 8,07 après la magnétisation et il atteint 7,66 avec l'utilisation de l'urée.

* RS : pour le forage non magnétisé, on n'observe aucune évolution sur la valeur des RS après l'utilisation de l'urée, elle est de 4879 mg/l. Et pour le forage magnétisé, la valeur des RS est de 4858 mg/l avant et après la magnétisation, et elle diminue à 4851 mg/l après l'ajout de l'urée.

Donc, le procédé de magnétisation de l'eau n'a pas un effet direct sur la salinité de l'eau, et la conductivité électrique, mais il a un effet sur le pH, le SAR, et les RS.

Après l'analyse des données par le logiciel d'hydrochimie Diagrammes du Laboratoire d'Hydrogéologie, on a obtenu les graphes suivants :

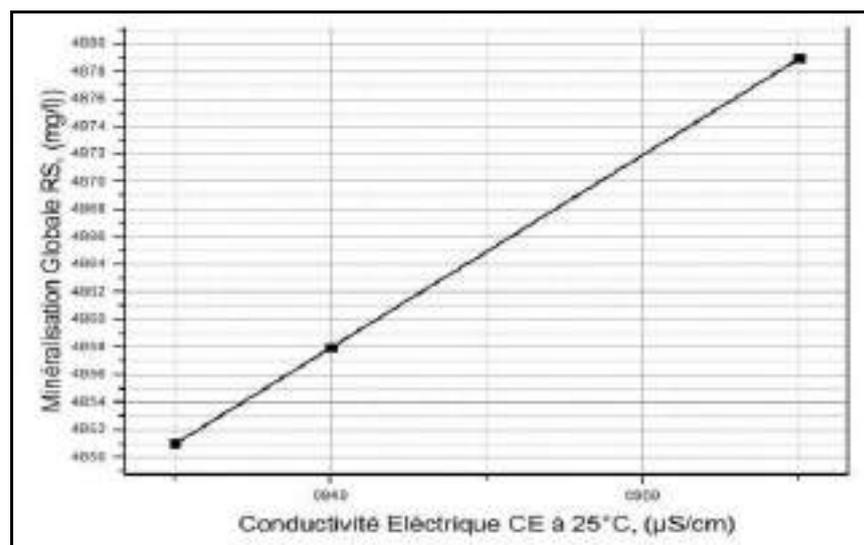


Figure n° 12 : Représentation linéaire de la minéralisation globale RS (mg/l) en fonction de la conductivité électrique CE (µS/Cm) des 5 échantillons.

L'effet directe de la salinité totale est de réduire la croissance des cultures et diminuer leur production, exprimée généralement par la minéralisation globale (ou résidu sec) ou aussi par la conductivité électrique. Cette dernière est liée au résidu sec (RS) et à la pression osmotique (π) par les formules suivantes :

$$\text{RS (mg/l)} = 0,7 * \text{CE (}\mu\text{S/cm)}$$

$$\pi \text{ (atm)} = 0,00036 * \text{CE (}\mu\text{S/cm)}$$

RESULTATS ET DISCUSSION

La salinité du sol est constituée par tous les sels de chlorures de sodium et des sulfates de magnésium, d'où on parle de salinité potentielle (SP), estimée par (DONEEN, 1961) par l'équation suivante :

$$SP = Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-} \text{ (még/l)}$$

La conductivité électrique représente la capacité d'une solution à conduire du courant électrique qui représente indirectement la mesure de solides dissous totaux (SDT) dans un échantillon d'eau.

La présence du sodium (Na) a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Le calcul de plusieurs paramètres tels que :

- Le Sodium Adsorption Ration (SAR),

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}, \text{ le } Ca^{++}, Mg^{++}, \text{ et le } Na^+ \text{ sont exprimés en még/l.}$$

- Le pourcentage de sodium (%Na),

$$\%Na = (Na^+ + K) * 1000 / Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+ + K^+$$

- L'indice de perméabilité :

$$IP (\%) = (Na^+ + \sqrt{HCO_3^-} / Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+) * 1000, \text{ (még/l)}$$

- Le pourcentage d'échange du sodium :

$$ESP = 100 * [b * (SAR) - a] / (1 + b * SAR - a), \text{ avec } a = 0,0126 \text{ et } b = 0,01475$$

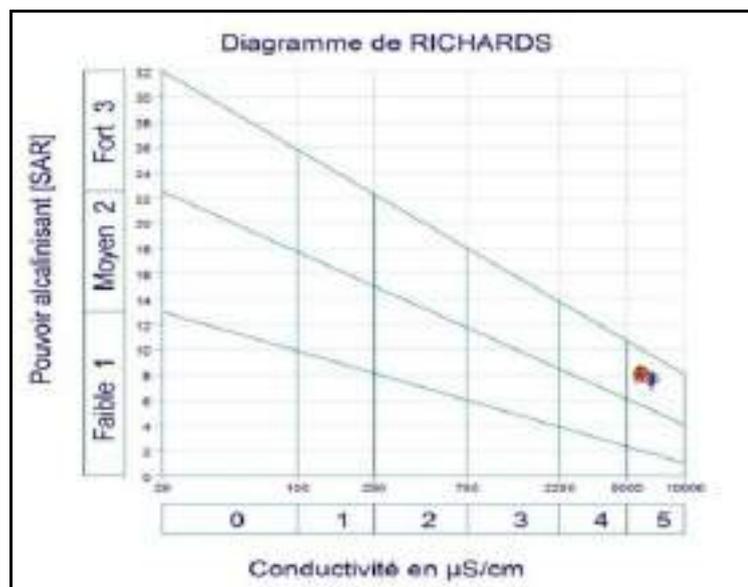


Figure n° 13 : Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (SAR).

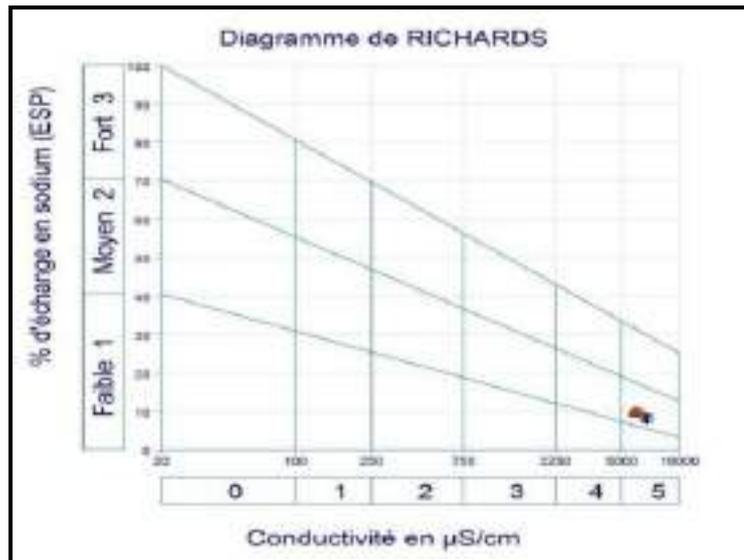


Figure n° 14 : Diagramme pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du (ESP).

Un diagramme dit de RICHARDS est essentiellement utilisé pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau, et l'indice d'adsorption du sodium (SAR en anglais) aussi appelé "pouvoir alcalisant" qui est une mesure du risque de la sodisation du sol du fait de l'irrigation. Le diagramme est découpé en quatre classes de salinité (axe des abscisses) et quatre classes de risques de sodisation (axe des ordonnées).



Figure n° 15 : Présentation triangulaire des eaux échantillonnées, diagramme de PIPER.

Le diagramme de Piper utilise les éléments majeurs pour représenter les différents faciès des eaux souterraines. Il permet également de voir l'évolution d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents. Le diagramme de Piper est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses. Le diagramme de Piper est composé de deux triangles et un losange. Les deux triangles (un triangle portant les cations et un autre les anions) sont d'abord remplis puis le losange. Les valeurs utilisées sont exprimées en $\% \text{.meq.L}^{-1}$.

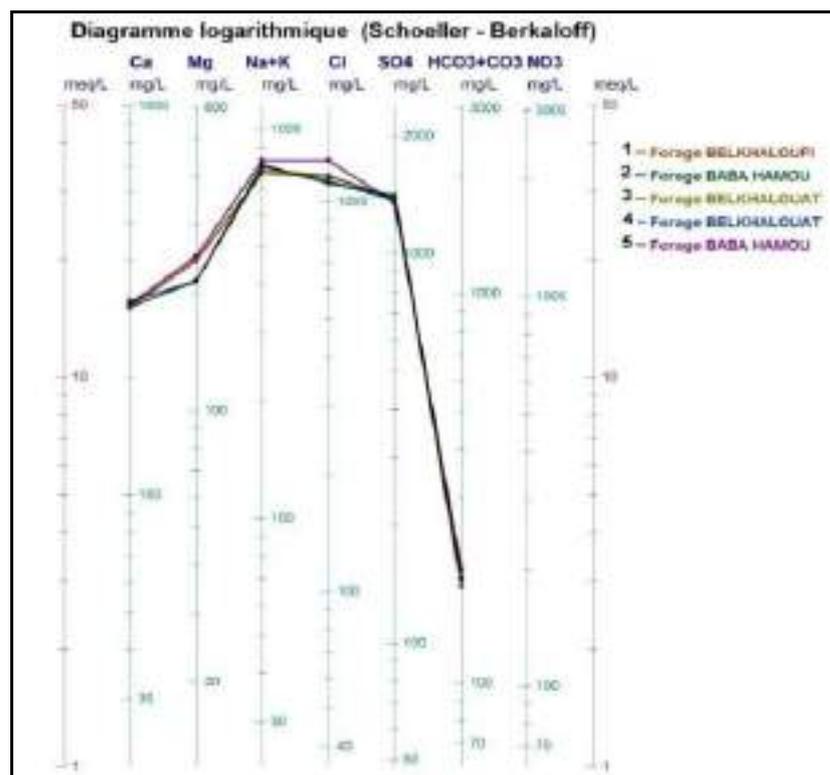


Figure n° 16 : Diagramme logarithmique des eaux échantillonnées, Diagramme de SCHOLLER-BERKALOFF.

Le diagramme de SCHOLLER permet entre autres de reconnaître simplement le faciès d'une eau souterraine, en utilisant les concentrations des éléments majeurs et en les reportant sur un graphique en colonnes à échelles logarithmiques.

Conclusion :

Ces diagrammes illustrent la caractérisation des eaux échantillonnées classées en **C5S3** montrant la relation entre le pouvoir alcalinisant (**SAR**) et la conductivité électrique (**CE**). De faciès chloruré et sulfaté calcique magnésien, ces eaux ont un pouvoir de salinisation très fort et un très fort pouvoir alcalinisant.

C5 S3 : qualité très mauvaise, à n'utiliser que dans les circonstances exceptionnelles.

Afin de déterminer le faciès chimique des eaux utilisées en irrigation de notre expérimentation, la représentation graphique sur des diagrammes de PIPER et de SCHOLLER-BERKALOFF nous a permis de classer le faciès de notre eau qui est chlorurée, sulfatée calcique et magnésienne.

Les résultats de nos 5 analyses font ressortir très positivement ce cas par la dominance du faciès des eaux qui est chlorurée calcique et sulfatée calcique et magnésienne, des eaux équilibrées (sans aucun anion dominant), comme l'illustre le diagramme de PIPER.

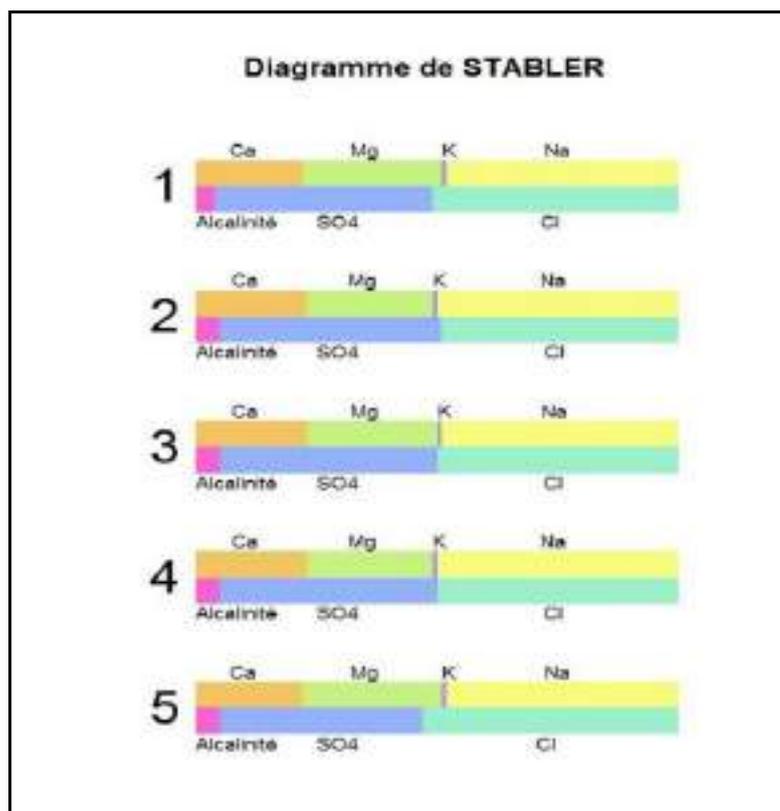


Figure n° 17 : Diagramme de COLLINS ou STABLER.

Le diagramme de Collins est utilisé pour déterminer rapidement les différents titres d'une eau (titre d'alcalimétrie, titre en sels d'acides forts et titre d'hydrotimétrie). Pour cela les concentrations en meq.L^{-1} des anions et des cations sont reportés sur deux barres ou colonnes distinctes de même longueur, les concentrations étant reportées en %. La détermination des différents titres est alors visuelle.

Dans notre cas, les 5 échantillons ont presque une même tendance (eau chlorurée sulfatée sodique), alors que pour le forage non magnétisé, le SO_4^{2-} évolue après l'utilisation de l'urée ; et pour le forage magnétisé le Na^+ diminue après la magnétisation de l'eau et l'ajout de l'urée.

II.1. Etude de l'efficacité de l'appareil de magnétisation

L'appareil de magnétisation de l'eau d'irrigation a été placé pour la 1^{ère} fois au niveau du forage en 2016 (campagne agricole 2016/2017). L'objectif est l'amélioration du rendement suite à la bonne réputation de cette technique après son utilisation chez l'investisseur ZERGOUNE dans la région de N'goussa, et les rendements importants obtenus dans son exploitation.

Nous retenons les paramètres suivants pour l'étude de l'efficacité de l'appareil de magnétisation utilisée pour lutter contre les effets de la salinisation des eaux d'irrigation.

A. Analyse chimique de l'eau du forage magnétisé

Tableau n° XVI : Résultats des analyses chimiques de l'eau du forage magnétisé.

Nom des échantillons	Ca ⁺⁺ (méq/l)	Mg ⁺⁺ (méq/l)	Na ⁺ (méq/l)	K ⁺ (méq/l)	Cl ⁻ (méq/l)	SO ₄ ⁻ (méq/l)	CO ₃ ⁻ (méq/l)	HCO ₃ ⁻ (méq/l)	NO ₃ ⁻ (méq/l)	pH	CE 25°C (mS/cm)	CE 25°C (µS/cm)	RS (mg/l)	Salinité (g/l)	SAR	RS (mg/l)
Eau avant magnétisation	15,72	17,68	33,59	0,83	31,89	28,63	0,00	3,05	0,00	7,74	6,94	6940	4882,00	3,80	8,22	4858
Eau après magnétisation	15,22	17,68	32,72	0,83	32,97	28,90	0,00	3,00	0,00	7,70	6,94	6940	4900,00	3,80	8,07	4858

La caractérisation physicochimique de l'eau du forage magnétisé (avant et après la magnétisation) montre que la magnétisation entraîne une diminution du pH de 7,74 à 7,70 et du SAR de 8,22 à 8,07. Alors qu'elle n'a pas un effet direct sur la salinité de l'eau, la conductivité électrique, et les Résidus Secs.

Pour la composition minéralogique de l'eau, on constate que la magnétisation de l'eau n'a pas un effet sur les valeurs de Mg⁺⁺ et K⁺ bien qu'elle a un effet de diminution sur les valeurs de Ca⁺⁺, Na⁺ et HCO₃⁻; et un effet d'augmentation sur les valeurs de Cl⁻ et SO₄⁻.

Nos résultats se concordent avec ceux obtenus par (GACEM et ABDELNEBI, 2017), dans lesquels l'auteur a remarqué une diminution des valeurs du pH de l'eau magnétisée par rapport à celle non magnétisée, aussi les variations sont non significatives pour les cations et les anions.

III. Tests d'évolution de la température de l'eau

Les résultats obtenus dans les tests suivants se correspondent aux résultats obtenus dans le travail de recherche de MARWENI (2015).

III.1. Test de réchauffement d'eau

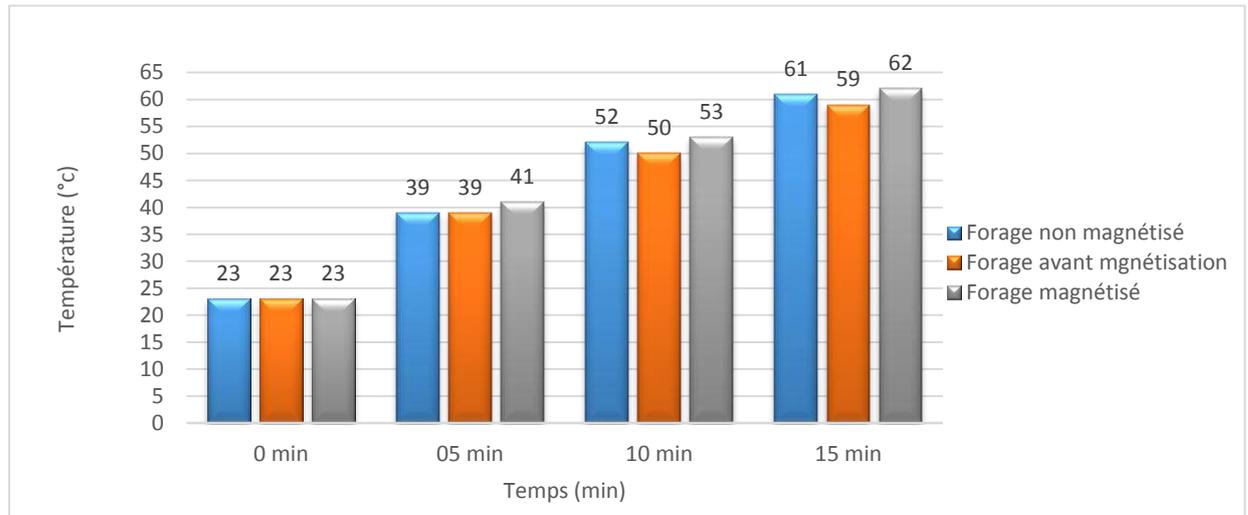


Figure n° 18 : Evolution de la température dans le test de réchauffement de l'eau.

Ce test est réalisé pour étudier la vitesse de transfert de chaleur en fonction du temps dans l'eau magnétisée et l'eau non magnétisée. D'après la figure n° 18, on constate que la vitesse de transfert de chaleur de l'eau magnétisée est pratiquement comparable à l'eau avant magnétisation et celle du forage non magnétisé. Après 15 minutes, la température de l'eau magnétisée atteint 62°C contre 59°C enregistrée pour l'eau avant magnétisation du même forage et 61°C pour l'eau du forage non magnétisé.

III.2. Test de refroidissement de l'eau

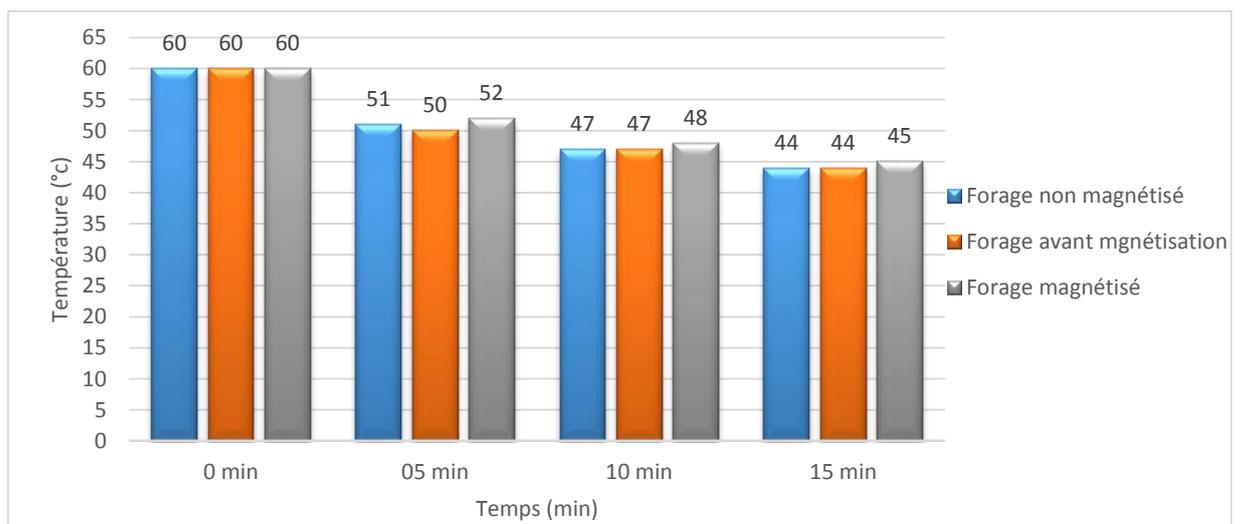


Figure n° 19 : Evolution de la température dans le test de refroidissement de l'eau.

Cette expérience est réalisée pour comparer la vitesse de refroidissement de l'eau. En effet, après le chauffage des 03 échantillons d'eau dans le précédent test jusqu'à une température de 60°C, nous avons effectué la mesure de la température en continu pour évaluer la vitesse de chute de la température.

L'examen de la figure n° 19, montre que le refroidissement d'eau de nos échantillons est pratiquement identique avec une légère lenteur de refroidissement de 01°C après 15 minutes pour l'eau magnétisée par rapport à l'eau non magnétisée du même forage et l'eau de l'autre forage non magnétisé.

III.3. Test de congélation de l'eau

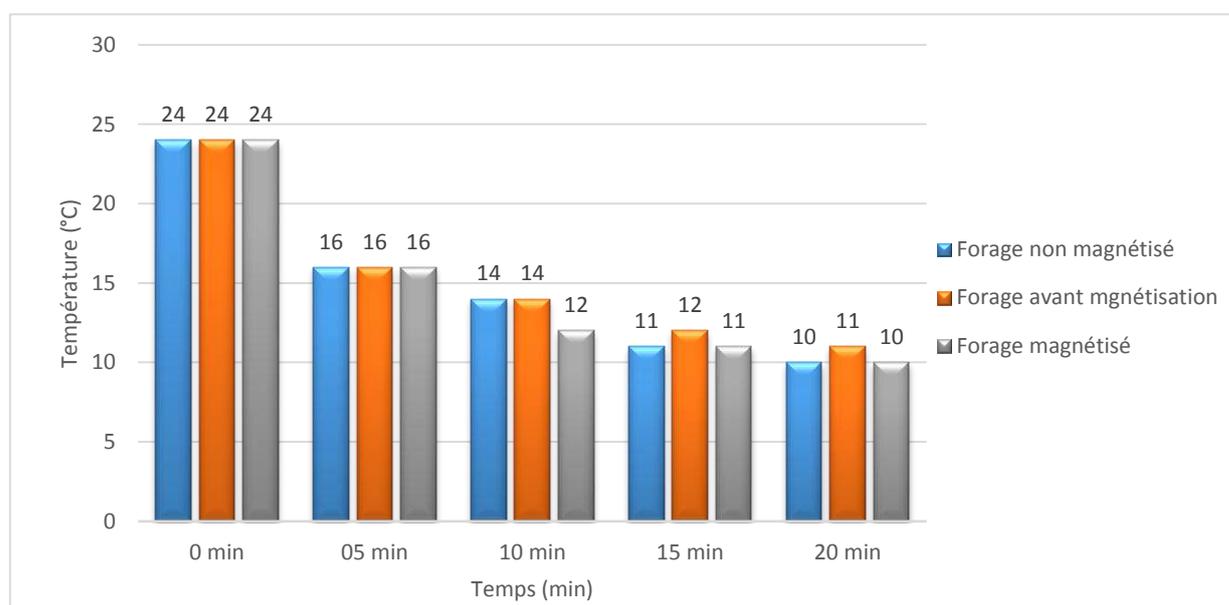


Figure n° 20 : Evolution de la température dans le test de congélation de l'eau.

Cette expérience est élaborée dans le but de différencier la vitesse de congélation en fonction du temps. D'après la figure n° 20, après 20 minutes on remarque qu'il y a une légère différence entre la vitesse de congélation de l'eau magnétisée par rapport à celle non magnétisée. En fait, la congélation de l'eau magnétisée est légèrement plus rapide que celle de l'eau non magnétisée.

IV. Taux de germination de la semence

Suivant le comptage effectué après la germination de notre semence, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau n° XVII : Dénombrement des plantules germées (Taux de germination).

	1 ^{er} jour		2 ^{ème} jour		6 ^{ème} jour		8 ^{ème} jour		10 ^{ème} jour	
	N ^{bre} grains germés	Taux de germination %	N ^{bre} grains germés	Taux de germination %	N ^{bre} grains germés	Taux de germination %	N ^{bre} grains germés	Taux de germination %	N ^{bre} grains germés	Taux de germination %
Pivot non magnétisé	15,33	61,32	22	88	23,33	93,32	23,66	94,64	23,66	94,64
Pivot avant magnétisation	16,33	65,32	21,33	85,32	23	92	23	92	23	92
Pivot magnétisé	17,66	70,64	22,33	89,32	23,33	93,32	24	96	24	96

Le taux de germination est donc de 94,64 % pour le pivot non magnétisé, et de 96 % pour le pivot magnétisé (le taux est de 92% pour le même pivot avant magnétisation). Pour le blé, nous déduisons que la semence est physiologiquement bonne pour permettre une bonne levée de la culture si les conditions de la culture, de germination et de développement des jeunes plants sont favorables au niveau du champ.

V. Quelques caractères morphologiques de la plante

V.1. Hauteur de la plante

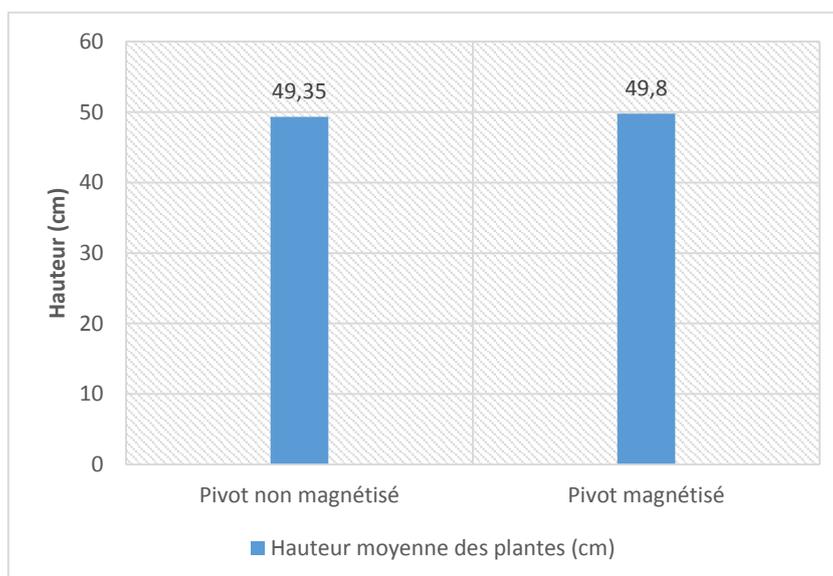


Figure n° 21 : Hauteur moyenne des plantes.

La hauteur de la plante est mesurée à la maturité, du ras du sol jusqu'au sommet de la plante. On compte 05 échantillons par carré, soit 20 échantillons par pivots. Elle est exprimée en cm.

Selon les caractéristiques morphologiques de la variété semée (HIDDAB), la longueur de la plante à la maturité varie de 90 cm à 110 cm ; Hors pour les lots échantillonnés dans notre expérimentation (20 plants / pivot), la longueur des plants n'atteint pas cette valeur et varie de 38 cm à 63 cm pour les plants du pivot non magnétisé, et entre 35 cm et 64 cm pour les plants du pivot magnétisé ; même dans l'ensemble des plants des deux pivots, la longueur des plants n'atteint pas les 90 cm.

Pour les moyennes enregistrées dans notre cas, l'histogramme de la figure n° 21, montre une légère différence entre les valeurs enregistrées pour les deux pivots, cette différence est inférieure à 01 cm (elle est de 0,45 cm). La hauteur moyenne des plants est de 49,35 cm pour le pivot non magnétisé, et 49,8 cm pour le pivot magnétisé.

Ces faibles valeurs enregistrées sont influencées par la faible nutrition azotée et les perturbations de température, puisque selon certains auteurs, pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (CLEMENT-GRANCOURT et PRATS, 1971 in NADJEM, 2012).

Et selon SOLTNER (1999), la température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison.

Selon MARWENI (2015) et GACEM et ABDELNEBI (2017), la magnétisation de l'eau influe positivement sur la longueur des tiges.

Pour l'analyse statistique, la valeur de P étant largement supérieure au seuil de signification 0,05, on conserve donc l'hypothèse nulle (pas de différence significative), on peut donc conclure que les valeurs de la hauteur des plantes ne diffèrent pas significativement.

V.2. Longueur des épis sans barbes

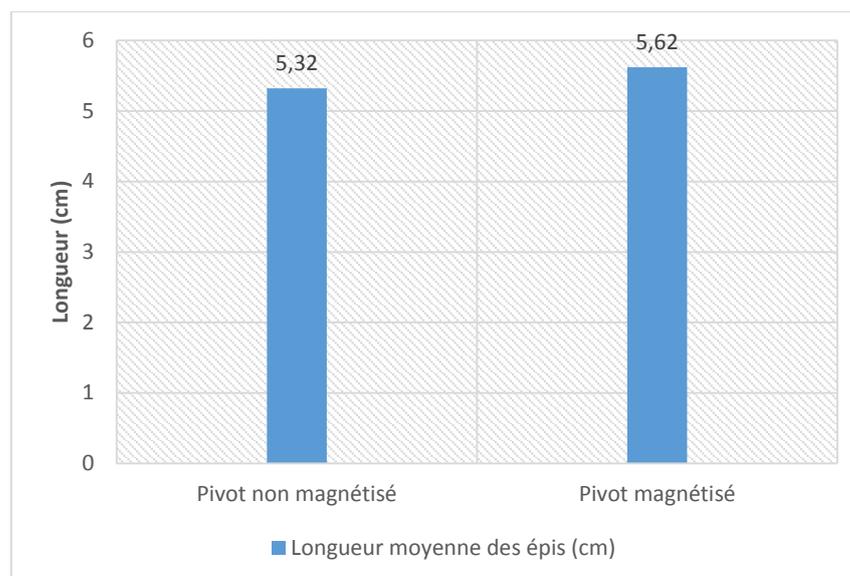


Figure n° 22 : Longueur moyenne des épis.

On mesure un échantillon de 05 épis sans barbes par carré, au stade maturité à partir de la base de l'épi (1^{er} article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal. Elle est exprimée en cm.

Dans les lots échantillonnés de notre expérimentation (20 épis / pivot), la longueur des épis varie entre 03 cm et 08 cm pour les échantillons d'épis du pivot non magnétisé, et entre 04 cm et 07,5 cm pour les échantillons d'épis du pivot magnétisé.

Pour les moyennes enregistrées dans notre cas, l'histogramme de la figure n° 22, montre une légère différence entre les valeurs enregistrées pour les deux pivots, cette différence est de 0.3 cm ; La hauteur moyenne des épis est de 5,32 cm pour le pivot non magnétisé et 5,62 cm pour le pivot magnétisé.

Selon BOUTOUIL (2007), C'est au cours de cette période d'épiaison que s'achève la formation des organes floraux et que va s'effectuer la fécondation, c'est la floraison. Le nombre de fleurs fécondées au cours de cette période critique dépend de :

- La nutrition azotée ;
- L'évapotranspiration.

Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (MASLE-MEYNARD, 1980).

Concernant l'analyse statistique, on a $P > 0,05$, donc pas de différence significative.

VI. Paramètres de calcul du rendement

VI.1. Nombre de plants / m² (Stade levée)

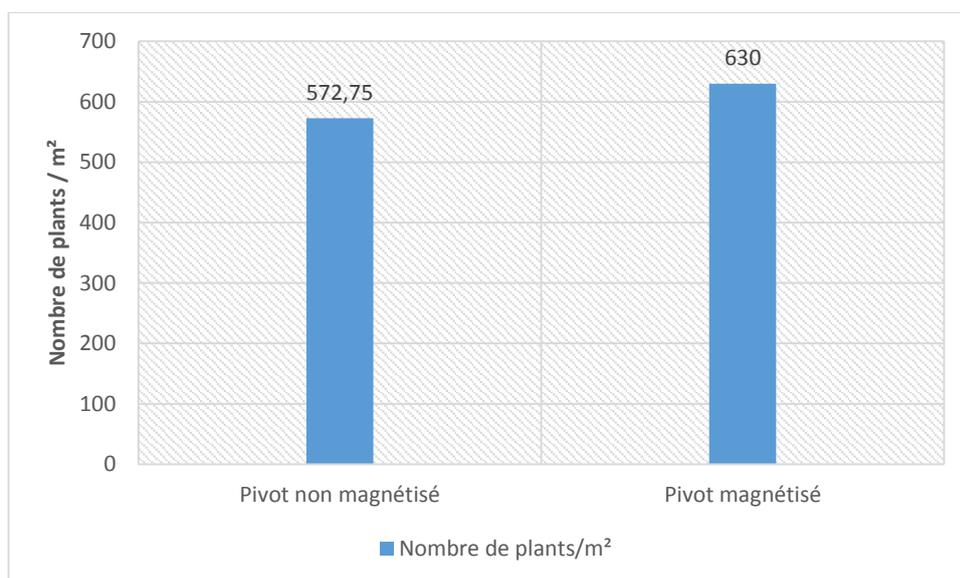


Figure n° 23 : Nombre de plants / m².

La densité du semi dans notre expérimentation est de 2,2 Qx /ha. La densité de semence utilisée par m² est de : 0.022 kg /m² (22 g / m²) avec un poids moyen de 1000 grains de **33,05 g** (le poids d'un grain est de : 0.03305 g), donc la densité de semis en grains par m² est de : **665,65 grains / m² (~ 666 grains / m²)**.

Le taux de germination de notre semence est de 94,64 % pour le pivot non magnétisé et de 96 % pour le pivot magnétisé, donc le nombre attendu des plants / m² est de **630 plants / m²** pour le pivot non magnétisé et **639 plants / m²** pour le pivot non magnétisé.

Selon l'histogramme de la figure n° 23, le nombre des plants / m² au stade levée pour le pivot non magnétisé est de 572,75 (~ 573), donc on a une perte de 57 grains non germés, et pour le pivot magnétisé le nombre des plants / m² au stade levée est de 630, donc on a une perte de 09 grains non germés.

En conclusion, le pivot magnétisé a enregistré une valeur supérieure à celle du pivot non magnétisé en terme de nombre de plants / m² au stade levée, et une valeur inférieure en terme de nombre de grains non germés.

Nos résultats qui montrent un taux de germination meilleur chez les grains arrosés par l'eau magnétisée et un de nombre de plants /m² supérieur pour le pivot magnétisé, se correspondent avec les résultats obtenus par (MARWENI, 2015 et GACEM et ABDELNEBI, 2017), leurs résultats montrent bien l'action positive de la magnétisation de l'eau sur le taux de germination.

Selon MAJD et SHABRANGI (2009), ces résultats sont dus à l'effet positif de la magnétisation sur l'augmentation du taux de germination des grains. Ceci peut être attribué à une augmentation de l'absorption de l'eau suite au traitement magnétique.

Pour l'analyse statistique $P > 0,05$, donc pas de différence significative, et les valeurs du nombre de plants / m^2 ne diffèrent pas significativement.

VI.2. Nombre de talles / m^2 (Stade tallage)

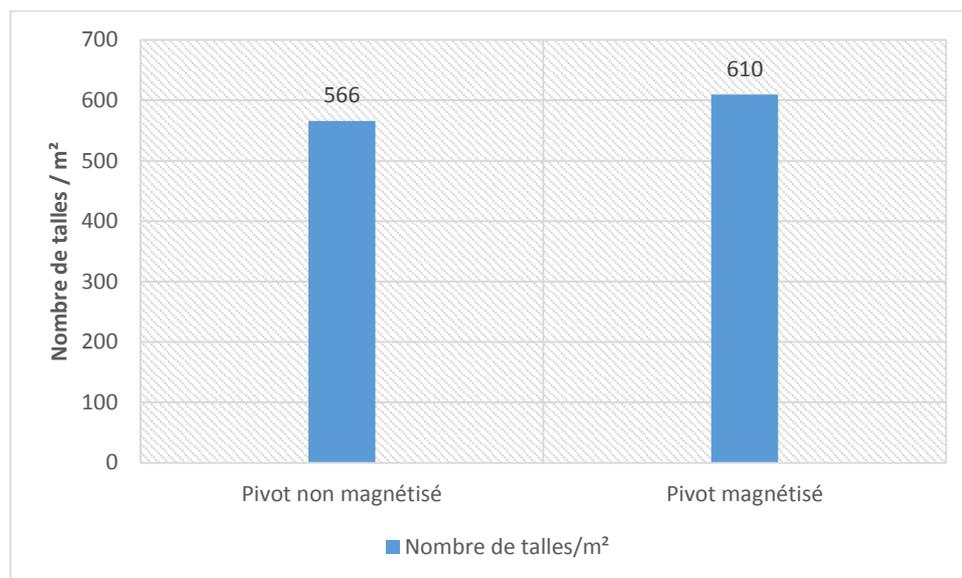


Figure n° 24 : Nombre de talles / m^2 .

L'histogramme la figure n° 24 représente le nombre de talles / m^2 au stade tallage. Il est de 566 talles pour le pivot non magnétisé et 610 talles pour le pivot magnétisé.

Le pivot magnétisé a enregistré une valeur supérieure à celle du pivot non magnétisé, mais ces valeurs restent très faibles par rapport au nombre de plants / m^2 comptés au stade levée et par rapport aux caractéristiques morphologiques de la variété (tallage moyen à fort).

L'importance du tallage dépend : de la variété, de la densité de semis, de la densité d'adventices et de la nutrition azotée **BELAID (1996)**.

Dans notre cas, la variété HIDDAB est caractérisée par un tallage moyen à fort, mais la densité de semi est très élevée (2,2 Qx/ha) par rapport à celle recommandée pour la variété (de 1 à 1,4 Qx/ha), influe directement sur le nombre faible de talles / m^2 .

Certains auteurs comme ALADJADJIYAN (2002), rapportent l'effet positif de la magnétisation de l'eau sur l'augmentation du développement foliaire et racinaire et l'augmentation de la biomasse totale des plantes.

Pour l'analyse statistique, la valeur de P étant largement supérieure au seuil de signification 0,05, donc l'hypothèse est nulle, on peut conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs du nombre de talles / m².

VI.3. Nombre de talles / plant (coefficient de tallage)

Le coefficient de tallage est le rapport nombre de talles / plant, le comptage du nombre moyen de talles a été fait pour 10 plants / carré, soit 40 plants pour chaque pivot.

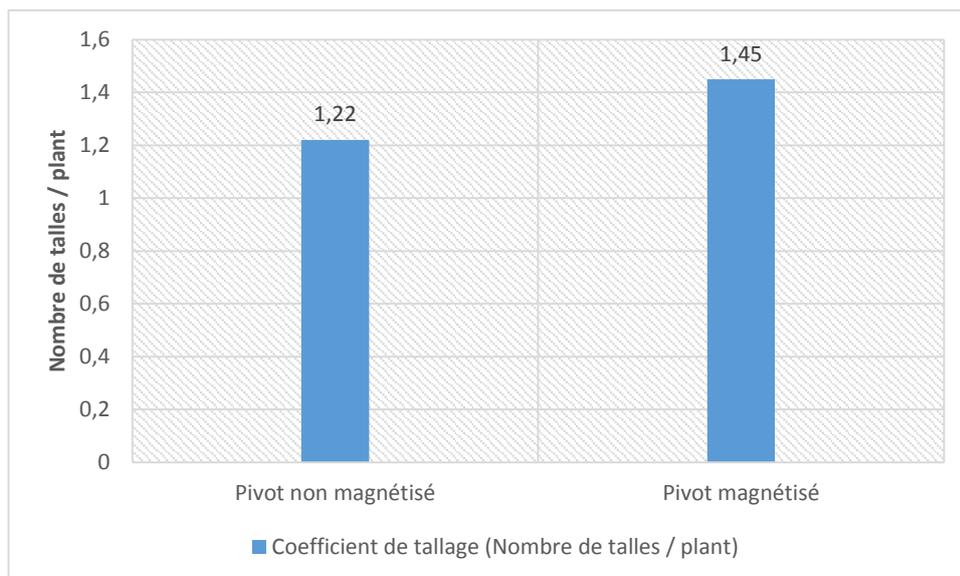


Figure n° 25 : Coefficient de tallage (nombre de talles /plant).

Le coefficient de tallage (figure n° 25) est supérieur pour les plantes sous pivot magnétisé par rapport aux plantes sous pivot non magnétisé mais les deux valeurs restent très faibles (< 2).

Ce faible coefficient de tallage est dû aux perturbations climatiques et les chutes des températures dans la période du tallage, puisque la température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison selon (SOLTNER, 1999).

Un autre facteur qui a influé directement le tallage de notre culture, c'est le déficit hydrique. Si un déficit hydrique se produit pendant la phase de la montaison, le taux de disparition des talles déjà apparues augmente (RAMOS, 1992 *in* BOUZIANE, 2001).

Dans notre cas, les deux pivots ont subi une panne d'électrification (du 13 au 18/01/2018 pour le pivot non magnétisé et du 18 au 20/01/2018 pour le pivot magnétisé), et une autre panne de pompe du pivot magnétisé du 21 au 27/02/2018.

L'analyse statistique du coefficient de tallage montre qu'il n'y a pas de différence significative pour ce paramètre.

VI.4. Nombre d'épis / m² (Stade épiaison)

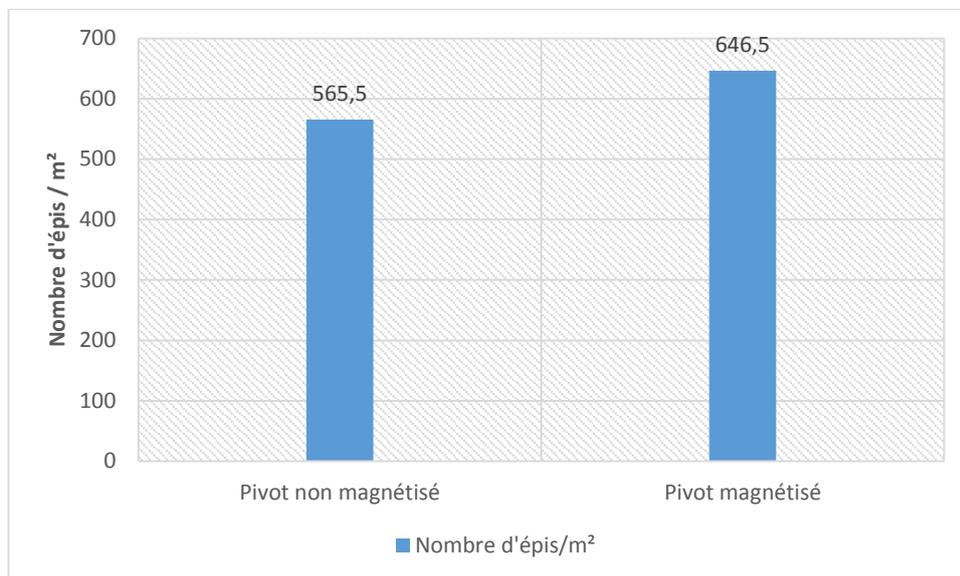


Figure n° 26 : Nombre d'épis / m².

Cette composante est influencée directement par le taux de tallage, donc les valeurs moyennes enregistrées sont faibles, mais la valeur moyenne enregistrée pour le pivot magnétisé est supérieure à celle du pivot non magnétisé.

Selon certains auteurs, en plante isolée ou semi-clair, un bon nombre de ces talles devient des épis et donc influent beaucoup sur le nombre d'épis. Le tallage épi découlant directement du tallage herbacé dépend directement de plusieurs facteurs dont le plus important est la meilleure adéquation des besoins aux offres de photosynthèse (MARSHALL et WARDLALN, 1973 ; QUINLAN et SAGAR, 1962 ; RAWSON et HOESTRA, 1969 in MEZIANI, 1985).

Le nombre et la taille des épis dépendent de l'efficacité de la photosynthèse à partir de l'initiation florale ; le nombre d'épis par plante augmente parallèlement aux apports d'engrais (KHERAT, 1992 cité par BOUZIANE, 2001).

Seuls les talles ayant dépassés le stade A, au moment du stade B du « maître brin » sont susceptibles de donner un épi. Cette composante s'élabore à un moment où les besoins de la plante sont importants : si ces derniers ne sont pas couverts, le nombre d'épis sera réduit. Un peuplement élevé peut parfois pénaliser le nombre de talles par épi, ce qui explique la relation négative : nombre de plante et nombre d'épis (GRIGNAC, 1965).

L'analyse statistique pour ce paramètre conclure que ces valeurs ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$).

VI.5. Nombre de grains / épi (Stade maturité)

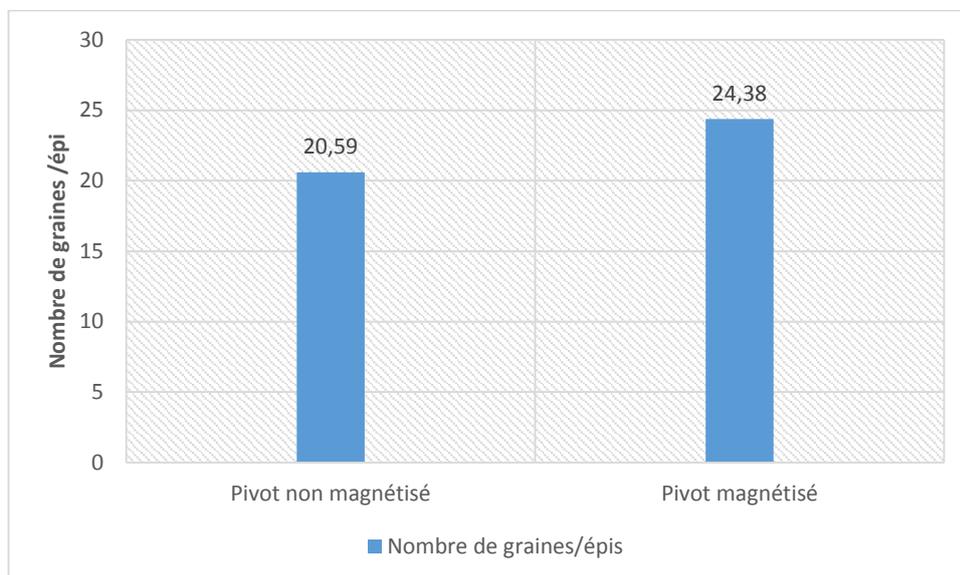


Figure n° 27 : Le nombre de grains /épis.

Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale très influencée par le nombre d'épi/m², il agit directement sur le nombre de grains /m² (COUVREUR, 1981).

L'élaboration de cette composante s'étale sur presque toute la totalité de la période reproductrice ; Cette composante influençant sur le rendement et la variabilité s'explique par la densité des grains par m². Le nombre de grains par épi dépend de la disponibilité de l'eau pendant la phase végétative et pendant la phase d'élongation de la tige (GARCIA DEL MORAL et RAMOS, 1992 in BOUZIANE, 2001).

Il existe une relation très étroite entre le nombre de grains par épi présent à la récolte et la disponibilité en eau pendant la phase végétative de la tige.

La fertilité de l'épi se détermine sur une période de temps. Les pièces florales se différencient en même temps que la tige s'allonge, le nombre d'ovules par épi est fixé quelques jours après la fin de la montaison. Cette dernière correspond à la mise en place du nombre d'épis et du nombre de grains par épi, incluant la possibilité d'avortement après fécondation dans le cas extrême d'une forte limitation nutritionnelle pour le remplissage du grain (FISHER et MAURER, 1978 in BOUZIANE, 2001 ; TRIBOIE, 1986). Des conditions d'alimentation azotées et hydriques contraignantes ainsi qu'une faible énergie lumineuse affecteront l'activité photosynthétique et par conséquent pénaliseront la fertilité des épillets (MEKCLICHE, 1983).

Pour notre cas d'expérimentation, le nombre de grains / épis est important dans le pivot magnétisé par rapport au pivot non magnétisé.

La conclusion de l'analyse statistique des valeurs du nombre de grains / épis conserve l'hypothèse nulle (pas de différence significative) puisque la valeur de P est largement supérieure au seuil de signification 0,05.

VI.6. Rendement

Le rendement est le résultat des phases successives de croissance et de développement, comprenant la mise en place d'organes et le processus de leur accroissement en taille directement liée à l'énergie interceptée et à la disponibilité en eau et des éléments minéraux absorbés par le système racinaire (BEBBA, 2011).

Le calcul du rendement théorique a été réalisé selon la formule :

$$\text{Rendement (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre d'épis/m}^2 \times \text{Nombre de grains/épi} \times \text{poids d'un grain (g)}$$

Le calcul du rendement pratique a été réalisé après avoir effectué un prélèvement et la moisson manuelle des épis de 04 échantillons de 1 m² de chaque pivot. Après battage manuel, nous avons pesé chaque échantillon à part, nous avons déterminé leur moyenne ainsi nous avons déduit le rendement à l'hectare.

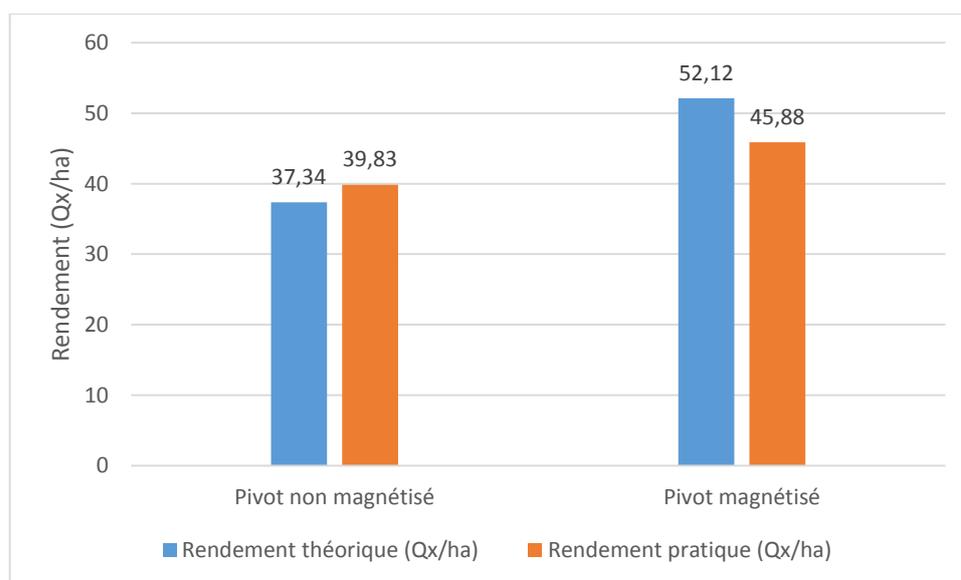


Figure n° 28 : Rendement théorique et le rendement pratique.

Selon la figure n° 28, les rendements calculés (théorique et pratique) sont supérieurs pour le pivot magnétisé par rapport au pivot non magnétisé, ce qui montre l'effet de la magnétisation de l'eau sur le rendement des céréales.

Les auteurs GACEM et ABDELNEBI (2017), ont obtenus dans leur travail d'expérimentation des rendements plus élevés chez les plantes irriguées par l'eau magnétisée.

Hors, pour le pivot magnétisé le rendement pratique est inférieur au rendement théorique (le rendement théorique = 52,12 Qx/ha et le rendement pratique = 45,88 Qx/ha). Cette régression est due au stress hydrique causé par la panne de la pompe, et la non maîtrise de la fertigation et de la conduite culturale ; ce qui a donné naissance à quelques problèmes sur champs tel que l'apparition de la maladie de Fusariose, et le jaunissement des plantes en quelques parties du pivot qui est causé par l'excès d'humidité et la nature du sol mal drainé dans quelques endroits.

Par contre pour le pivot non magnétisé, le rendement pratique est supérieur au rendement théorique (le rendement théorique = 37,34 Qx/ha et le rendement pratique = 39,83 Qx/ha), un résultat qui est dû à un savoir-faire plus important et moins de problèmes durant la campagne agricole par rapport aux problèmes rencontrés chez le pivot magnétisé.

Un petit calcul montre que cette technique donne un gain de 6,05 Qx/ha, soit 151,25 Qx/25 ha.

Selon la culture de céréales semée et le prix de l'appareil de désalinisation de l'eau par le procédé magnétique (le prix suivant la marque et le fournisseur) ; les agriculteurs peuvent amortir cet appareil après 2 à 3 campagnes agricoles.

Pour l'analyse statistique, la valeur de P étant largement supérieure au seuil de signification 0,05, on conserve donc l'hypothèse nulle (pas de différence significative), on peut donc conclure que les valeurs du rendement ne diffèrent pas significativement.

CONCLUSION

Au terme de notre travail de recherche sur l'effet de l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation sur la culture des céréales (blé tendre – variété HIDDAB) 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 rendement.

Les agriculteurs sont engagés à utiliser cette technique de désalinisation de l'eau d'irrigation par le procédé magnétique, malgré la rareté et l'indisponibilité des études qui confirment ou infirment l'effet positif de cette technique sur l'agriculture dans notre région.

Les résultats obtenus, nous ont permis de retenir ce qui suit :

- L'estimation de l'efficacité de l'appareil de magnétisation : la magnétisation entraîne une diminution du pH de 7,74 à 7,70 et du SAR de 8,22 à 8,07, alors que, elle n'a pas un effet direct sur la salinité de l'eau, la conductivité électrique, et les Résidus Secs.
Pour la composition minéralogique de l'eau, on constate que la magnétisation de l'eau n'a pas un effet sur les valeurs de Mg^{++} et K^+ , bien qu'elle a un effet de diminution sur les valeurs de Ca^{++} , Na^+ et HCO_3^- ; et un effet d'augmentation sur les valeur de Cl^- et SO_4^{--} .
- Les tests d'évolution de la température de l'eau : l'eau magnétisée se réchauffe plus vite, se refroidisse plus lentement et se congèle rapidement, et ce comparativement à l'eau non magnétisée.
- Le test de germination de la semence : les grains irrigués avec l'eau magnétisée ont enregistrés un taux de germination élevé par rapport aux grains irrigués avec l'eau non magnétisée.
- Les caractères morphologiques de la plante : les valeurs enregistrées pour les échantillons du pivot magnétisé sont légèrement supérieures à celle enregistrées pour les échantillons du pivot non magnétisé, que ce soit pour la hauteur des plants ou bien pour la longueur des épis.
- Les composantes du rendement : durant toute la campagne agricole et dans tous les stades de notre culture, les valeurs enregistrées pour le pivot magnétisé ont été supérieures à celles du pivot non magnétisé.
- Concernant la variation du rendement et ses composantes, l'étude des résultats obtenus de l'expérimentation a permis de dégager les constatations suivantes : La meilleure moyenne du rendement est celle enregistrée au niveau du pivot magnétisé avec un rendement

CONCLUSION

théorique de 52,12 Qx/ha et un rendement pratique de 45,88 Qx/ha, contre un rendement théorique de 37,34 Qx/ha et un rendement pratique de 39,83 Qx/ha enregistrés au niveau du pivot non magnétisé. Un petit calcul économique montre la rentabilité de cette technique, par un gain de 6,05 Qx/ha, soit 151,25 Qx/25 ha.

Une observation générale des résultats obtenus donne :

- Le rendement en grains est plus important sous l'effet du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation.
- La germination et le développement des plants, sont plus importants dans le pivot utilisant l'eau magnétisée.

Cependant, il faut rappeler que ces résultats ne sont valables que pour les parcelles d'étude avec leurs caractéristiques du sol, les conditions climatiques de l'année de l'expérimentation et la variété du blé tendre HIDDAB.

Pour compléter ce travail, nous suggérons que la même étude soit répétée dans d'autres parcelles et dans d'autres régions en utilisant d'autres variétés des céréales pour cerner le degré de généralisation de ces résultats.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **AGASTIAN P, KINGSLEY SJ, VIVEKANANDAN M 2000.** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*. 38: 287 – 290.
- **ALADJADJIYAN A. 2002.** Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. *J. Central Euro. Agric.* 3(2): 89-94.
- **AL-MUFARREJ S., AL-BATSHAN H.A., SHALABY M.I. et SHAFEY T.M. 2005.** The Effects of Magnetically Treated Water on the Performance and Immune System of Broiler Chickens in *International Journal of Poultry Science* 4 (2): 96-102, 2005
- **A.N.R.H, 2011.** Les ressources hydriques au Sahara. Agence Nationale des Ressources Hydriques, 2011.
- **ARAR. H, 2002.** Détermination de la période optimale du préparé de printemps (travail du sol) pour une conservation maximale de la teneur en eau dans le sol dans une région semi-aride. Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA. 63 P.
- **AURIAU P., DOUSSINAULT G., JAHIER J., LECOMTE C., PIERRE J., PLUCHARD P., ROUSSET M., SAUR L. et TROTTE M. 1992.** Le blé tendre. *In* : GALLAIS A. et BANNEROT H. (Eds.), *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA, Paris, pp. 22-38.
- **AUSTIN R.B. et JONES H.G. 1975.** The physiology of wheat—*Annual Report-Plant breeds inst.* Cambridge inst. England, pp: 327-355.
- **BAJJI M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants soma clonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- **BEBBA, S., 2011.** Essai de comportement de deux variété de blé dur (*Triticum durum* L.var.Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mémoire d'ingénieur. UKM Oaargla. 70 P.
- **BEKKAIR A. et DRENI M., 1995.** Etude de la production d'une variété de blé tendre (var. ccinia), Thèse. Ing. Agro. Saha., ITAS, Ouargla, 44 p.
- **BELAID D. 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun .Alger, 206 p.

- BEN AHMED, C., BEN ROUINA, B., SENSOY, S., BOUKHRIS, M., BEN ABDALLAH, F., 2009.** Changes in gas exchange, proline accumulation and anti-oxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environ. Exp. Bot.* 67, 345–352.
- BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M. et REZGUI S. 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- BOULELOUAH N. 2002.** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA. INA. Paris Grignon, 33p.
- BOUTOUIL, A., 2007.** Effet du disque (charrue a disque) sur les différents précédents culturaux (chaumes, jachère travaillée, jachère nue) et leurs impacts sur le rendement dans la zone de Timgad (Ferme pilote ABDESSAMED SALAH - Sidi Maâncer) (W. de BATNA). Mémoire d'ingénieur. Univ. Batna. 158p.
- **BOUZIANE. A, 2001.** Influence de trois itinéraires techniques sur le rendement d'un blé dur (Variété : Mexicali) dans le sud de KHENCHELA (ROUIDJEL). Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA. 46 P.
- **CANDELON. P, 1981.** Matériel de préparation et de fertilisation des sols. Edition : J. B. Baillièrre. PARIS, 216 P.
- **CCLS OUARGLA, 2018.** Coopérative des Céréales et des Légumes Secs.
- CHAOUCH S., 2006.** Développement agricole durable au Sahara. Nouvelles technologies et mutations socioéconomiques : cas de la région de Ouargla. Thèse de Doctorat Université Aix-Marseille P. 389.
- CHELLALI B. 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
- CLEMENT G. et PRATS. 1971.** Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360p.
- **COUVREUR. F, 1985 :** Formation du rendement du blé et risques climatiques. *Pers. Agric.*
- **DAOUD Y., HALITIM A., 1994.** Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse.* 3 (5), pp : 151- 160.
- DONEEN L.D (1961).**The influence of crop and soil on percolating water. *Proc.1961 Biannual Conference on Groundwater Recharge 1961*, 156-163.
- DOUSSINAULT G., KAN F., LECOMTE C. et MONNEVEUX P. 1992.** Les céréales à paille : présentation générale. *In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées.* Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.
- **DSA OUARGLA, 2018.** Direction des Services Agricole de la wilaya de Ouargla, service des statistiques agricoles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **DUBIEF, J., 1953.** Essai sur l'hydrologie superficielle du Sahar – SES, 453 P.
- DURAND J.H. (1983).** Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p.
- ELIARD J.L., 1979.** Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris, 344 p.
- EVANS L.T. et RAWSON H. M. 1975.** Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Australian Journal of Biology*: 223-245.
- FAO, 1999.** Soil Salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. Irrigation and Drainage paper. N°57, Rome, 1999. 150 p.
- FEILLET P. 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.
- FOUCART T., 1984.** Analyse factorielle de tableaux multiples, Masson, 185 p.
- 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.
- GATE P. 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
- GRIGNAC. PH, 1965 :** La culture et amélioration génétique du blé. Guide national de l'agriculture. Tome n° 3.
- HAMEDA E. S. (2014).** Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia Faba L.*) Plant. *American Journal of Experimental Agriculture* 4(4): 476-496.
- **HAMIDI, N. et DEROUICHE, H., 2017.** Enquête sur la situation de la céréaliculture sous pivot dans la wilaya de Ouargla (cas Hassi Ben Abdallah-Ain Al Baida). Mémoire Master académique. UKM Oaurgla. 70 P. - **ITGC, 2006.** Guide des principales variétés de céréales à pailles en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC. Première édition 2006.
- HENRY Y. et DE BUYSER J. 2001.** L'origine des blés. *In* : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante.Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- INSID., 2008.** Salinisation des sols dans le périmètre irrigué de la Mina (Relizane).
- JONARD P. et KOLLER J. 1950.** Les facteurs de la productivité chez le blé. Résultats obtenus en 1948 et 1949.*Ann. Am. Plant.*, **2**: 256-276.
- KHADRAOUI A., 2007.** Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. Caractérisation-Contraintes et propositions d'aménagement. 324p.
- KHADRAOUI A. et TALEB S., 2008.** Qualité des eaux dans le sud algérien. Potabilité – Pollution et impact sur le milieu. Edi. KHYAM. 368 P.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LERY F. 1982.** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
- LIN I et YOTVAT J. 1989.** Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction: effects on grapefruit. *Alon Hanotea*. 43: 669-674.
- MAACHI L., 2005 : Etude** de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficience de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse., Ing. agro, Sah. ITAS, Ouargla, 91p.
- MAJD A. et SHABRANGI A., 2009.** Effect of Magnetic Fields on Growth and Antioxidant Systems in Agricultural Plants. In *Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symposium*, Beijing, China, March 23–27, 2009. 6 P.
- MARWENI.H., 2015.** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate.
- MASLE-MEYNARD J., 1980.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur-Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- **MEKLIICHE. A, 1983 :** Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé dur d'hiver (le haut CHELEF). Thèse magistère. INA. ALGER, 81 P.
- **MEZIANI. L, 1985 :** Influence du tallage sur la production d'un blé tendre d'hiver. Thèse DUEA, 78 P.
- **NADJEM K., 2012.** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur L'efficience d'utilisation de l'eau et le Comportement variétal de la culture de blé en Région semi-aride, thèse magister, Univ. Ferhat Abbas Sétif, 131p.
- ONFAA, 2017 (observatoire nationale des filières agricoles et agroalimentaires),** note de conjoncture n11 novembre 2017, le commerce international des céréales, 5p.
- **ONM, 2018. :** office national de météorologie.
- **OZENDA P., 1991.** Flore de Sahara. 3ème édition mise à jour et augmentée. Paris, Editions du CNRS. 662 pages.
- PARIDA A.K., DAS A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: a review.. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- ROLLAND L., 1981.** La mécanisation de l'irrigation par aspersion, TOME II, n° 481. CEMAGREF 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.
- SANTÉ ET MÉDECINE TRADITIONNELLE, 2017.** Le pouvoir de l'eau magnétisée : en boire pour une meilleure santé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M. et ZID E. D. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* (16) 3 : 225-9.
- **SOLTNER. D, 1986** : Les bases de la production végétale : le sol – le climat – la plante. Tome n° I, le sol. 14^{ème} édition. Collection scientifique et techniques agricole. Edition : VANDER. BRUXELLE. PARIS, 464 P.
- **SOLTNER. D, 1999** : Les grandes productions végétales (Phytotechnie spéciale). 19^{ème} édition. Collection : science et technologie agricole.
- TABET D H., 1999.** Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Thèse de Doctorat de l'école Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Montpellier, 435p.
- **TAIMOURYA H., 2015,** in Sècheresse, Etude et expérimentation de la magnétisation de l'eau : application en agriculture.
- **TRIBOIE. E, 1986** : La maîtrise du rendement quantitatif et qualitatif chez le blé. Colloque, Franco-Roumain-Clément-Fr. La formation du rendement des cultures céréalière, pp 296 – 300.
- Wang Y, Nil N (2000).** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75, 623-627.
- ZADOKS J.C., CHANG P.T. et KONZAK E.F. 1974.** A decimal code for growth stages of cereals. *Ecarpia Bul.*,7: 42-52.

Annexes

Annexes

Annexe n°01 : Tableau du poids de 1000 grains de la semence (en g).

	1 ^{ère} pesée	2 ^{ème} pesée	3 ^{ème} pesée	total	Poids moyen
Poids de 1000 grains en (g)	32,3801	33,5040	33,2697	99,1538	33,05

Annexe n°02 : Tableau du taux de germination - 1^{er} jour (07/03/2018).

Nombre grains germés	1 ^{ère} boîte pétri	2 ^{ème} boîte pétri	3 ^{ème} boîte pétri	total	moyenne	%
Forage non magnétisé	14	14	15	46	15,33	61,32
Forage avant magnétisation	18	17	14	49	16,33	65,32
Forage magnétisé	16	21	16	53	17,66	70,64

Annexe n°03 : Tableau du taux de germination - 2^{ème} jour (08/03/2018)

Nombre grains germés	1 ^{ère} boîte pétri	2 ^{ème} boîte pétri	3 ^{ème} boîte pétri	total	moyenne	%
Forage non magnétisé	21	22	23	66	22	88
Forage avant magnétisation	22	20	22	64	21,33	85,32
Forage magnétisé	21	24	22	67	22,33	89,32

Annexe n°04 : Tableau du taux de germination - 6^{ème} jour (11/03/2018).

Nombre grains germés	1 ^{ère} boîte pétri	2 ^{ème} boîte pétri	3 ^{ème} boîte pétri	total	moyenne	%
Forage non magnétisé	23	23	24	70	23,33	93,32
Forage avant magnétisation	23	23	23	69	23	92
Forage magnétisé	21	25	24	70	23,33	93,32

Annexe n°05 : Tableau du taux de germination - 8^{ème} jour (13/03/2018).

Nombre grains germés	1 ^{ère} boîte pétri	2 ^{ème} boîte pétri	3 ^{ème} boîte pétri	total	moyenne	%
Forage non magnétisé	23	24	24	71	23,66	94,64
Forage avant magnétisation	23	23	23	69	23	92
Forage magnétisé	23	25	24	72	24	96

Annexe n°06 : Tableau du taux de germination - 10^{ème} jour (15/03/2018).

Nombre grains germés	1 ^{ère} boîte pétri	2 ^{ème} boîte pétri	3 ^{ème} boîte pétri	total	moyenne	%
Forage non magnétisé	23	24	24	71	23,66	94,64
Forage avant magnétisation	23	23	23	69	23	92
Forage magnétisé	23	25	24	72	24	96

Annexe n°07 : Tableau d'évolution de la température dans le test de réchauffement.

	T = 0 mn	T = 5 mn	T = 10 mn	T = 15 mn
Forage non magnétisé	23 °c	39 °c	52 °c	61 °c
Forage avant magnétisation	23 °c	39 °c	50 °c	59 °c
Forage magnétisé	23 °c	23 °c	53 °c	62 °c

Annexe n°08 : Tableau d'évolution de la température dans le test de refroidissement.

	T = 0 mn	T = 5 mn	T = 10 mn	T = 15 mn
Forage non magnétisé	60 °c	51 °c	47 °c	44 °c
Forage avant magnétisation	60 °c	50 °c	47 °c	44 °c
Forage magnétisé	60 °c	52 °c	48 °c	45 °c

Annexe n°09 : Tableau d'évolution de la température dans le test de congélation.

	T = 0 mn	T = 5 mn	T = 10 mn	T = 15 mn	T = 20 mn
Forage non magnétisé	24 °c	16 °c	14 °c	11 °c	10 °c
Forage avant magnétisation	24 °c	16 °c	14 °c	12 °c	11 °c
Forage magnétisé	24 °c	16 °c	12 °c	11 °c	10 °c

Annexe n°10 : Tableau du 1^{er} comptage - stade levée (nombre de plants / m²).

Pivot	1 ^{er} carré	2 ^{ème} carré	3 ^{ème} carré	4 ^{ème} carré	total	moyenne
Pivot non magnétisé	565	578	534	614	2291	572,75
Pivot magnétisé	582	628	716	594	2520	630

Annexe n°11 : Tableau du 2^{ème} comptage - stade tallage (nombre de talles / m²).

Pivot	1 ^{er} carré	2 ^{ème} carré	3 ^{ème} carré	4 ^{ème} carré	total	moyenne
Pivot non magnétisé	573	540	497	654	2264	566
Pivot magnétisé	536	624	567	713	2440	610

Annexe n°12 : Tableau du Coefficient de tallage (nombre de talles / plant).

Pivot	1 ^{er} carré	2 ^{ème} carré	3 ^{ème} carré	4 ^{ème} carré	total	moyenne
Pivot non magnétisé	13/10	10/10	14/10	12/10	49/40	1,22
Pivot magnétisé	15/10	10/10	18/10	15/10	58/40	1,45

Annexe n°13 : Tableau du 3^{ème} comptage - stade épiaison (nombre d'épis / m²).

Pivot	1 ^{er} carré	2 ^{ème} carré	3 ^{ème} carré	4 ^{ème} carré	total	moyenne
Pivot non magnétisé	587	495	584	596	2262	565,5
Pivot magnétisé	596	675	638	677	2586	646,5

Annexe n°14 : Tableau du 4^{ème} comptage - stade maturité (nombre de grains / épi).

		Nombre d'épis	Nombre grains/ 20 épis	Nombre grains/ épi	total	moyenne	Nombre grains/m ²	total	Moyenne Nombre grains/m ²
Pivot magnétisé	1 ^{er} carré	596	524	26,20	97,55	24,38	15615,20	63064,85	15766,21
	2 ^{ème} carré	675	587	29,35			19811,25		
	3 ^{ème} carré	638	408	20,40			13015,20		
	4 ^{ème} carré	677	432	21,60			14623,20		
Pivot non magnétisé	1 ^{er} carré	587	491	24,55	82,39	20,59	14410,85	46134,60	11533,65
	2 ^{ème} carré	495	497	24,85			12300,75		
	3 ^{ème} carré	584	309	15,45			9022,82		
	4 ^{ème} carré	596	349	17,45			10400,20		

Annexe n°15 : Tableau du rendement théorique.

		Nombre épis/m ²	Nombre grains/ épis	PMG	Poids de 1 grain	Rendement g/m ²	Rendement Qx/ha	Total rendement	Rendement moyen
Pivot non magnétisé	1 ^{er} carré	587	24,55	30,41	0,0304	438,08	43,80	149,37	37,34
	2 ^{ème} carré	495	24,85	33,19	0,0331	407,15	40,71		
	3 ^{ème} carré	584	15,45	32,78	0,0327	295,04	29,50		
	4 ^{ème} carré	596	17,45	34,02	0,0340	353,60	35,36		
Pivot magnétisé	1 ^{er} carré	596	26,20	33,16	0,0331	516,86	51,68	208,51	52,12
	2 ^{ème} carré	675	29,35	34,84	0,0348	689,43	68,94		
	3 ^{ème} carré	638	20,40	31,79	0,0317	412,58	41,25		
	4 ^{ème} carré	677	21,60	31,94	0,0319	466,48	46,64		

Annexe n°16 : Tableau du rendement pratique.

		PMG	total	moyenne	Rendement gr/m ²	total	Rendement moyen gr/m ²	Rendement Qx/ha
Pivot magnétisé	1 ^{er} carré	33,16	131,73	32,93	551,65	1835,58	458,89	45,88
	2 ^{ème} carré	34,84			466,54			
	3 ^{ème} carré	31,79			423,47			
	4 ^{ème} carré	31,94			393,92			
Pivot non magnétisé	1 ^{er} carré	30,41	130,40	32,60	454,43	1593,35	398,34	39,83
	2 ^{ème} carré	33,19			415,99			
	3 ^{ème} carré	32,78			310,51			
	4 ^{ème} carré	34,02			412,42			

Annexe n°17 : Tableau des valeurs de la hauteur des plantes (en cm).

	1 ^{er} carré					2 ^{ème} carré					3 ^{ème} carré					4 ^{ème} carré					total	moyenne
Pivot magnétisé	41	59	49	63	54	54	43	48	52	64	53	57	62	55	35	48	41	37	38	43	996	49,8
Pivot non magnétisé	43	45	57	53	39	61	58	47	44	54	48	63	58	57	52	38	39	45	44	42	987	49,35

Annexe n°18 : Tableau des valeurs de la longueur des épis (en cm).

	1 ^{er} carré					2 ^{ème} carré					3 ^{ème} carré					4 ^{ème} carré					total	moyenne
Pivot magnétisé	6,5	5,5	6	6,5	6	6	7,5	5	5,5	6	6,5	6	6	5	6	5	5,5	4	4	4	112,5	5,62
Pivot non magnétisé	4,5	4,5	4	5	7	8	7	3,5	6	5	6,5	5,5	3	6	6,5	6	5	5,5	4	4	106,5	5,32

Annexe n°19 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de plants/m².

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	20425,375	3404,229	8,096	0,263
Résidus	1	420,500	420,500		
Total	7	20845,875			

Annexe n°20 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de talles/m².

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	25432,000	4238,667	0,433	0,821
Résidus	1	9800,000	9800,000		
Total	7	35232,000			

Annexe n°21 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de talles/plant (Coefficient de tallage).

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	0,394	0,098	2,363	0,253
Résidus	3	0,125	0,042		
Total	7	0,519			

Annexe n°22 : Tableau de l'analyse de variance du nombre d'épis/m².

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	5	20142,000	4028,400	1,989	0,367
Résidus	2	4050,000	2025,000		
Total	7	24192,000			

Annexe n°23 : Tableau de l'analyse de variance du nombre de grains/épi.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	146,408	24,401	5,608	0,312
Résidus	1	4,351	4,351		
Total	7	150,760			

Annexe n°24 : Tableau de l'analyse de variance de la hauteur des plants.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	191,875	31,979	1,777	0,519
Résidus	1	18,000	18,000		
Total	7	209,875			

Annexe n°25 : Tableau de l'analyse de variance du poids de 1000 grains.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	12,224	2,037	1,741	0,523
Résidus	1	1,170	1,170		
Total	7	13,395			

Annexe n°26 : Tableau de l'analyse de variance du rendement théorique.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	982,927	163,821	40,622	0,120
Résidus	1	4,033	4,033		
Total	7	986,960			

Annexe n°27 : Tableau de l'analyse de variance du rendement pratique.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	310,034	51,672	2,823	0,426
Résidus	1	18,301	18,301		
Total	7	328,335			

Résumé

Dans ce travail de recherche sur l'effet de l'utilisation du procédé magnétique de désalinisation de l'eau d'irrigation sur la culture des céréales (blé tendre – variété HIDDAB) sous pivot dans la région de Hassi Ben Abdellah – wilaya de Ouargla, et son impact sur le rendement, il nous a été possible 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 analyse et les tests d'évolution de la température de cette eau, le test de germination de notre semence, les caractères morphologiques de la plante et les composantes du rendement.

Les résultats obtenus montrent que la magnétisation entraîne une diminution du pH et du SAR de l'eau ; et pour le végétal, la germination, le développement des plants et le rendement sont plus importants dans le pivot utilisant l'eau magnétisée ; Avec une meilleure moyenne du rendement de 45,88 Qx/ha enregistrée au niveau du pivot magnétisé, contre un rendement de 39,83 Qx/ha enregistrés au niveau du pivot non magnétisé.

MOTS CLÉS : Blé tendre, Pivot, Procédé magnétique, Désalinisation de l'eau.

Summary

In this research work on the effect of the use of the magnetic proceeds of desalination of the irrigation water on the culture of cereals (wheat - Variety HIDDAB), under pivot in the region of Hassi Ben Abdellah - wilaya of Ouargla, and its impact on the performance, it has been possible for us to realize a comparison between two pivots, a pivot not associated with the device of the magnetization of the water (no magnetized) and a pivot associated with this device (magnetized pivot).

This comparison is hinged on the estimation of the effectiveness of the device of the magnetization of the water by the analysis and testing of the evolution of the temperature of the water, the germination test of our seed, the morphological characters of the plant and the components of the performance.

The results obtained show that the magnetization leads to a decrease in the pH and the SAR of the water; and for the plant, germination, the development of the plants and the performance are more important in the pivot using the water energized; with a better average of the performance of 45.88 qx/ha recorded at the level of the pivot magnetized, against a yield of 39.83 qx/ha registered at the level of the no magnetized pivot.

Key words: common wheat, pivot, magnetic process, water desalination.

ملخص

نعالج في هذا العمل البحثي تأثير تقنية المغنطة لإزالة الأملاح من مياه السقي على محصول الحبوب (القمح اللين - صنف هضاب) تحت الرش المحوري في منطقة حاسي بن عبد الله - ولاية ورقلة، ومدى تأثيرها على تحسين المردودية. قمنا من خلال هذه الدراسة بمقارنة بين مرشين محوريين: مرش محوري غير موصول بجهاز مغنطة المياه (مرش غير ممغنط) وآخر موصول بالجهاز (مرش ممغنط).

ترتكز هذه المقارنة على تحديد وتقدير كفاءة جهاز مغنطة المياه وذلك من خلال مجموعة من التحليل والاختبارات منها انتقال حرارة المياه، انتاش البذور، الصفات الشكلية للنبات، ومعايير المردودية.

بينت النتائج أن عملية المغنطة أدت الى انخفاض عامل الحموضة (pH)، ونسبة إدمصاص الصوديوم للمياه (SAR)، فضلا على أن نمو النبات، انتاش البذور والمردودية كانت أهم في المرش المحوري الممغنط حيث تم تسجيل معدل مردودية يقدر بـ 45,88 ق/هـ في حين لم يتعد معدل مردودية المرش المحوري الغير ممغنط 39,83 ق/هـ.

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