

Ministère de l'Enseignement Supérieur et Recherche Scientifique



Université Abdelhamid Ben Badis de Mostaganem



Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention

de Diplôme de Master en Biodiversité

et Environnement

Option: Phytotechnologie appliquée

aux sols pollués

Thème

**Effet de l'eau magnétisée sur les propriétés
physiologiques et morphologiques du blé**

(blé dur et tendre).

Thème réalisé au laboratoire régional ouest des analyses des sols et de l'eau (INSID)

Présenté par :

M^{me} MEZOUAGHI HANANE

Présidente

M^{me} Mostari A.

Examinatrice

M^{me} Khedim Ikram.

Directeur de mémoire

M^r Gacem Farid.

Promotion : 2017-2018

REMERCIEMENTS

Je tiens à prier très fort et remercier le bon Dieu tout puissant, qui par sa volonté a fait que ce travail soit réalisé.

Je tiens à exprimer notre gratitude et notre sincère remerciement à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*Un grand merci assez particulier à mon encadreur **Mr. Reguiég Yssaad Houcine A. H.** D'avoir accepté de m'encadrer et qui a été mon guide.*

*J'adresse également ma vifs remerciements à les membres de jury qui ont bien d'examiner ce modeste travail **M^{me} Mostari A** d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Je suis aussi reconnaissant à **M^{me} Khedim Ikram.** d'avoir acceptées les membres de jury qui ont accepté d'examiner notre mémoire.*

*je remerciement **Mr. Gassem Farid** pour son aide durant toute la période de préparation, et d'avoir accepté d'examiner notre mémoire et **Mme.***

Bouttaleb Faiza.

J'adresse également mes remerciements chaleureux aux membres de faculté des sciences de la nature et de la vie.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres du laboratoire ouest de l'INSID El Matmar, Relizane pour leur aide et soutien, ce qui a permis la réalisation de ce modeste travail.

Je remerciement sons également adressés à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

Je dédie ce

Modeste travail à ma mère, mon père, mon marie mes frères et sœurs.

à mes amis

à mes amis qui font mon équilibre, pour leur présence dans

ma vie.

à tous ceux qui connaissent et aiment MEZOUAGHI HANANE

de près ou de loin.

MEZOUAGHI HANANE

Sommaire

Introduction 1

Chapitre I : l'eau magnétisée

1. Définition	3
2. Le principe de la magnétisation du l'eau d'irrigation.....	4
3. Les propriétés de l'eau magnétisée.....	5
3.1. Les propriétés physiques	5
3.2. Les propriétés chimiques	5
4. Les principes de l'utilisation du l'eau magnétisée.....	6
5. Les effets de l'eau magnétisée sur les plantes	6
5.1. Effet du l'eau magnétisée sur la germination	6
5.2. Effet du l'eau magnétisée sur développement du plantes et le rendement	6

Chapitre II : La biologie du blé

I. Généralités sur les cultures céréalières	8
I.1. Importance du blé en Algérie	9
I.1.1. La Production	9
I.1.2. La superficie	9
I.1.2.1. Blé dur	9
I.1.2.2. Blé tendre	10
I.1.3. Les Rendements.....	10
I.1.3.1. Blé dur	11
I.1.3.2. Blé tendre	11
II. Etude de la plante	12
II.1. Historique et origine du blé.....	12
II.2. Classification botanique du blé dur et tendre	12
II.3. Quelques variétés du blé dur et tendre	12
II.4. Le cycle de développement du blé	12
II.4. 1-Morphologie.....	12
II.4.2. Cycle végétatif du blé.....	13
4.2.1 .Période végétative	13
4.2.2. Période de reproduction	14
4.2.3. Période de maturation	15

Sommaire

II.4.3.Caractéristique physiologiques	16
a) Température	16
b) Eau	16
c) Lumière	16
d) Sol	17
II.4.4.Les besoins nutritifs	17
Chapitre III : Matériels et méthodes	
Introduction.....	18
I. Site expérimentale	18
II. Protocole expérimental de la dynamisation de l'eau	19
II.1. La technologie « Delta Water ».....	19
II.2. Paramètres physicochimique de l'eau.....	20
II.2.1. Mesure du pH.....	20
II.2.2.Mesure de la conductivité électrique.....	20
II.2.3. Détermination des concentrations des anions	21
II.2.4. Détermination des concentrations des cations	21
III. Paramètres physicochimiques du sol	21
III.1. Préparation des échantillons de sol	21
III.1.1. Granulométrie	21
III.1.2. Analyses chimiques	22
III.1.2.1.pH du sol	22
III.1.2.2. La conductivité électrique	22
III.1.2.3. Calcaire total	23
III.1.2.4. la matière organique	23
III.1.2.5. Phosphore assimilable	23
III.1.2.6. L'azote total	23
IV. Les paramètres étudiés pour le matériel végétal.....	24
1. Le matériel végétal	24
2. Les critères de choix	24
3. Préparation des grains	24
4. Protocole expérimental	25
4.1. Au laboratoire	25
Test de germination	25
4.2. À la serre	26

Sommaire

4.2.1. Préparation du sol	26
4.2.2. Le dispositif expérimental	27
4.2.3. Les paramètres étudiés	27
✓ Paramètres morphologiques.....	27
1-La longueur des tiges et racines.....	27
2- Le poids sec de la plante	27
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1. Estimation de l'efficacité de l'appareil de magnétisation : Delta Water	28
1.1. Etude physico-chimique des eaux utilisées.....	28
2. Caractérisation physico-chimique du sol avant et après l'irrigation par l'eau magnétisée.....	29
2.1. Caractérisation physico-chimique du sol avant l'irrigation.....	29
2.1.1. Texture du sol	29
2.1.2. Caractéristiques chimiques du sol	29
2.2. Caractérisation physico-chimique du sol après l'irrigation.....	30
2.2.1. Le pH	30
2.2.2. La conductivité électrique.....	31
2.2.3. La matière organique	31
2.2.4. Calcaire total	31
2.2.5. Phosphore assimilable.....	31
2.2.6. L'azote	32
3. Effet de l'eau magnétisée sur les caractéristiques morphologiques.....	32
3.1. Effet de la magnétisation de l'eau sur la germination	32
3.1.1. La longueur de la radicule	32
3.1.2. La longueur du l'épicotyle	33
3.1.1. Taux de germination (TG)	34
3.2. Effets de la magnétisation de l'eau sur les caractéristiques morphologiques des plantes	35
3.2.1. La longueur des tiges	35
3.2.2. La longueur des racines	37
3.2.3. Le poids sec des racines et des feuilles	38
Conclusion générale.....	41
Références bibliographiques	42
Annexes.....	51

Liste des abréviations

CaCO₃ : Calcaire

MW: Magnétise water

INSID : Institut National des Sols, Irrigation et du Drainage

EC : Conductivité électrique

P : Phosphore

K : Potassium

pH : Potentiel hydrogène

μS/cm : Micro Siemens/cm

mS/cm : Milli Siemens /cm

dS/m : déci Siemens/ m

Ppm : Partie par million

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

H₂SO₄: Acide sulfurique

HCO₃: Carbonates

Na₂SO₄: Sulfate de sodium

NaHCO₃: Carbonate de sodium

BaCl₂: Chlorure de baryum

Na⁺: sodium

Mg⁺⁺ : magnésium

K⁺ : potassium

Ca⁺⁺ : calcium

CO₂: Oxyde de carbone (gaz carbonique)

EM: Eau magnétisée

ENM : Eau non magnétisée

ER : Eau de robinet

PSA : Poids sec de la partie aérienne

PSR : Poids sec racinaire

P : Probabilité

TG : Taux de germination

% : Pourcentage

MO : Matière Organique

Liste des figures

Figure 1 : Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement	3
Figure 2 : La structure de l'eau dynamisée en micromolécules	4
Figure 3 : Cristaux de Masaru Emoto	5
Figure 4 : La production nationale des céréales lors de la campagne 2014/2015	9
Figure 5 : La superficie de blé dur.....	9
Figure 6 : La superficie de blé tendre	10
Figure 7: Rendement en blé dur.....	11
Figure 8 : Rendement en blé tendre	11
Figure 9 : Cycle de développement du blé (Herney et Buysler, 2000).....	14
Figure 10 : Les phases de cycle végétal du blé.....	15
Figure 11 : L'installation de l'appareil Delta water	19
Figure12: Schéma du dispositif expérimental.....	25
Figure13 : Effet de la magnétisation de l'eau sur La longueur de la racicule.....	32
Figure14 : Effet de la magnétisation de l'eau sur La longueur du l'épicotyle	33
Figure 15: Effet de la magnétisation de l'eau sur le taux de germination de variété du blé dur.....	34
Figure 16 : Effet de la magnétisation de l'eau sur le taux de germination de variété du blé tendre.....	34
Figure17 : Effet de la magnétisation de l'eau sur la longueur de la tige du blé dur	35
Figure18 : Effet de la magnétisation de l'eau sur La longueur de la tige du blé tendre ...	36
Figure19 : Effet de la magnétisation de l'eau sur la longueur des racines.....	37
Figure20 : Effet de la magnétisation de l'eau sur le poids sec de la partie aérienne ...	38
Figure21:Effet de la magnétisation de l'eau sur le poids sec de la partie racinaire	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau utilisée	28
Tableau 2 : Analyse granulométrique du sol	29
Tableau 3 : Caractérisation chimique du sol avant l'irrigation utilisé dans notre étude	30
Tableau 4 : Résultats des analyses physicochimiques du sol.....	30

Liste des photos

Photo 1: le site esxpérimental	18
Photo 2: Les variétés du blé dur et blé tendre.qui sont utilisées dans l'expérimentation	24
Photo 3 : La germination des grains de blé.....	26
Photo 4: Effet l'eau robinet sur les variétés du blé	40
Photo 5 : Effet l'eau magnétisée sur les variétés du blé	40

Résumé

De nos jours, les céréales se trouvent confrontées à une multitude de problèmes qui causent la diminution des rendements. Cette situation a pour origine les variations climatiques défavorables marquées surtout par un déficit hydrique sévère et régulier, accompagné de fortes chaleurs de fin de cycle. Le déficit hydrique est le facteur limitant majeur des rendements des céréales.

Pour améliorer le rendement, une nouvelle technologie basée sur la magnétisation des eaux, peut constituer une solution de recours permettant la valorisation de ces eaux en agriculture. En vue de quantifier l'effet de l'application de cette technologie sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, la germination et le comportement morphologique des variétés de blé étudiées (Siméto ; Vitron ; Ain abid et HD). Les résultats d'analyses physico-chimiques de sol dans notre expérimentation, avant et après magnétisation de l'eau d'irrigation montre que cette dernière entraîne une légère diminution du pH et de la conductivité électrique par rapport au sol irrigué par l'eau robinet (non magnétisée).

L'analyse statistique a montré que des effets positifs de la magnétisation sont positifs sur la germination et la croissance de la plante (hauteur de la tige ; longueur des racines et la biomasse des tiges et des racines).

Mots clés : Magnétisation des eaux.

ملخص

في الوضع الحالي الحبوب تواجه العديد من المشاكل التي تسبب انخفاض في المردود هذا الوضع بسبب التغيرات المناخية السلبية خاصة تميزت بعجز شديد ومنتظم للمياه ، مع ارتفاع درجات الحرارة في الأونة الأخيرة. عجز المياه هو العامل المحدد الرئيسي لمردود الحبوب لتحسين المردود، يمكن أن تشكل التكنولوجيا الجديدة القائمة على مغنطة المياه حلاً للمنتج يسمح بتثمين هذه المياه في الزراعة. من أجل قياس أثر تطبيق هذه التكنولوجيا على الخصائص الفيزيائية و الكيميائية (Simeto, Vitron, Ain abid , HD). للتربة، الإنبات والنمو لأصناف القمح.

وننتج الاختبار لدينا للتجارب قبل و بعد مغنطة مياه الري تبين انخفاض طفيف في درجة الحموضة والموصلية الكهربائية مقارنة مع التربة المروية من مياه الصنبور (وليس مغنط).

وقد أظهر التحليل الإحصائي أن التأثيرات الإيجابية للمغناطيسية إيجابية على إنبات ونمو النبات (ارتفاع الساق وطول الجذر والكتلة الحيوية للسيقان والجذور).

الكلمات المفتاحية : مغنطة المياه.

Abstract

Now a days, cereals are confronted with a multitude of problems which cause the decrease of the yields. This situation has for origin the unfavorable climatic variations marked mainly by a severe and regular water deficit, accompanied by strong heat of end of cycle. Water deficit is the major limiting factor of cereal yields.

To improve the yield, a new technology based on the magnetization of water, can constitute a resort solution allowing the valorization of these waters in agriculture. In order to quantify the effect of the application of this technology on the physicochemical characteristics of the soil, germination and morphological behavior of wheat varieties studied (Simeto, Vitron, Ain abid and HD). physico-chemical soil in our experimentation, before and after magnetization of the irrigation water shows that it causes a slight decrease in pH and electrical conductivity compared to the soil irrigated by tap water (non-magnetized).

Statistical analysis has shown that positive effects of magnetization are positive on germination and growth of the plant (stem height, root length and stem and root biomass).

Key words: the magnetization of water.

Introduction

Introduction générale

Aujourd'hui les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires et des échanges économiques. La facilité de la culture permet d'atteindre une sécurité alimentaire qui est renforcée par les possibilités de stockage. Depuis l'indépendance, les différentes politiques et interventions de l'état dans le secteur agricole avaient pour but d'améliorer le niveau de production des céréales en Algérie, et du blé dur en particulier. Les céréales sont les cultures annuelles les plus importantes pour l'agriculture algérienne (**Bourras, 2001**).

De nos jours, les céréales se trouvent confrontées à une multitude de problèmes. En sous des problèmes socio-économiques, d'autres problèmes comme les accidents végétatifs causent de la diminution des rendements. Malheureusement, la production reste faible et les rendements oscillent aux grés des aléas climatiques. Cette situation a pour origine des variations climatiques défavorables marquées surtout par un déficit hydrique sévère et régulier, accompagné de fortes chaleurs de fin de cycle.

D'après **Kramer (1980)** le déficit hydrique est le facteur limitant majeur des rendements des céréales.

Pour améliorer le rendement, une nouvelle technologie basée sur la magnétisation des eaux, peut constituer une solution de recours permettant la valorisation de ces eaux en agriculture.

Le traitement magnétique intéresse plusieurs secteurs d'activités telles que la santé, l'environnement, la construction, l'industrie,...etc. Plus particulièrement, nous ciblons l'application, en 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 bactériologique 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 de 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 et al, 2015**).

Notre étude se fixe comme objectif principal d'étudier l'application de la technologie magnétique sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux utilisées, au cours de cette

Introduction

étude, à savoir l'eau de robinet (faiblement chargée en sel de l'ordre de 2 g/l). Ces eaux ont été testées sur deux variétés de blé (blé dur et blé tendre) afin d'évaluer leurs effets sur les paramètres physico-chimiques du sol et l'identification des réponses morphologiques et physiologiques de blé.

Ainsi, une première partie du travail consiste à élaborer une synthèse bibliographique qui comporte deux volets : le premier volet portera sur l'étude de l'eau magnétisée et ces caractéristiques. Le deuxième volet portera sur les généralités des deux variétés du blé.

La deuxième partie est consacrée à la description du matériel végétal, du sol, des eaux utilisées, des conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées.

La dernière partie regroupe l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions.

Introduction :

Le traitement magnétique intéresse plusieurs secteurs d'activités telles 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 bactériologique 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 culturale 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 H, 2012)

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 and Yotvat, 1990).

La magnétisation de l'eau est l'opération par la quelle 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 (Figure 1).

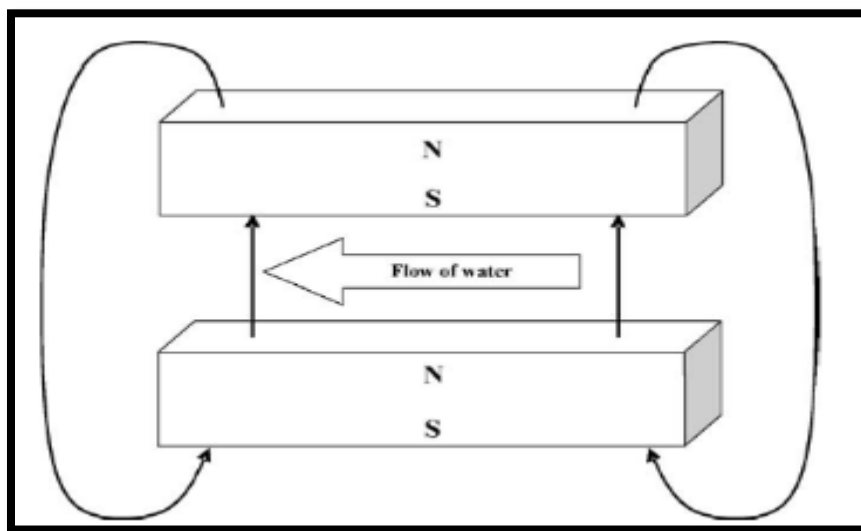


Figure 1. Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement (Maheshwari and Grewal, 2009)

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 2**)

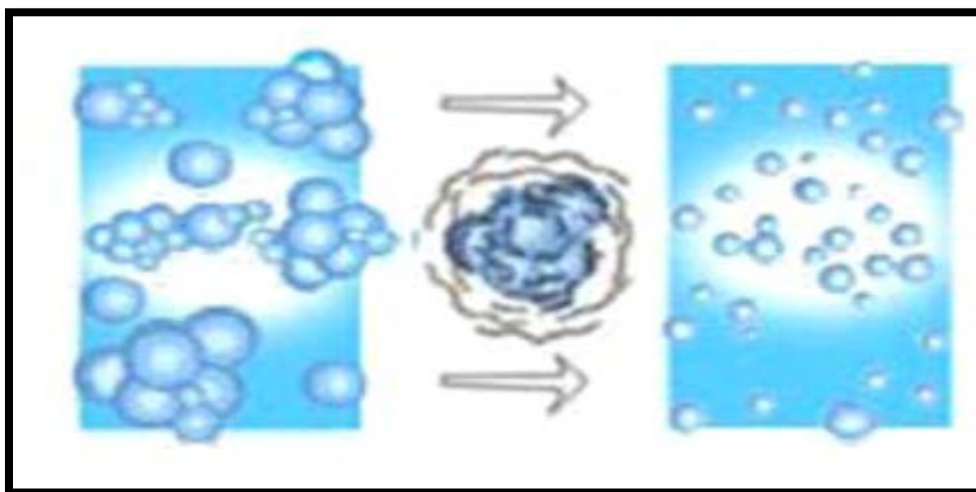


Figure 2. La structure de l'eau dynamisée en micromolécules (Microcluster)

2. Le principe de la magnétisation de l'eau d'irrigation

Les effets des champs magnétiques sur l'eau ont été l'objet d'intérêt des physiciens, des chimistes et des biologistes (**Parsons, 1997**). (**Smirnov, 2003**) a déclaré que l'eau en tant que conducteur d'ondes électromagnétiques peut recevoir des signaux émis par des forces magnétiques et devient donc le médiateur entre la source de champ magnétique et la plante. Ces résultats sont approuvés par (**Pang, 2008**) qui a ajouté que l'application d'un champ magnétique crée des changements dans les propriétés physiques et chimiques de l'eau aux échelles microscopique et macroscopique. De plus, (**Cai, 2009**) a expliqué ces changements par la formation d'un grand nombre de liaisons hydrogène.

Généralement l'eau utilisée pour l'irrigation est une eau de puits extrêmement riche en calcaire, face à cette contrainte, l'eau dynamisée surtout par 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. (Marweni, 2015).

3. Les propriétés de l'eau magnétisée

Les propriétés de l'eau magnétisée sont les suivantes :

3.1. Les propriétés physiques

- Elle augmente considérablement sa fréquence vibratoire qui passe de 1011 à 1015 hertz, la fréquence de la lumière visible.
- La cristallisation de l'eau magnétisée montre qu'elle présente de beaux cristaux (Figure 3).

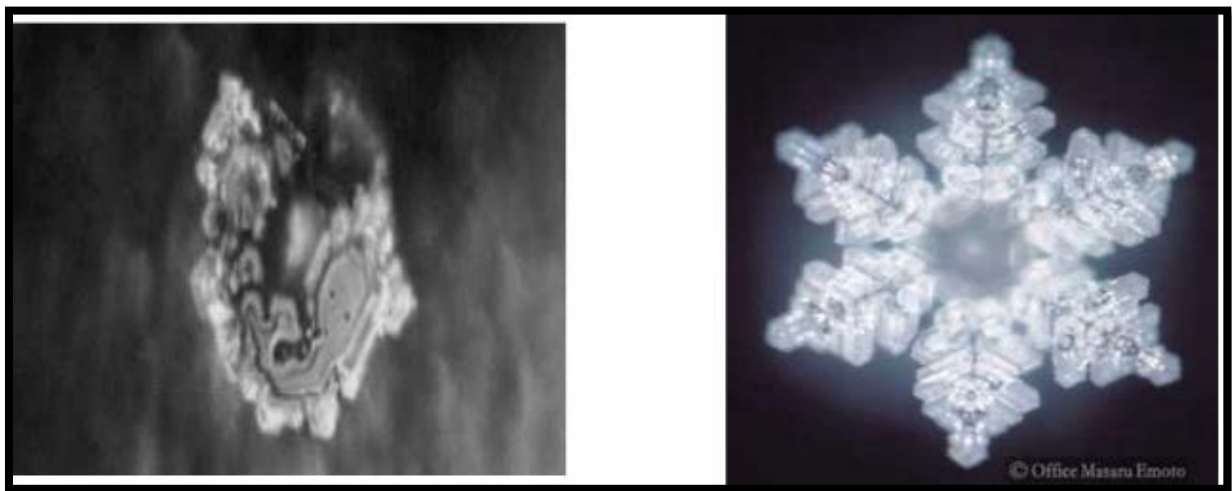


Figure 3. *Cristaux de Masaru Emoto (un Médecin chercheur Japonais) (Emoto, 1999)*

La surface de tension d'une eau magnétisée est abaissée ce qui lui confère des propriétés plus mouillantes.

3.2. Les propriétés chimiques

- Elle favorise l'ionisation des molécules d'eau.
- Plus des ions hydroxyle (OH^-) sont créés pour former des molécules alcalines, et réduire l'acidité.
- 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.

4. Les principes de l'utilisation du l'eau magnétisée

De nos jours, le traitement magnétique intéresse plusieurs secteurs d'activités tels que la santé, l'environnement, l'industrie, etc. Plus particulièrement, nous ciblons ses applications dans l'agriculture. (Taimourya H, 2012).

Certains auteurs réclament des effets favorables de la technologie du magnétisme sur les effets de l'eau comme l'élimination des dépôts calcaires (Chibowski, 2003; Alimi, 2006) dans les conduites d'eau.

5. Les effets du l'eau magnétisée 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, de circulation de la sève.

5.1. Effet du l'eau magnétisée sur la germination

- L'augmentation du pouvoir mouillant de l'eau dans les tissus végétales.
- Une augmentation du taux de germination des graines (Martines et al, 2002 ; Majd and Shabrangi, 2009). Ceci peut être attribué à une augmentation de l'absorption de l'eau suite au traitement magnétique (Majd and Shabrangi, 2009).
- En utilisant de l'eau d'irrigation magnétisée (c'est-à-dire, MW), la germination des graines a augmenté de 13,3%, mais Les traitements magnétique des semences n'ont pas affecté le taux de germination.
- Le traitement magnétique a augmenté le contenu de Ca et Mg Dans les pousses du céleri indépendamment du type d'eau. (Jaime A et al, 2014).

5.2. Effet du l'eau magnétisée sur développement du plantes et le rendement

- 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 and 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). (Abou El-Yazied et al, 2011) qui a mentionné Que dans l'expérience de la pépinière, appliquer l'optimum l'irrigation avec de l'eau magnétisée a donné Augmentation significative

de la longueur de la tige de transplantation, de la tige Diamètre, surface foliaire et poids frais et sec (**Almaghrabi1 Omar A and ElbeshehyEsam. K. F, 2012**)

- L'augmentation de la biomasse totale (**Aladjadjiyan, 2002 ; El Sayed, 2014**)

- La diminution d'utilisation des produits chimiques (pesticides) ainsi que les produits de fertilisation

- (**Amira et Hozayn, 2010**) ont constaté que l'irrigation avec de l'eau magnétisée améliorerait significativement la croissance, le rendement et les composants de rendement et les constituants chimiques des plantes à lentilles. L'amélioration des paramètres de la croissance et des constituants chimiques s'est traduite par l'augmentation de la production de semences, de paille et biologiques (**Ahmed I M and Bassem M E, 2013**).

- (**Hozayn et AbdulQados ,2010**) a signalé que les paramètres de croissance et les composants de rendement des plantes de blé sont augmentait simultanément lorsque les plants de blé ont irrigué Avec de l'eau magnétique avec une photosynthèse croissante pigment; Indol total endogène; Phénols totaux et synthèse des protéines. Le traitement avec de l'eau magnétique a considérablement augmenté le poids frais et sec du semis et l'eau relative (**Almaghrabi1 Omar A and ElbeshehyEsam.K. F, 2012**).

- Augmentation de la la teneur en eau (1,48%) étaient Accompagné d'une augmentation du pigment photosynthétique Contenu, comme la chlorophylle a (17,46%), la chlorophylle b (67,8%) et des caroténoïdes (8,55%) et l'indole total (18,2%)

Et le contenu en phénol (33,35%).

L'eau magnétique a également provoqué des changements dans les propriétés du sol mesurées à la récolte, telles que le pH du sol, la teneur en conductivité électrique (EC), P et K.

(**Jaime A et al, 2014**).

- l'eau magnétisée a augmenté la tolérance des semis en conditions de salinité. Généralement, en utilisant un traitement d'eau magnétique Pourrait être une technique prometteuse pour les améliorations agricoles, mais une recherche approfondie est nécessaire sur différentes cultures. (**Fateme A et al, 2016**).

I. Généralités sur les cultures céréalières

Les céréales tiennent de loin, la première place quant à l'occupation des terres agricoles, parce qu'elles servent d'aliments de base pour une grande proportion de la population mondiale.

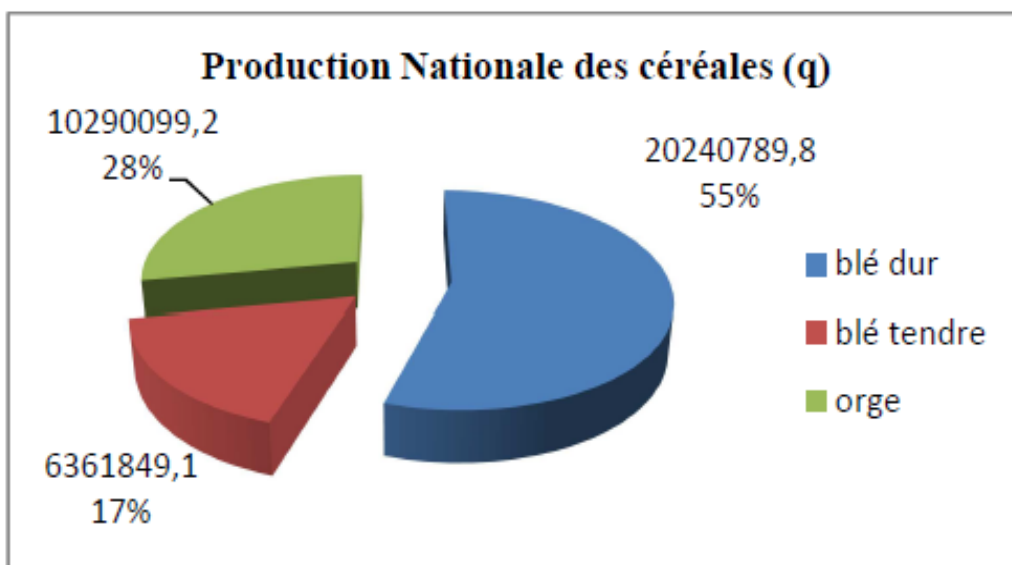
En Algérie, tout comme en Afrique du Nord, ces cultures représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation; en semoulerie, en boulangerie et en industrie alimentaire. Elles constituent également la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains. En effet, la consommation individuelle est évaluée en 2000, à 205 Kg/ an en Tunisie, 219 Kg/ an en Algérie et 240 Kg/ an au Maroc (**Boulal et al, 2007**). Cultivées depuis fort longtemps comme l'attestent les restes trouvés dans certains régions et dont certains datant de la période néolithique, les espèces des céréales cultivées ont les centres d'origines suivantes :

- Centre ouest de la Chine : le millet.
- Asie du sud-est : seigle, riz.
- Asie centrale : blé tendre.
- Moyen orient : blé dur, seigle avoine.
- Abyssinie : Orge.
- Amérique centrale : Maïs.

Les céréales ont constitués la base principale de l'alimentation de ces premières civilisations ; riz ; pour les civilisations Asiatiques, blé ; pour celle des bassins Méditerranéens et du proche -Orient (**Ait Slimane S. Ait Kaki &al, 2008**).

I.1. Importance du blé en Algérie

I.1.1. La Production



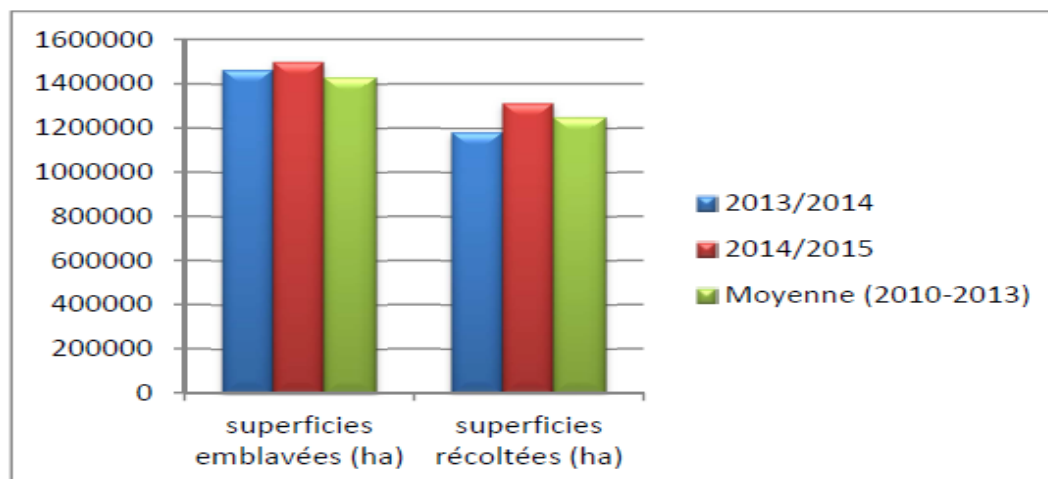
Source : DSASI

Figure 4 : La production nationale des céréales lors de la campagne 2014/2015

Le total de la production nationale des céréales est de 3,6 millions de tonnes, soit 2 millions de tonnes de blé dur, 1 million de tonnes d’orge et 6361849 tonnes de blé tendre.

I.1.2. La superficie

I.1.2.1. Blé dur :



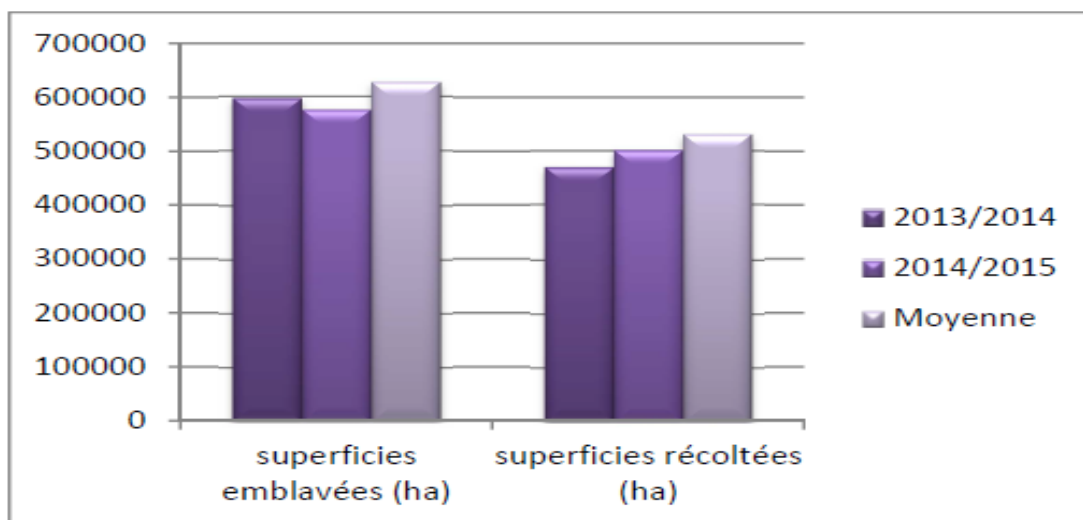
Source : MADRP

Figure 5 : La superficie de blé dur

Les superficies emblavées et récoltées en blé dur ont connu une augmentation de 2,4% et

10,05% respectivement en 2014/2015 comparativement à la campagne écoulee.

I.1.2.2. Blé tendre :



Source : MADRP

Figure 6 : La superficie de blé tendre

En blé tendre, les superficies emblavées ont connu une régression de 3,68% en 2014/2015 par rapport à la campagne précédente. Par contre, les superficies récoltées ont augmenté de 6,3% par rapport à la même période. (Onfaa, 2015)

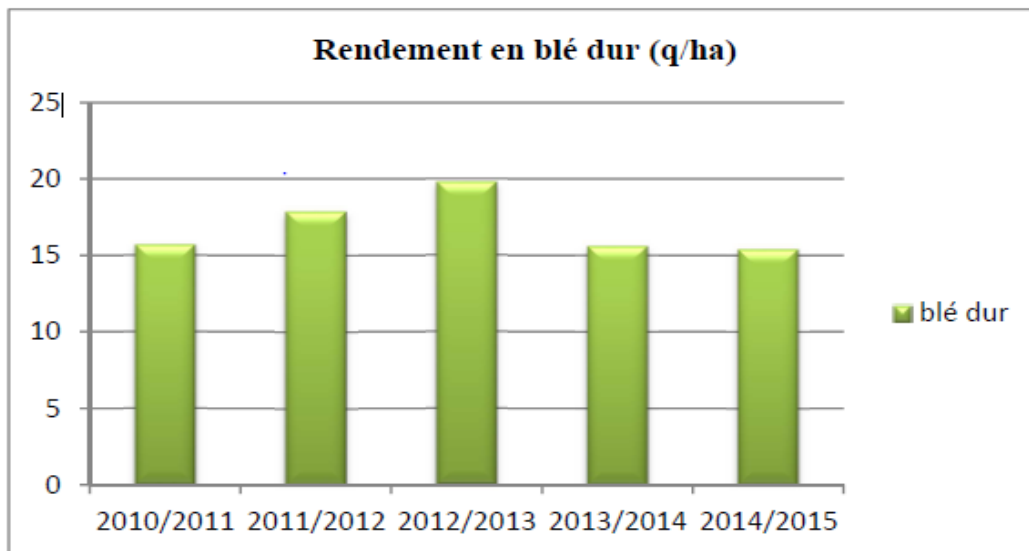
I.1.3. Les Rendements

Bien que le calcul des rendements ne prenne en compte que les superficies récoltées, on le trouve faible et surtout très aléatoire.

Comparativement à la moyenne mondiale, qui est de 29 Qx/Ha pour 2004, le rendement du blé algérien n'est que pour les meilleures années 50% de la moyenne mondiale. Ils sont en moyenne de 10,5 Qx/Ha, (Kellou, 2008).

. Les Rendements des principales céréales ces cinq dernières années :

I.1.3.1. Blé dur :

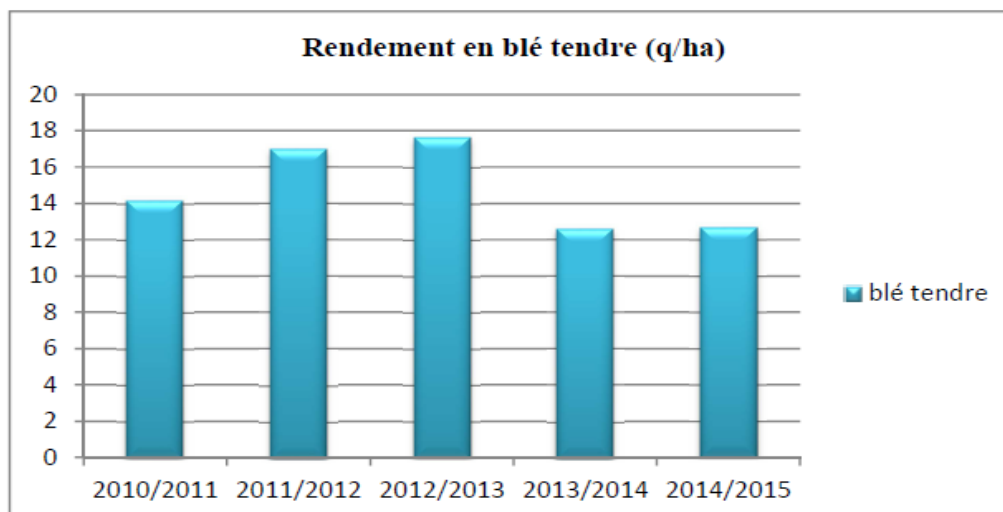


Source : MADRP

Figure7 : Rendement en blé dur

Les rendements en blé dur ont diminué de 1,2% en 2014/2015 (soit 15,4 q/ha) par rapport à la campagne précédente (soit 15,6q/ha).

I.1.3.2. Blé tendre :



Source : MADRP

Figure 8 : Rendement en blé tendre

Les rendements en blé tendre, ont augmenté de 0,78% (soit 12,7q/ha) en 2014/2015 par rapport à la campagne écoulée (soit 12,6 q/ha). (Onfaa, 2015)

II. Etude de la plante

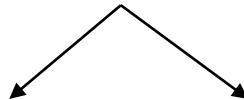
II.1. Historique et origine du blé

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est à la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006). c'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il Constitue la base alimentaire des populations du globe (Yves et de Buyer, 2000)., Pendant plusieurs siècles, il a été vénéré comme un dieu et associé à la pluie, l'agriculture et la fécondité (Ruel, 2006).

Il appartient au groupe tétraploïde du genre *triticum* qui, comprend de nombreuses espèces (Mazouz, 2006). Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *T. turgidum* ssp, *durum* est de loin le plus important. Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication (Anonyme A, 2007).

II.2. Classification botanique du blé dur et tendre

Règne: Plantæ (végétal).
 Classe: monocotylédones.
 Famille: Poaceae (Graminées).
 Genre : Triticum.



Espèces : *Triticum durum* (blé dur) *Triticum vulgare* (blé tendre)
 (Fritas S, 2012) et (Gnis, 2008).

II.3. Quelques variétés du blé dur et tendre

Variétés du blé dur: SIMETO- CHEN'S- VITRONOFANTO-
 MEXICALI- BOUSSELAM- GTA DUR

Variétés du blé tendre: AIN ABID- HD1220-ARZ-ANAPO
 COLLOSSEO- WIFAK- MAAOUNA

II.4. Le cycle de développement du blé

II.4.1. Morphologie

Le blé se présente comme une plante herbacée à feuilles assez larges (Bonjeau et

Picard, 1990).

La tige ou chaume ne commence à prendre son caractère de tige qu'au début de la montaison. Celle-ci, d'abord pleine, devient creuse sauf au niveau des nœuds qui restent pleins (**Clement G et Prat, 1970).**

Les feuilles sont alternées, ligulées et engainantes (**Bonjeau et Picard, 1990).**

Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (**Clement G et Prat, 1970).**

L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence complexe, épis ou grappes d'épillets, se recouvrant étroitement les uns aux autres. La fécondation est autogame. Le fruit est un caryopse ou grain (**Clement G et Prat, 1970).** (**Bonjeau et Picard, 1990).**

Les racines sont de type fasciculé peu développées ; 55 % du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur (**Clement G et Prat, 1970).**

II.4.2. Cycle végétatif du blé

On distingue trois périodes importantes dans le cycle végétatif du blé : une période végétative, une période de reproduction et une période de maturation (**Figure 9**)

4.2.1. Période végétative

Elle s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en plusieurs phases :

a- Phase germination – levée : La germination commence quand le grain a absorbé environ 25 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée Coleorhize, apparaît, suivie par la sortie de la première feuille, couverte d'une enveloppe appelée Coléoptile. À la surface du sol, puis apparaissent d'autres racines et feuilles. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours. (**Clement G et Prat, 1970).**

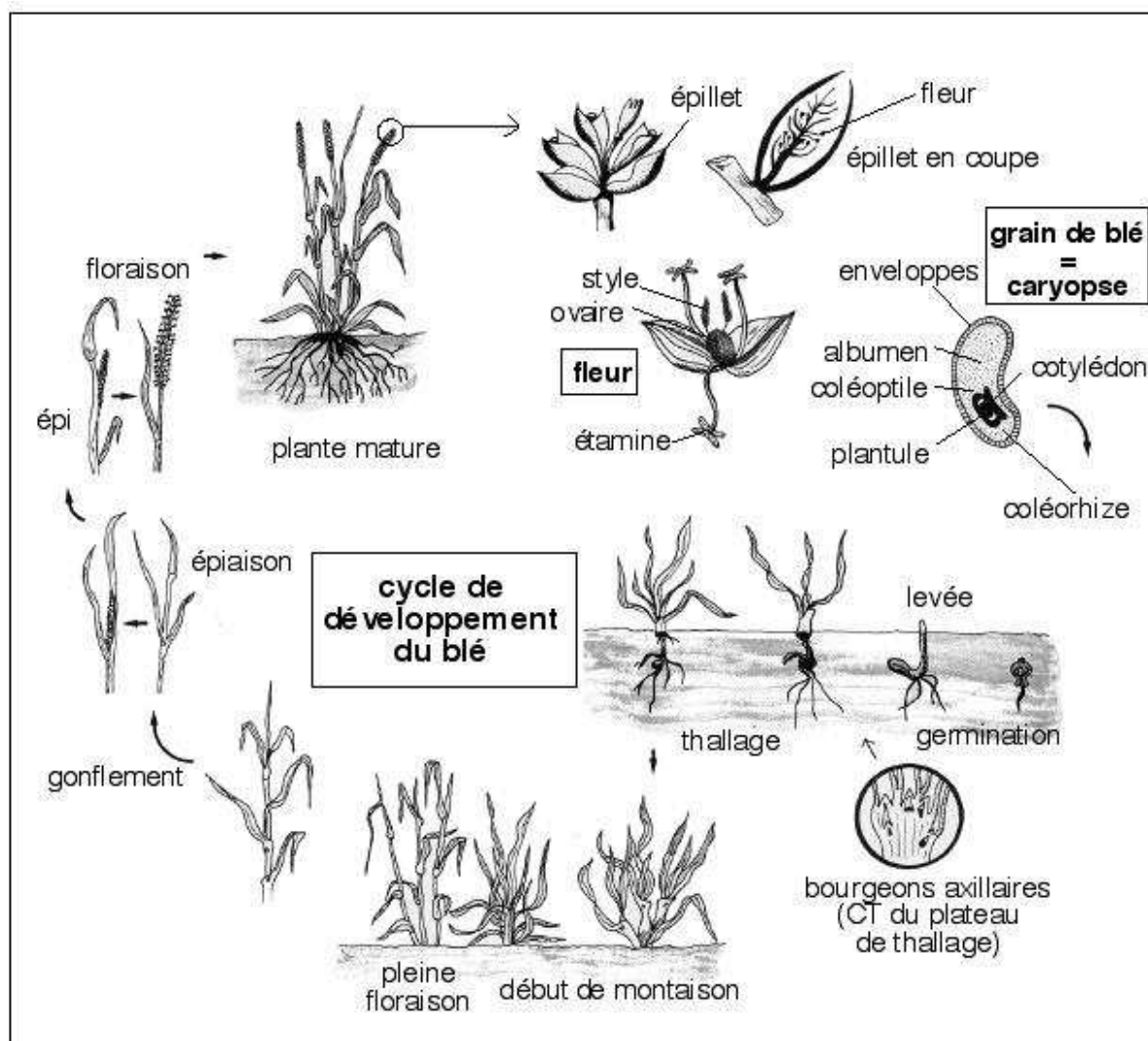


Figure 9. Cycle de développement du blé (Herney et Buyser, 2000)

b- Phase levée – tallage :

On peut distinguer pendant cette phase à travers le coléoptile, un filament ou rhizome, termine par un renflement qui va se gonfler de plus en plus pour former le plateau de tallage qui se forme presque au niveau de la surface du sol. Le plateau de tallage s'épaissit et des racines secondaires se développent très vite. Des nouvelles feuilles apparaissent et à chacune correspond l'apparition d'une talle. La place des épillets fait par un simple étranglement sur la partie supérieure du végétal. (Clement G et Prat, 1970).

c- Phase tallage-montaison ;

La différenciation des épillets se poursuit par étranglements successifs du cône formateur de l'épi. Les talles herbacées se forment activement (Figure 10) (Clement G et Prat, 1970).

4.2.2. Période de reproduction

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

a- Phase de la montaison : Au cours de cette phase, un certain nombre de tiges herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours. (Clement G et Prat, 1970).

b- Phase de l'épiaison : La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation. La durée de cette phase est d'environ 32 jours.

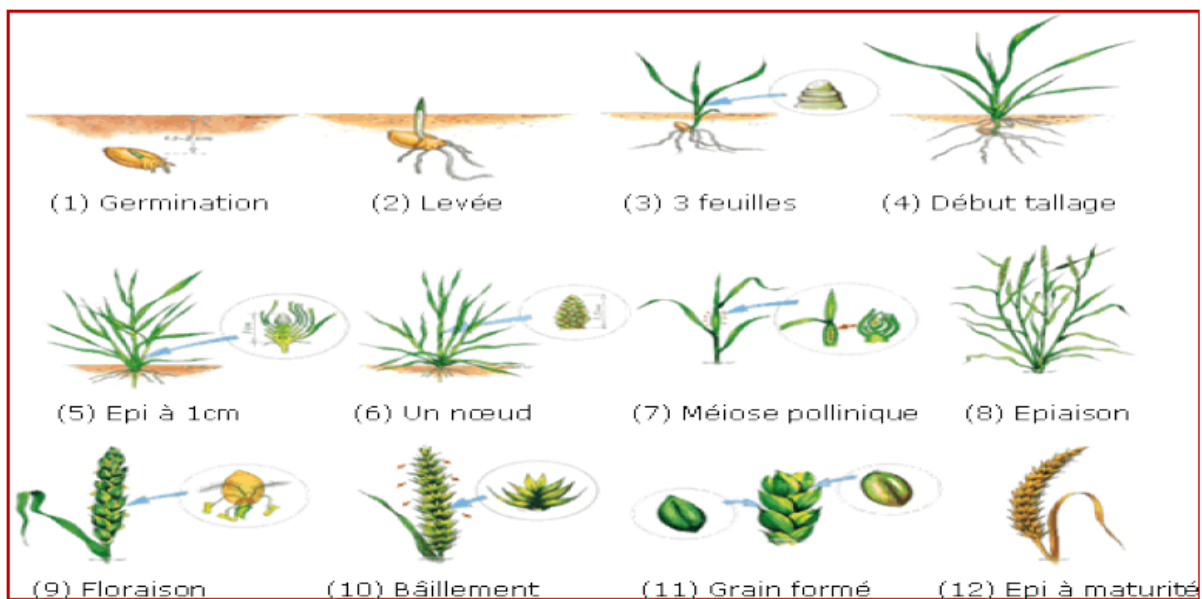


Figure10: Les phases de cycle végétal du blé.

Source : blé hybride HYN0 (onglet "le blé en général")

Cette phase est suivie par le grossissement du grain qui devient mou et le dessèchement de presque toutes les feuilles. Sa durée est de 16 à 17 jours (Clement G et Prat, 1970).

4.2.3. Période de maturation

Elle correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains et à la migration très active des réserves (glucides et protéines) vers le grain. La durée de cette période est de 25 à 26 jours en moyenne (Clement-Grandcourt et Prat, 1970).

Durant cette période, l'embryon se forme.

a) Phase de multiplication cellulaire intense : (12 à 15 jours chez le blé).

Elle est marquée par un accroissement de période, de l'eau et de matière sèche dans la graine, donc une activité intense de la photosynthèse (Belaid D. 1990). A la fin de cette phase, le grain encore vert a pris sa forme définitive, libérant un liquide blanc à son ouverture : stade de grain laiteux.

b) Phase d'enrichissement en glucide et protides : (10à12jours chez le blé)

Le poids d'eau est sensiblement constant dans la graine c'est le palier hydrique.

Le grain accumule ses réserves amylacées et protidiques, les téguments sont solidifiés et colorés en roux pâle à la fin de la phase.

c) Phase de dessiccation :

Le palier hydrique commence à décroître, le stade demi dur et enfin le stade de maturité où les grains se détachent facilement de l'épi. Donc le blé devient désormais apte au battage.

(Benziane K, 2015).

II.4.3. Caractéristique physiologiques

L'influence du climat est un facteur déterminant à certaines périodes de la vie du blé.

a) Température :

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative.

La germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22° C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières. **(Belaid, 1986).**

b) Eau :

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm **(Soltner, 1988).**

En zone aride, les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables.

Ces de la phase épi 1 Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison **(Loue, 1982).**

c) Lumière :

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé.

Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairage **(Soltner, 1988).**

d) Sol :

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (**Soltner, 1988**).

II.4.4. Les besoins nutritifs

En particulière, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures.

- **L'azote** : C'est un élément très important pour le développement du blé. (**Remy et Viaux, 1980**) estiment qu'il faut 3Kg d'azote pour produire 1 quintal de blé dur. Il faut que la plante ait dès le début de la montaison tout l'azote nécessaire à son développement (**Remy et Viaux, 1980**). Les besoins en azote de la culture lors du gonflement et à la floraison sont en effet extrêmement importants; c'est à ce moment que la matière végétale augmente le plus vite et que se détermine le nombre d'épis (**Grignac, 1981**). A la récolte, plus de 75% de l'azote total de la plante se trouve dans les grains.

- **Le phosphore** : il favorise le développement des racines, sa présence dans le sol en quantités suffisantes est signe d'augmentation de rendement. Les besoins théoriques en phosphore sont estimés à environ 120Kg de P₂O₅/ha.

- **Le potassium** : les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs aux quantités contenues à la récolte 30 à 50 Kg de K₂O de plus/ha, (**Belaid, 1987**).

Introduction

Notre travail a pour objectif de déterminer l'application de la technologie magnétique sur les caractéristiques physicochimiques d'eaux utilisées au cours de cette étude à savoir l'eau de robinet (faiblement chargé en sel de l'ordre de 2 g/l) ; ces eaux ont été testées sur deux variétés de blé, blé dur et blé tendre et l'évaluation des effets de l'eau magnétisée sur les paramètres physicochimiques du sol et sur l'identification des réponses morphologiques, le comportement morphologique et le test de germination de deux espèces.

I. Site expérimentale

Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoire régional Ouest d'analyses des sols et des eaux d'irrigation de l'INSID à El Matmar (Wilaya de Relizane).

Le laboratoire est situé au nord-ouest de l'Algérie, il se trouve dans la wilaya de Relizane à trente-cinq Kilomètre à vol d'oiseau de la méditerranée et à 300 Km d'Alger.

Le laboratoire est situé au milieu de quatre périmètres irrigués ; moyen chelif-le bas chelif- la Mina et habra-sig.



Photo1 : le site expérimental.(Originale, 2017).INSID à El Matmar (Wilaya de Relizane).

II. Protocole expérimental de la dynamisation de l'eau :

II.1. La technologie « Delta Water »

L'appareil « Delta Water » est une technologie japonaise. Il est fourni par la société KESSEMTINI et installé au laboratoire Eau, Energie et Environnement à l'ENIS. Ce dispositif mis en place nous permet d'effectuer plusieurs séries expérimentales afin d'évaluer et de vérifier l'apport de ce procédé dans la dynamisation de l'eau (Figure 11).

Le principe du procédé Delta Water 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 du Bio film, cela intensifie aussi le dépôt de minéraux à l'intérieur des conduites.



Figure 11 : L'installation de l'appareil Delta water (Marweni H, 2015).

Analyses de laboratoire

Les analyses physico-chimiques du sol et de l'eau sont réalisées au niveau du laboratoire régional ouest de l'INSID d'El Matmar (Relizane).

II.2. Paramètres physicochimique de l'eau

La caractérisation physicochimique est nécessaire pour mettre en évidence la qualité d'une eau Hydro-magnétisée par Delta Water en le comparant avec une eau non traitée (eau non magnétisée).

Cette caractérisation est constituée par plusieurs paramètres physicochimiques :

- Mesure du pH ;
- Mesure de la conductivité électrique ;
- Détermination de la concentration des anions ;
- Détermination de la concentration des cations ;

II.2.1. Mesure du pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau.

Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie (Photo 01, Annexe 01).

II.2.2. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité (σ) se mesure à l'aide d'un conductimètre et l'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm) exprimé souvent en micro Siemens/cm ($\mu S/cm$) ou milli Siemens (mS/cm) (Photo 04, Annexe 01).

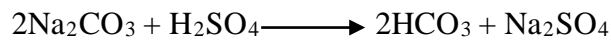
Généralement, le rapport entre conductivité (σ) et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante :

$$\text{Salinité} = \sigma * F$$

F : facteur de conversion qui varie en fonction de la variation de la conductivité (σ). Dans la gamme des eaux potables $F = 0.75$.

II.2.3. Détermination des concentrations des anions

- Les anions de carbonates et de bicarbonates (HCO_3^- ; CO_3^{2-}) sont dosés par titrimétrie au H_2SO_4 . Lors d'une attaque acide ; les carbonates se décomposent en deux étapes



En présence d'indicateurs, la fin de la réaction est indiquée par un virage de couleur.

- Le chlorure (Cl^-) par titrimétrie au nitrate d'argent (méthode de MOHR).

La méthode de MOHR est présentée ici :

Le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de **chromate de potassium**.

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge de chromate d'argent.

- Le sulfate (SO_4^{2-}) est déterminé par la méthode gravimétrique au BaCl_2 .

La méthode gravimétrique présentée est basée sur le principe de faire précipiter les sulfates de baryum.

II.2.4. Déterminations des concentrations des cations

On mesure la concentration des cations dans le sol par l'extrait de la pâte saturée, puis les cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) sont dosés par l'absorption atomique (Photo 02, Annexe 01).

III. Paramètres physicochimiques du sol

1-Préparation des échantillons de sol

Le sol utilisé a été préparé de façon suivante

Au niveau du laboratoire, les échantillons du sol prélevés sont étalés et séchés à l'air libre.

Les cailloux, graviers et débris organiques grossiers sont éliminés et le reste est broyé puis tamisé à 2mm. La fraction du sol <2 mm a été utilisée pour les analyses physico-chimiques.

III.1.1. Granulométrie :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules minérales de sol par classe de diamètres.

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

L'analyse granulométrique est réalisée par la méthode internationale de la **pipette de Robinson**, la granulométrie exprime la teneur en argile, limon fin limon grossier, sable fin, sable grossier du sol (Photo 03, Annexe 01).

Cette méthode consiste à :

- détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée ;
- disperser les particules par une dispersante énergétique telle que l'héxamétaphosphate de sodium et par agitation mécanique ;
- effectuer des prélèvements à l'aide de la pipette de Robinson, dans des flacons à sédimentation, à des profondeurs et à des moments déterminés (application de la loi de Stokes de sédimentation des particules dans un liquide).

III.1.2. Analyses chimiques

III.1.2.1. pH du sol :

Le pH de sol est une donnée essentielle, car l'existence d'une phase minérale, sa spéciation et sa toxicité avec la salinité sont souvent des paramètres liés au pH.

On prépare une suspension de sol dans l'eau, 20 g de terre (<2 mm) séchée à 40 C° sont pesés et ajoutés dans un bécher avec une quantité de 50 ml d'eau distillée. L'agitation est effectuée pendant quelques minutes puis on laisse reposer deux heures. Les mesures du pH sont effectuées à l'aide d'une électrode plongée dans le liquide surnageant, Il est déterminé par le pH mètre (photo 01, Annexe 01).

III.1.2.2. La conductivité électrique :

La conductivité électrique correspond à la quantité totale des sels solubles. Elle peut être obtenue soit au laboratoire (pâte saturée), soit au niveau du terrain (extrait dilué).

Pour la conductivité électrique de l'extrait dilué la préparation est les suivantes :

Peser 10g de sol sec tamisé à 2mm et l'introduire dans un flacon, ajouter 50 ml d'eau distillé et agiter pendant quelques minutes.

Laisser reposer jusqu'à ce qu'il y ait sédimentation de la terre pendant 2 heures, et transverse le liquide surnageant dans un bécher. Faire les mesures conductimétriques (photo 04, Annexe 01).

III.1.2.3. Calcaire total :

On utilise la propriété de carbonates de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide en eau et CO₂.

Le taux de calcaire total est déterminé par acidimétrie, on ajoute à l'échantillon de l'acide chlorhydrique (10 %). Le volume de gaz carbonique dégagé est mesuré à l'aide d'un **Calcimètre de Barnard** et comparé au volume produit par du carbonate de calcium pur (photo 06, Annexe 01).

III.1.2.4. La Matière Organique:

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique, le carbone organique (C) est estimé à 58% de la matière organique (MO) d'où : %MO=C% × 1.724.

La méthode utilisée est la méthode **Anne** où le carbone organique contenu dans un échantillon de sol est oxydé dans des conditions définies en utilisant une quantité d'un mélange oxydant : le bichromate de potassium en milieu sulfurique.

III.1.2.5. Le Phosphore assimilable :**Méthode Joret- hebert**

L'acide phosphorique est extrait par l'oxalate d'ammonium.

Le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe de l'acide phosphorique et l'acide molybdique. Dans la solution d'oxalate d'ammonium contenant un phosphate, l'addition d'un réactif sulfomolybdique et d'une solution d'acide ascorbique provoque, par chauffage, le développement d'une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en orthophosphate, transvaser le contenu dans des buses bien essuyées et passer dans le colorimètre sous onde de 650 nm (Photo 05, Annexe 01).

III.1.2.6. L'azote total

On mesure le pourcentage de l'azote total par la formule suivant :

$$\mathbf{N\% = la\ matière\ organique\% \times 0.05}$$

IV. Les paramètres étudiés pour le matériel végétal

1. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de semences d'une espèce de blé dur variétés «Siméto, Vitron» et de blé tendre avec ses variétés «Ain abid et HD». Ces grains ont été obtenus dans DOK de Relizane.

Photo 2: Les variétés du blé dur et blé tendre qui sont utilisées dans l'expérimentation (Originale 2017)



2. Les critères de choix

- La disponibilité dans le Wilaya de Relizane.
- Ces variétés sont plus utilisées pour l'alimentation.
- Cycle de vie est très court par rapport les autres variétés.

3. Préparation des grains

-D'abord on prend une quantité des grains de chaque variétés du blé dans des pots remplit en l'eau après quelque secondes donc on note : des grains qui est reste sur la surface de l'eau sont éliminées ; les grains sont au fond sont des grain sain.ces dernières on sèche par papier filtre puis on commence par les expériences.

4. Protocol expérimental

4.1. Au laboratoire

✓ Test de germination

Ce test permet de mesurer l'indice de germination des graines arrosées par l'eau non magnétisée et celle magnétisée, c'est-à-dire leur aptitude à germer avec l'eau magnétisée

Dans notre cas, on a utilisé des graines de blé dur variétés «Siméto, Vitron» et de blé tendre avec ses variétés «Ain abid et HD» et on a suivi leur germination afin de déterminer :

-L'effet de la magnétisation de l'eau sur la germination et de voir s'il y a un apport positif de l'utilisation de l'eau magnétisée par rapport à celle non magnétisée.

- Cette méthode consiste à mettre 100 grains de chaque variété du blé dans une boîte de pétri (10 cm de diamètre), dans laquelle on place un papier filtre afin de préserver le milieu humide. Les grains contenus dans chaque boîte de pétri sont arrosés par 5 ml de l'échantillon d'eau magnétisée, de robinet, comme un témoin.

Enfin on place ces boîtes de pétri dans un incubateur à l'obscurité et à une température de 25°C durant 3 jours.

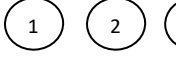
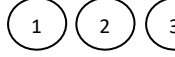
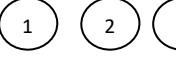

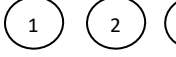
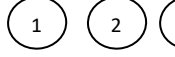
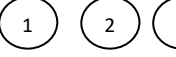
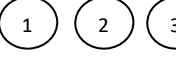
les variétés L'eau d'irrigation	Ain abid	HD	Siméto	Vitron
Magnétisé				
Robine				

Figure 12: Schéma du dispositif expérimental.



Photos 3 : La germination des grains de blé

✓ **Les paramètres étudiés**

-Taux de germination

L'indice de germination est qualifié par la règle suivante :

$$\text{Taux de germination (\%)} = (N_E/N_T) \times 100$$

Avec :

N_E : nombre de graines germées.

N_T : nombre de graines non germées.

-Longueur l'épi cotyle

-Longueur radicule

4.2. À la serre

L'étude a été conduite dans une serre.

4.2.1. Préparation du sol

Le tamisage : Pour éventuellement éliminer les gros fragments solides et les débris végétaux qui ne sont habituellement pas considérés comme faisant partie du sol. La fraction conservée

pour analyse est généralement celle inférieure à 2 mm. Le tamisage par voie sèche pour les sols dont les éléments sont supérieurs à 80 μ m et par sédimentation pour les éléments inférieurs ou égaux à 80 μ m. L'analyse granulométrique du sol jusqu'au diamètre de 80 μ m se fait en utilisant une série de tamis.

4.2.2. Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté comprend 2 blocs qui représentent les types l'eau d'irrigation magnétisé et robinet.

Chaque bloc constitue la plante du blé, blé dur variété «Siméto, Vitron» et blé tendre variétés «Ain abid et HD» et pour chaque variété on réalise 2 plantes (répétitions).

Chaque type d'eau comprend 8 pots pour 4 variétés du blé, «Siméto, Vitron» et «Ain abid et HD». et pour chaque variété on a réalisé 2 plantes (répétitions). Et chaque variété est constituée d'une série de pots de 4 plantes (répétitions) pour chaque type d'eau d'irrigation. Dont l'ensemble constitue 16 pots.

4.2.3. Les paramètres étudiés

Afin de déterminer l'effet de l'irrigation de l'eau magnétisée sur l'espèce étudiée, des paramètres biométriques ont été mesurés.

✓ Paramètres morphologiques

Pendant toute semaine la longueur des tiges est mesurée. Les valeurs données sont les moyennes obtenues des deux répétitions/variétés.

1. La longueur des tiges et des racines

La longueur de la tige et racine principale est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm). On mesure la longueur des tiges après une semaine de la plantation.

✓ Prélèvement et préparation du matériel végétal

Après avoir déterré les plantes, nous avons soigneusement séparé les tiges et les racines afin d'éviter toute contamination avec le substrat de culture, après un mois de la plantation. Le 02 avril 2017.

2. Le poids sec de la plante

Il est quantifié en le poids de la matière sèche. Cette quantification concerne tous les organes de la plante (feuilles, tiges, racines).

À l'aide d'une balance analytique de précision, les pesées sont effectuées pour avoir le poids sec après le passage à l'étuve à une température de 80°C pendant 24 heures.

1. Estimation de l'efficacité de l'appareil de magnétisation : Delta Water

1.1. Etude physico-chimique des eaux utilisées

Pour étudier l'effet de la magnétisation des eaux sur le développement des plantes, une caractérisation physico-chimique des eaux utilisées pour l'irrigation des sites expérimentaux a été effectuée (Tableau 01).

L'eau magnétisée utilisée pour les essais est obtenue par le passage de l'eau à travers l'appareil « Delta Water ».

Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau utilisée

Les paramètres		Eau magnétisée	Eau de robinet
pH		7.55	7.45
Conductivité (ms/cm)		2.1	2.18
Les cations (mg /l)	Na	8.33	8.57
	K	0.16	0.18
	Mg	2.65	2.6
	Ca	3.66	3.69
Les anions (mg/l)	Sulfates	3.42	3.75
	Chlore	40	46
	Bicarbonates	14.8	16
	Carbonates	0.8	1

A partir de l'analyse de la composition minéralogique des eaux utilisées pendant cette étude on peut tirer les points suivants (Tableau 1)

La caractérisation physico-chimique de l'eau utilisée dans notre expérimentation, avant et après magnétisation montre que :

- La magnétisation entraîne une légère augmentation du pH, On remarque que le pH du sol augmente avec l'utilisation de l'eau magnétisée, ces valeurs sont respectivement de 7.45 et 7,55. Donc le pH est faiblement alcalin.
- La magnétisation entraîne aussi une légère diminution de la conductivité électrique.
- La magnétisation de l'eau montre des variations non significatives des cations et des anions analysés.

2. Caractérisation physico-chimique du sol avant et après l'irrigation par l'eau magnétisée

2.1. Caractérisation physico-chimique du sol avant l'irrigation

L'analyse du sol est importante pour deux raisons selon Benaradj [73]:

- du point de vue physique, elle renseigne sur la nécessité d'apporter des modifications à la structure du sol et cela en tenant compte du climat,
- du point de vue chimique, elle renseigne sur la richesse du sol en éléments organiques et minéraux.

2.1.1. Texture du sol

L'analyse granulométrique du sol montre une texture limono-sableuse (Figure01, Annexe 01). On se référant au triangle de texture de l'USDA, ce sol appartient à la classe des textures grossières.

Tableau 2 : Analyse granulométrique du sol

Constituent	Sable	Limon	Argile
Proportion (%)	85.24	7.79	6.97

2.1.2. Caractéristiques chimiques du sol

Les analyses chimiques du sol avant l'irrigation par l'eau magnétisée ont été regroupées dans le tableau 3.

Le sol montre un pH légèrement alcalin avec une faible conductivité électrique.

La salinité est très faible (sols non salés). La teneur en calcaire est moyennement élevée. La teneur en matière organique est largement satisfaisante de l'ordre de 4.12%. La teneur en phosphore assimilable est bien pourvue.

Tableau 3 : Caractérisation chimique du sol avant l'irrigation utilisé dans notre étude

Paramètres	valeurs
pH	7.95
Matière organique (%)	4.12
CE 1/5(ds/m)	0,261
CaCO ₃ total (%)	16.13
P ₂ O ₅ (ppm)	112.35
Azote total (mg /kg)	0.211

2.2. Caractérisation physico-chimique du sol après l'irrigation

Tableau 4 : Résultats des analyses physicochimiques du sol

Paramètres	valeurs		
	1	2	3
pH	7.95	8.18	8.24
Matière organique (%)	4.12	4.32	4.53
CE 1/5(ds/m)	0,261	0.415	0.548
CaCO ₃ total (%)	16.13	16.13	18.25
P ₂ O ₅ (ppm)	112.35	118.12	116.33
Azote total (mg /kg)	0.206	0.216	0.227

1 : sol avant l'irrigation

2 : sol après l'irrigation par l'eau magnétisée

3 : sol après l'irrigation par l'eau robinet

2.2.1. Le pH

Le pH moyen du sol utilisé dans notre expérimentation à l'état initial est de l'ordre de 7.95. Cette valeur de pH est considérée comme légèrement basique.

On remarque que le pH du sol augmente après l'expérimentation, soit avec l'utilisation de l'eau magnétisée ou non magnétisée, ces valeurs sont respectivement de 8,18 et 8.24.

2.2.2. La conductivité électrique

On remarque que la conductivité électrique du sol est élevée par rapport sol initial, et la conductivité électrique du sol est faible avec l'utilisation de l'eau magnétisée par rapport l'eau non magnétisée.

2.2.3. La matière organique

Les taux de matière organique pour les sols irrigués par l'eau magnétisée et non magnétisée n'enregistrent qu'une légère différence et sont largement satisfaisantes.

La M.O grossière, à la surface du sol, atténue le choc des gouttes des pluies et permet à l'eau pure de s'infiltrer lentement dans le sol; l'écoulement en surface et l'érosion sont ainsi réduits (**Donahy, 1958**).

La teinte foncée des terres riche en M.O favorise l'absorption de l'énergie solaire. Ceci se traduit par un réchauffement plus rapide des sols nus (**Duthil, 1973**).

La capacité du sol pour l'eau est en effet liée à la teneur en M.O en raison de l'hydrophile extrêmement accusée des colloïdes qui la composent (**Duthil, 1973**).

- Les M.O contribuent classiquement à la fertilité chimique des sols. (**Balesdent, 1996**).

Les matières organiques, en améliorant la structure et l'aération du sol, favorisent le développement des bactéries aérobies, indispensables à la minéralisation et aux échanges dans la rhizosphère (**Soltner, 2003**).

2.2.4. Calcaire total

La teneur en calcaire du sol est déterminante pour le choix de la forme des engrais à préconiser et notamment celles des fertilisants phosphatés.

Selon les normes d'interprétation des analyses de sol (Tableau 04, Annexe 01), les teneurs en calcaire du sol irrigué par l'eau robinet sont élevées 18.25% qui donne un risque de chlorose important par contre les sols qui sont irrigués par l'eau magnétisée sont moyennement élevé ; 16.13% un risque de chlorose faible.

2.2.5. Phosphore assimilable

Selon les normes d'interprétation des analyses de sol (Tableau 06, Annexe 01), bien pourvu en phosphore au niveau du sol des deux traitements (eau magnétisée et non magnétisée).

D'après **Roula, (2005)**, le phosphore dissous dans la solution du sol et adsorbé sur le complexe adsorbant, constitue la réserve rapidement assimilable par la plante.

2.2.6. L'azote

Selon les résultats, le sol est moyennement pauvre en l'azote est dans les deux traitements (eau magnétisée et non magnétisée).

3. Effet de l'eau magnétisée sur les caractéristiques morphologiques de la plante

Pour connaître l'effet de l'irrigation du sol par l'eau magnétisée sur la plante il faut étudier plusieurs paramètres comme morphologiques.

Les résultats des traitements statistiques sur l'analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur les paramètres morphologiques des plantes sont illustrés dans les tableaux 07 à 22 de l'annexe 2.

3.1. Effet de la magnétisation de l'eau sur la germination :

3.1.1. La longueur de la racicule

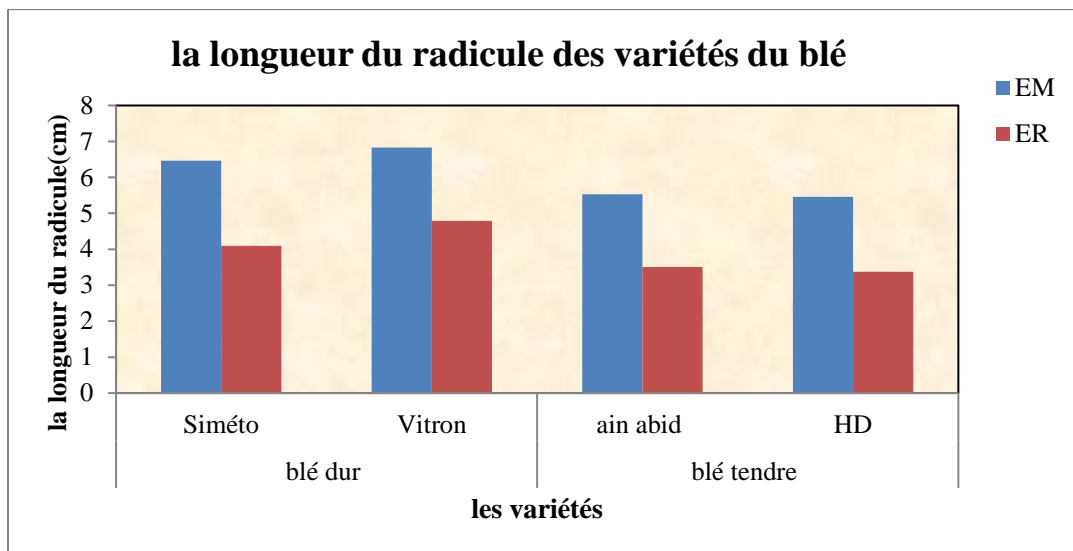


Figure13: Effet de la magnétisation de l'eau sur La longueur de la racicule

Les résultats montrent que, quelle que les valeurs plus élevés avec la longueur du la racicule dans les plantes qui sont irrigués par l'eau magnétisée chez les deux variétés blé dur et blé tendre.

Discussion

L'analyse de la variance à un critère de classification de la longueur du la racicule de blé tendre et blé dur montre une différence très hautement significative ($p \leq 0.001$) de l'effet de l'eau magnétisée, (Figure13).

Les valeurs de la longueur des racicules sont élevées chez les grains qui sont irrigués par l'eau magnétisée.

3.1.2. La longueur du l'épicotyle

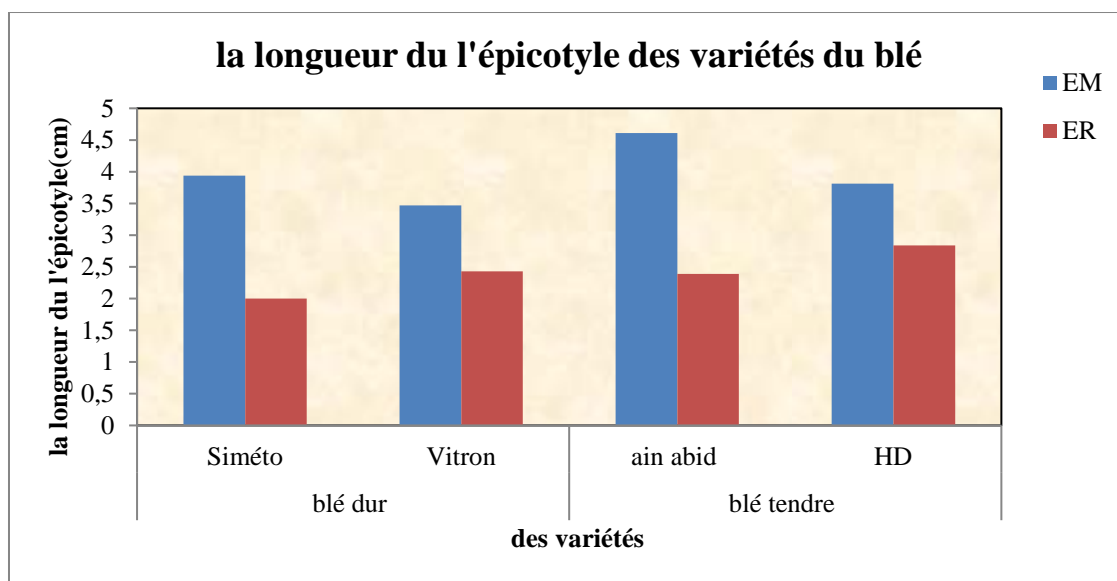


Figure14 : Effet de la magnétisation de l'eau sur La longueur du l'épicotyle

Selon la figure (14) représente les résultats de la longueur du l'épicotyle on note que les grains qui sont irrigués par l'eau magnétisée enregistrent les valeurs les plus élevées de la longueur du l'épicotyle en comparaison avec les autres irrigués par l'eau robinet

Discussion

L'analyse de la variance à un critère de classification de la longueur du l'épicotyle de blé tendre et blé dur montre une différence très hautement significative ($p \leq 0.001$) de l'effet de l'eau magnétisée.

Il faut noter que la longueur du la racicule et l'épicotyle est le plus élevés chez les grains irrigués par l'eau magnétisée

3.1.3. Taux de germination (TG)

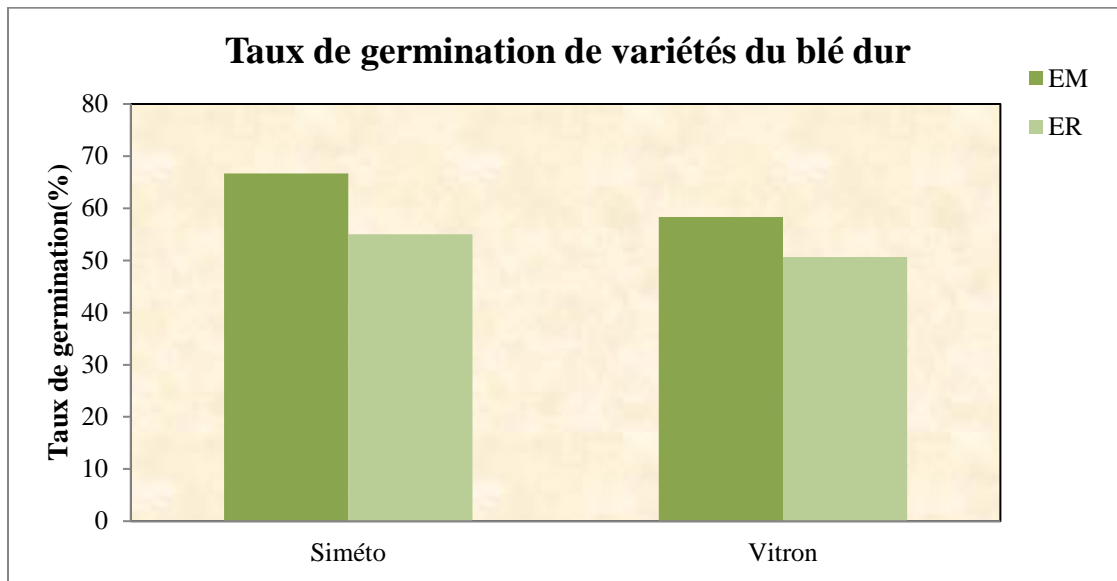


Figure 15. Effet de la magnétisation de l'eau sur le taux de germination de variété du blé dur.

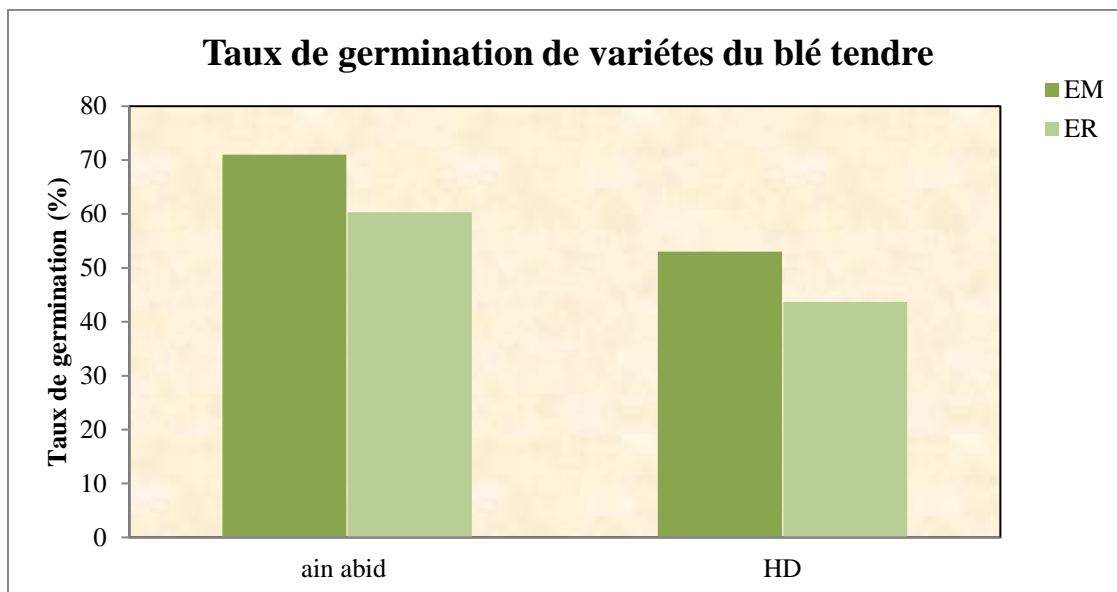


Figure 16 : Effet de la magnétisation de l'eau sur le taux de germination de variété du blé tendre.

L'eau magnétisée joue un rôle plus important sur la germination. Ces résultats montrent :

L'eau magnétisée est considérée comme écologique et efficace pour la germination des semences.

L'arrosage des grains par l'eau magnétisée (EM) donne un meilleur taux de germination par rapport à l'eau non magnétisée (ENM).

Discussion

L'analyse de la variance à un critère des valeurs moyennes du taux de germination montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents traitements ($p \leq 0.001$), pour le blé dur et blé tendre.

Les valeurs les plus élevées sont observées chez les graines arrosées par l'eau magnétisée. Alors que les plus faibles valeurs ont été enregistrées chez les graines arrosées par l'eau non magnétisée pour les quatre variétés du blé. Il est noté également que le taux de germination atteint sa valeur optimale chez les grains de blé tendre variété (Ain abid) qui sont arrosées par l'eau magnétisée avec la valeur de 70% en comparaison aux autres variétés.

Ces résultats semblent en concordance avec d'autres travaux réalisés sur des effets favorables de la technologie du magnétisme sur les effets de l'eau comme l'élimination des dépôts calcaires (Chibowski, 2003; Alimi, 2006) dans les conduites d'eau, l'amélioration du taux de la germination et la stimulation de la croissance (Shabrangi, 2009).

Les résultats ont montré une augmentation significative du taux de germination des semis de maïs arrosé d'eau salée traitée électro magnétiquement.

En utilisant de l'eau d'irrigation magnétisée (c'est-à-dire, MW), la germination des graines a augmenté de 13,3%.

3.2. Effets de la magnétisation de l'eau sur les caractéristiques morphologiques des plantes :

3.2.1. La longueur de la tige

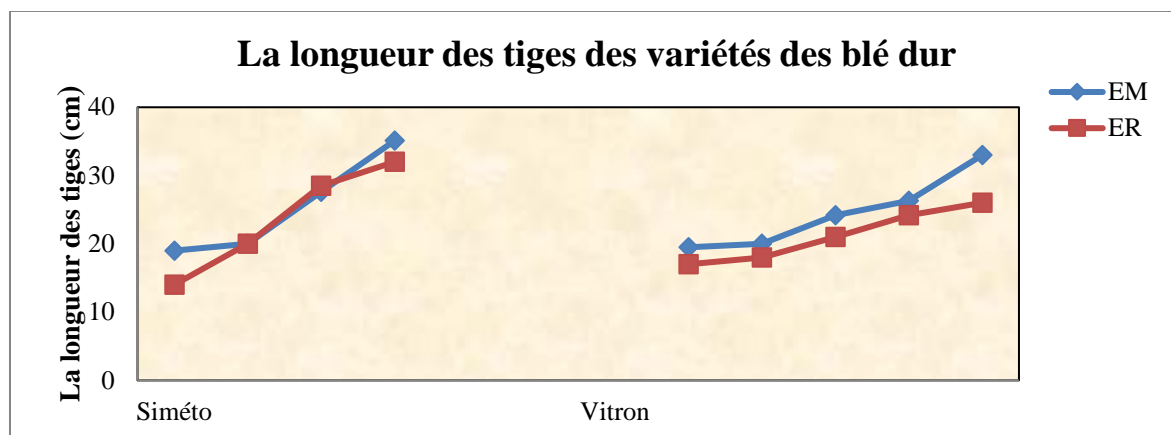


Figure17 : Effet de la magnétisation de l'eau sur la longueur de la tige du blé dur

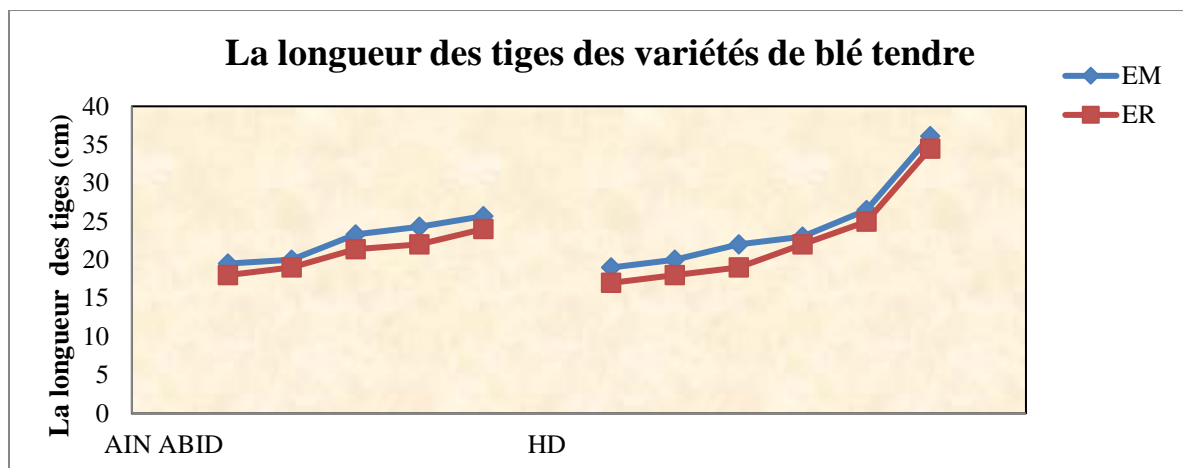


Figure18 : Effet de la magnétisation de l'eau sur la longueur de la tige du blé tendre.

On remarque que la longueur de la tige est augmentée avec l'irrigation par les eaux magnétisées (Figure18).

Discussion

L'analyse de la variance à un critère des valeurs moyennes de la longueur de la tige montre une différence très hautement significative ($p \leq 0.001$) de l'effet de l'eau magnétisée chez les quatre variétés de blé, puisqu'il existe des grandes variations de la longueur de la tige pour les différents traitements, qui est de 35.1 cm pour Sémito irrigué par l'eau magnétisée, et de 32 cm pour Sémito irrigué par l'eau non magnétisée (figure17). Par contre 34.5cm pour HD irrigué par l'eau magnétisée, et de 36.1 cm pour HD irrigué par l'eau non magnétisée (figure18).

Ces résultats sont corroborés par **Hamza, 1977** qui indique que parmi une augmentation de la croissance en hauteur des plantes irriguées avec une eau traitée pour les différentes prises effectuées, On distingue :

Ces améliorations sont de l'ordre de 27,3% en moyenne, mesurée sur 4 prises des données. Par conséquent, le traitement magnétique de l'eau influence positivement la croissance des plantes dans ses stades précoces.

On peut conclure que l'irrigation par une eau traitée par un champ magnétique statique a amélioré significativement la hauteur du chou. **Nasher (2008)** a trouvé dans ses recherches que les plantes du pois chiche irriguées avec une eau traitée magnétiquement sont plus hautes que celles irriguées avec une eau normale. La bibliographie a de même enregistré une amélioration significative en hauteur de 27,4%, 11,9%, 13,8% et 21,7% pour la fève, le pois chiche, le blé et la lentille respectivement (**Hamed, 2014; Hozayn, 2010**).

3.2.2. La longueur des racines

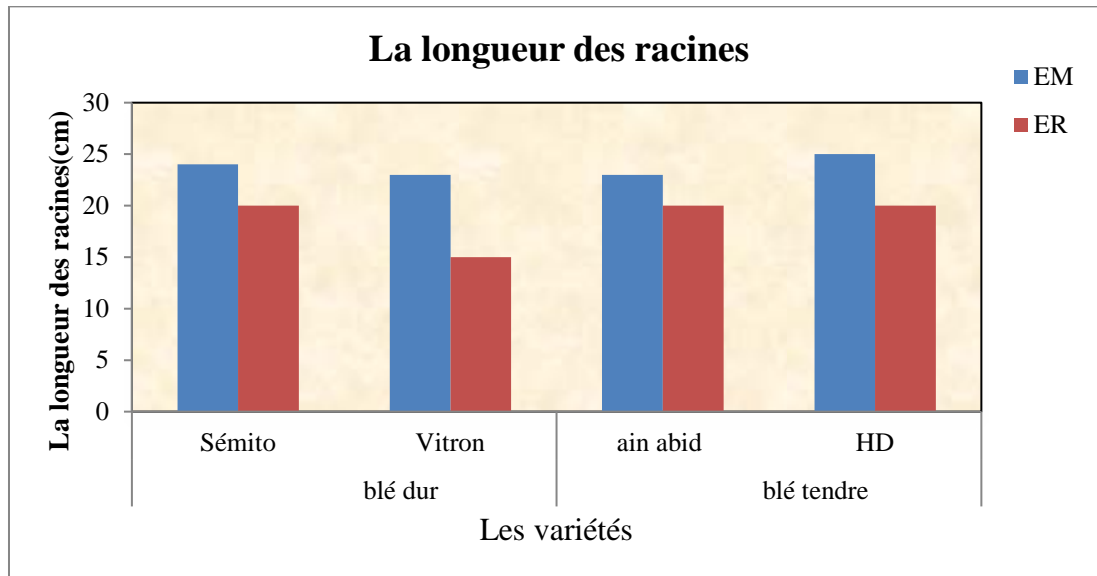


Figure19 : Effet de la magnétisation de l'eau sur la longueur des racines.

Discussion

L'analyse de la variance à un critère de classification pour la longueur moyenne des racines montre des différences très hautement significatives entre les traitements ($p \leq 0.001$). Cette valeur est de 25 cm pour HD irrigué par l'eau magnétisée et de 20 cm pour celui irrigué par l'eau non magnétisée. Et la valeur la plus élevée est enregistrée pour Vitron irriguée par l'eau magnétisée 23cm, alors qu'elle est plus faible pour celle irriguée à l'eau non magnétisée 15cm (Figure19), et une différence hautement significative ($p \leq 0.01$) de l'effet de variété de blé. La valeur la plus élevée est enregistrée pour les plants irrigués par l'eau magnétisée (25 cm pour HD), alors qu'elle est plus faible pour l'eau non magnétisée (15 cm pour Vitron) (Figure 19). D'après (K.Bekon, Flerat- Lessard), rapportaient en 1989. La mesure de la longueur totale de la tige et de la racine montre une augmentation de la longueur de ces organes suite à l'irrigation par les eaux magnétisée.

En outre, **Hameda (2014)** a suggéré que l'amélioration de la croissance des feuilles et de la tige peut être liée à l'accélération de la croissance racinaire et la conductance stomatique.

3.2.3. Le poids sec

a. Le poids sec de la partie aérienne (PSA)

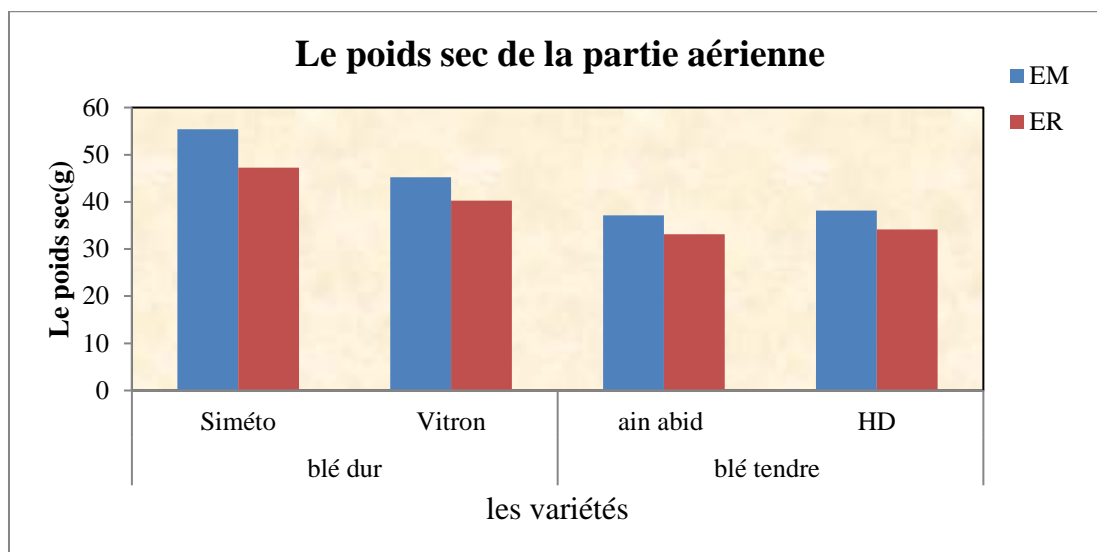


Figure20: Effet de la magnétisation de l'eau sur le poids sec de la partie aérienne

Discussion

Des effets très hautement significatives ont été relevés sur la variation du poids sec de la partie aérienne des plants des quatre variétés en fonction des traitements ($p \leq 0.001$).

La figure 20, montre que les poids sec les plus élevés sont notés chez les plantes irrigués par les eaux magnétisées. Ils sont de 55.4g pour Siméto, 45.23g pour Vitron et 37.12 g pour Ain abid et 38.15g pour HD. Par contre une diminution des poids est remarquée pour les plantes irriguées par l'eau non magnétisée. Ils sont de 47.23g pour Siméto, 40.23g pour Vitron et 33.12g pour Ain abid et 34.12 pour HD.

D'après **HAJER M, 2015**, l'effet stimulant de la magnétisation et de la forte salinité sur la production de biomasse des trois organes analysés. Cette stimulation de la production de biomasse intéresse surtout les feuilles.

b. Le poids sec de la partie racinaire (PSR)

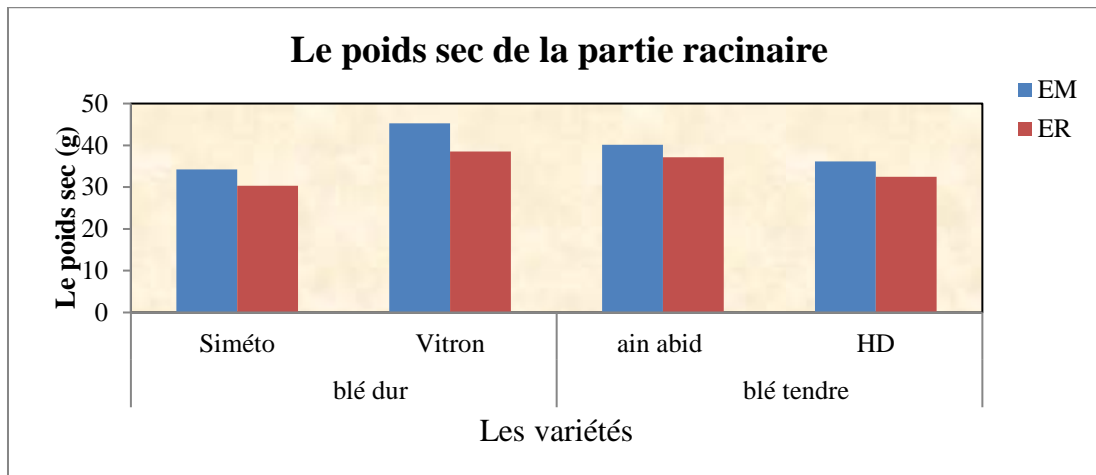


Figure21 : Effet de la magnétisation de l'eau sur le poids sec de la partie racinaire.

Discussion

L'analyse de la variance à un critère des valeurs moyennes du poids sec de la partie racinaire montre des différences très hautement significatives entre les traitements et l'effet de la variété pour Vitron et Ain abid et HD ($p \leq 0.001$), et non significatif entre les traitements pour Sémito ($p \geq 0.05$).

La figure 21, montre que les valeurs les plus élevées sont observées chez les plants irrigués par l'eau magnétisée. Ils sont de 34.25g pour Siméto, 45.23g pour Vitron et 40.15g pour Ain abid et 36.12g pour HD. Alors que les plus faibles valeurs ont été enregistrées chez les plants irrigués par l'eau non magnétisée. Ils sont de 30.32g pour Siméto, 38.54g pour Vitron et 37.12 pour Ain abid et 32.45 pour HD.

Dans ce même axe, il est observé aussi que les plantes réagissent à l'eau traitée en produisant plus de chevelu racinaire (**Taimourya, 2009; Brissier, 2005**).

De même, (**Maheshwari, 2009**) indiquent que un traitement de l'eau d'irrigation par un champ magnétique suffit pour affecter la croissance des organismes exposés à cette eau, comme dans le cas du céleri et du poids.

Photo 4: Effet l'eau robinet sur les variétés du blé



Photo 5 : Effet l'eau magnétisée sur les variétés du blé.



Conclusion générale

Conclusion générale

A travers le présent travail nous avons étudié les avantages de l'irrigation par les eaux magnétisées sur les caractéristiques du sol et ses effets sur la germination et la croissance de la plante.

Les résultats des essais menés sur deux variétés du blé : blé dur (Siméto, Vitron) et blé tendre (Ain abid, HD), ont concerné différents paramètres caractérisant le substrat de culture et des paramètres physiologiques représentés par la germination et morphologiques : la longueur de la tige et de racine et le poids sec de la plante. Les essais ont été réalisés sous serre et au laboratoire.

Les résultats sur les variétés du blé ont montré que l'irrigation avec l'eau magnétisée entraîne des effets bénéfiques pour le développement des plantes.

Les résultats de la caractérisation des substrats utilisés ont montré que l'irrigation par les eaux magnétisées entraîne une élévation du pH. La conductivité électrique du sol a subi une légère augmentation par l'utilisation de l'eau magnétisée.

Le taux de calcaire est élevé et la teneur en matière organique est largement satisfaisante. La teneur en phosphore assimilable est élevée.

Concernant l'impact de l'utilisation des eaux magnétisées sur les variétés du blé sous les différents traitements d'eaux (magnétisée et non magnétisée), les résultats sur les paramètres morphologiques ont montré que l'effet de l'eau magnétisée a été très hautement significatif pour toutes les variables analysées. En effet nous avons constaté, que le meilleur résultat obtenu concerne la longueur de la racine, l'épicotyle, le taux de germination, la longueur de la tige et de la racine chez les plants irrigués avec l'eau magnétisée pour les quatre variétés de blé étudiées. Par contre l'irrigation par l'eau non magnétisée a induit chez ces variétés une réduction du taux de germination, de la longueur de la tige et celle des racines.

On note aussi qu'il y a un gain de biomasse aérienne et racinaire au niveau des plants irrigués avec l'eau magnétisée pour toutes les variétés étudiées.

Au cours de notre travail nous avons essayé de définir l'effet de l'eau magnétisée sur les variétés du blé. Il serait plus intéressant de mettre au point une étude approfondie *in situ* pour relever les stratégies de la mise en défend du végétal contre la salinité du sol.

L'utilisation de l'eau magnétisée est une technique prometteuse pour les améliorations agricoles et pourra être appliquée sur différentes cultures végétales, surtout dans les zones arides et semi-arides.

Références bibliographiques

Aclimas journal. Guidelines adaptation au changement climatique des systemes agricoles méditerranéés.

Ahmed I M , Bassem M E., 2013. Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Suez Canal University, Ismailia, Egypt. International Journal of Agricultural Policy and Research Vol.1 (2), pp. 024-040.

Ait Slimane, Ait-Kaki Sabrina., 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie thèses de Doctorat en Sciences université Badji Mokhtar Annaba pp 26,29,56 in **Aidani H., 2015.** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ».mémoire master en Agronomie Option Production et Amélioration des plantes Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.

Aladjajjiyan., 2002. in **Marweni H., 2015.** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Alimi F, Tlili M, Amor M, Gabrielli C, Maurin G., 2006. Influence of Magnetic Field on Calcium Carbonate Precipitation. *Desalination* 206: 163-168 in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015.** Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

Almaghrabi1 Omar A, Elbeshehy Esam K F., 2012. Effect of Weak Electro Magnetic Field on Grain Germination and Seedling Growth of Different Wheat(*Triticum aestivum* L.) Cultivars. Biological Sciences Department, Faculty of Science north Jeddah, King Abdul Aziz University, Jeddah Saudi Arabia. Life Science Journal 2012;9(4)1615-1622.

Al-Mufarrej S, Al Batshan H A, Shalaby M I, Shafey T M., 2005. The effects of magnetically treated water on the performance and lemune system of broiler chickens. International Journal of poultry science 4(2) :96-102 in **Marweni H., 2015.** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection

Références bibliographiques

de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax

Anonyme.A., 2007. La biologie de *Triticum turgidum* ssp. durum. Document d'accompagnement des Critères d'évaluation du risque environnemental Associé aux végétaux à caractères nouveaux (Dir94-08).

Balesdent J., 1996. Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. Etude et gestion des sols. INRA.(afes). Vol 3 N°4. Paris. pp 245-260 in **Koull N., 2007.** Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla .Thèse Magister université Kasdi Merbah Ouargla.

Belaid D., 1986. Aspect de la céréaliculture algérienne, Ed- O.P.U, 217p in **Mihoub A., 2009.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques. Spécialité Agronomie Saharienne. Option Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi- Merbah Ouargla.

Belaid., 1987 : Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A 108p in **Mihoub A., 2009.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité Agronomie Saharienne. Option : Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi- Merbah Ouargla.

Belaid D., 1990. Elément de phytotechnie générale. Edition O.P.U. Alger in **Benziane K., 2015.** Effet des trois types d'engrais (N,P, K) sur le comportement du rendement d'une variété de blé tendre (ARZ G3) dans la région de Chlef. Mémoire de Master en Agronomie. Universitéa Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Blé hybride HYNO- (onglet "le blé en général")

http://www.unctad.info/en/Infocomm/Agricultural_Products/Wheat/Culture/ in **FRITAS S., 2012.** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la

Références bibliographiques

region de Batna. (Algérie). Memoire de Magister Option .Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr BelKaid.Tlemcen.

Benaradj A., 2010. Contribution à l'étude phyto-écologique du *Pistacia atlatica* Desf. *Atlantica* dans la région de Béchar (Sud-Ouest algérien). Thèse Magister. Univ. Abou Bakr Belkaid Fac. Sciec. Départ des scien Agrono et foresti. Tlemcen. 147p.

Bonjean et Picard., 1990. Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection. Softword – Groupe ITM, Paris, 208p in **FRITAS S., 2012.** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la region de Batna. (Algérie). memoire de Magister Option : Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr BelKaid.Tlemcen.

Bouasla S, Debabsa R, Djouamaa M., 2008. Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum*.desf) sous traitement par un fongicide (TILT 250EC) Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de D.E.S Option : Biochimie Centre universitaire de Souk - Ahras

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. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p in **Aidani H., 2015.** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ».mémoire master en Agronomie Option : Production et Amélioration des plantes Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.

Bourras N., 2001. Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques genotypes de blé dur. Thèse de Magistère Université INA El Harrach in **Morsli L., 2010.** Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. Thèse Doctorat en Biologie Option : Biologie végétale et Amélioration des plantes Université Badji Mokhtar-Annaba.

Cai R, Yang H , He J, Zhu W., 2009. The Effects of Magnetic Fields on Water Molecular Hydrogen Bonds. *Journal of Molecular Structure* 938:15-19 .in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M.,**

Références bibliographiques

2015. Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

Chibowski E, Hotysz L, Szczes A., 2003). Adhesion of in Situ Precipitated Calcium Carbonate in the Presence and Absence of Magnetic Field in Quiescent Conditions on Different Solid Surfaces. *Water Res.* 37: 4685–4692 in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015.** Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

Clement G, Prat., 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. PP351-360 in **FRITAS S., 2012.** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la region de Batna. (Algérie). Memoire de Magister Option : Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr BelKaid.Tlemecen.

Donahy R., 1958. Nature des solset croissance végétale. Ed. D'organisation. Paris. 312p in **Koull N., 2007.** Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla .Thèse Magister université Kasdi Merbah Ouargla.

Duthil J., 1973. Elément d'écologie et d'agronomie. Tome II. Exploitation et amélioration du milieu. Ed.J.B. Baillière. Paris. 265p in **Koull N., 2007.** Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla .Thèse Magister université Kasdi Merbah Ouargla.

El Sayed., 2014.in Marweni H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Emoto., 1999 in Marweni H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Références bibliographiques

Fateme A, Hosseinali B, Mohammad J M, Saeid E, Foroud S., 2016.

Seed germination and seedling growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced magnetized saline water. Eurasian Journal of Soil Science, 5 (1) 39 – 46.

Fritas S., 2012. Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières d la region de Batna. (Algérie). Memoire de Magister Option Ecologie et biologie populations. Université Abou Bakr BelKaid.Tlemecen.

Gnis 2008. Journal Cultivons la diversité des plantes cultivées .www.semencemag.fr

Grignac P., 1981 : Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp : 185-194 in

Mihoub A., 2009. Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité : Agronomie Saharienne Option : Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi- Merbah Ouargla.

Herney, Buyser., 2000. Cycle de développement du blé in **Bouasla S, Debabsa R**

, **Djouamaa M., 2008.** Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum.desf*) sous traitement par un fongicide (TILT 250EC) Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de D.E.S Option : Biochimie Centre universitaire de Souk – Ahras.

Jaime A, Teixeira da Silva, Judit Dobránszki., 2014. Impact of magnetic water on plant growth. Environmental and Experimental Biology 12: 137–142.

Kellou R., 2008. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Aude coop. Thèse de Master of Science du CIHEAM – IAMM n° 93 .

Références bibliographiques

Koull N., 2007. Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla .Thèse Magister université Kasdi Merbah Ouargla.

Kramer Pj., 1983: Water relation of plants – Department of Botany – Duke – Univ Durham North. Carolina in **MORSLI L., 2010.** Adaptation du blé dur (*triticum durum desf*) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. Thèse Doctorat en Biologie Option Biologie végétale et Amélioration des plantes Université Badji Mokhtar-Annaba.

Lin and Yotvat., 1990 in Marweni H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Loue A., 1982. Le potassium et les céréales. Dossier K2O n°02, pp1-41 in **Mihoub A., 2009.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité Agronomie Saharienne. Option Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi- Merbah Ouargla.

Lounes Y, Guerfi A., 2010. Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie.

Maheshwari B. L, Grewal H. S.,2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management* 96(8): 1229-1236 in **Marweni H., 2015.** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Martines et al., 2002 in Marweni H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Références bibliographiques

Marweni H., 2015. Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Mazouz L., 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum. Desf*) dans l'étage bioclimatique semi aride. Mémoire de magister en sciences agronomiques.

Mazouz L., 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum Dsf.*) dans l'étage bioclimatique semi aride. Mémoire de Magister. Dept Agr, Fac Sci, UHL, Batna, Algérie .in **Maamri K., 2011.** Stabilité du critère de la discrimination du carbone isotopique en relation avec le poids spécifique de la feuille drapeau chez quelques variétés de blé dur cultivées en milieu semi aride. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques Option : Amélioration de la production végétale Spécialité : Production végétale Université Ferhat Abbes –Sétif.

Mihoub A., 2009. Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité : Agronomie Saharienne Option : Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi-Merbah Ouargla.

Onfaa 2015. Bilan de la campagne céréalière 2014/2015

Pang X.F, Deng B., 2008. The Change of Macroscopic Features and Microscopic Structures of Water Under Influence of Magnetic Field. *Physica B* 403: 3571- 3577 in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015.** Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

Parsons S. A, Judd S. J, Stephenson T, Udol S, Wang B.L., 1997. Magnetically Augmented Water Treatment, *Institution of Chemical Engineers, Vol 75, Part B, May 1997* in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015.** Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica*

Références bibliographiques

oleracea), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

Remy JC, Viaux PH., 1980. Evolution des engrais azotés dans le sol. Perspectives agricoles spéciales in **Mihoub A., 2009.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité : Agronomie Saharienne Option : Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi-Merbah Ouargla.

Ruel T., 2006. Document sur la culture du blé, édition Educagri. In word comportement

Shabrangi, A, Majd A., 2009. Effet des champs magnétiques sur la croissance et les systèmes antioxydants dans les plantes agricoles. PIERS Délibérations, Beijing, Chine, Mars, 23-37 in **Marweni H., 2015.** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence Appliquée en Protection de l'environnement Parcours traitement et valorisation des rejets 2015 Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax.

Smirnov J.V., 2003. The Effect of a Specially Modified Electromagnetic Field on the Molecular Structure of Liquid Water. Global Quantec. Inc.(U.S.A): 122-125. in **Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015.** Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36.

Soltner., 1988. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions 464P in **Mihoub A., 2009.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*TRITICUM DURUM L. VAR. CARIOCA*) (dans la région d'EL-GOLÉA) Mémoire d'ingénieur d'État en Sciences Agronomiques Spécialité : Agronomie Saharienne Option : Mise en valeur des sols sahariens. Université de Kasdi- Merbah Ouargla.

Soltner D., 2003. Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 23^{ème}. Ed. Paris. 472p in **Koull N., 2007.** Effet

Références bibliographiques

de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla .Thèse Magister université Kasdi Merbah Ouargla.

Taimourya H., 2012. Etude et expérimentation de la magnétisation de l'eau: application en agriculture Option Sciences agronomiques et agro alimentaires. Article d'UNE RENCONTRE entre les jeunes chercheurs, les professionnels et le public dans l'institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

Taimourya H, E.H. Bouraraché E H, El harife A , Hassanaine N, Masmoudie L, Baamale, Oussiblei M., 2015. Évaluation de la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*), sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca (Maroc) journal Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2015) 3 (2):27-36

USDA., 1999.Natural Resources Conservation Service SoilQuality Resource Concerns: Salinization pp2.

Yves H, Buyer J., 2000. L'origine des blés. Pour les sciences hors série n° 26.60 - 62 pp.in **Bouasla S, Debabsa R ,Djouamaa M., 2008.** Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum.desf*) sous traitement par un fongicide (TILT 250EC Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de D.E.S Option : Biochimie Centre universitaire de Souk - Ahras

Annexe 01

Figure 01. Triangles des textures minérales (d'après USDA 1999).

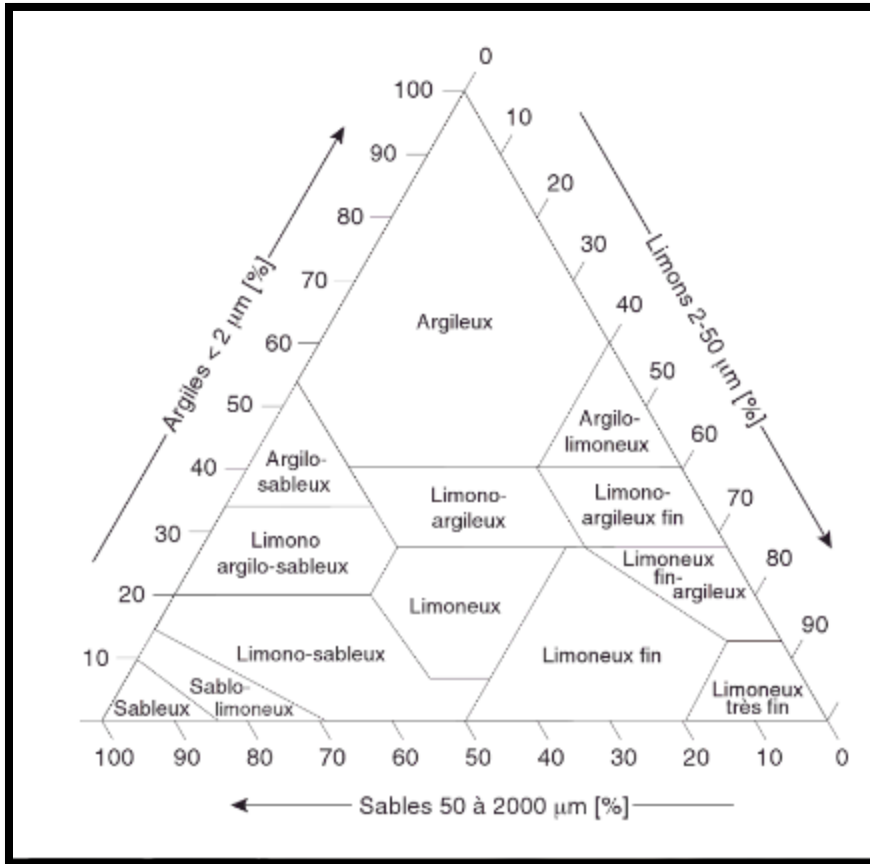


Tableau 01. Echelle d'interprétation de la conductivité électrique de l'extrait aqueux au 1/5 (C_{e1/5} en dS/m).

Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
C.E Extrait 1/5(dS/m)	0.6	1.2	2.4	6

Annexes

Tableau 02. Echelle d'interprétation des valeurs du pH du sol

Classe de réaction du sol	pH eau
Extrêmement acide	< 4,5
Très fortement acide	4,5 - 5,0
Fortement acide	5,1 - 5,5
Moyennement acide	5,6 - 6,0
Faiblement acide	6,1 - 6,5
Neutre	6,6 - 7,3
Faiblement alcalin	7,4 - 7,8
Moyennement alcalin	7,9 - 8,4
Fortement alcalin	8,5 - 9,0
Très fortement alcalin	> 9,0

Source : Agriculture et agroalimentaire Canada. Système d'information sur les sols du Canada.

Tableau 03. Interprétation des résultats d'analyse de la matière organique (Achkar, non daté)

Intervalle (%)	Jugement	Dose de fumier recommandée (T/ha)
Sols argileux et limoneux : AA, A, AS, ASS, AL, ALS, LA, LSA, L, LS, et LL		
≥3	Large ment satisfaisant	-
≥2-3	Satisfaisant	-
≥1,7-2	Moyenne	-
≥1,6-1,7	Moyennement faible	20
≥1,4-1,6	Moyennement faible	30
≥1,15-1,4	Faible	40
≥1-1,15	Très faible	50
≥0,8-1	Très faible	60
≥0,60-0,80	Excessive ment faible	70
≥0,40-0,60	Excessive ment faible	80
<0,40	Excessive ment faible	100
Sols sableux : SA, SAl, SL, S, et SS		
≥2	Large ment satisfaisant	-
≥1,75-2,00	Satisfaisant	-
≥1,5-1,75	Moyenne	-
≥1,25-1,50	Moyennement faible	20
≥1,00-1,25	Faible	30
≥0,86-1,00	Faible	40
≥0,70-0,85	Très faible	50
≥0,60-0,70	Très faible	60
≥0,50-0,60	Excessive ment faible	80
≥0,40-0,50	Excessive ment faible	90
<0,40	Excessive ment faible	100

Annexes

Tableau 04. Interprétation des niveaux de calcaire total et calcaire actif (Achkar, non daté)

Calcaire total (%)	Jugement	Commentaires
0	Nul	-
<0-1	Très faible	Aucun risque de chlorose
<1-4	Faible	Aucun risque de chlorose
<4-10	Moyenne	Risque de chlorose très faible
<10-15	Moyennement élevé	Risque de chlorose faible
<15-30	Elevé	Risque de chlorose important
<30-45	Très élevé	Très fort risque de chlorose, éviter toutes les cultures sensibles au calcaire, en arboriculture fruitière et viticulture, utiliser les portes greffes résistants. Risque de déficience en oligo-éléments (Cu, Zn, Fe, B, et Mn), sauf pour le molybdène.
>45	Excessivement élevé	
Calcaire actif (%)		
<0-3	Faible	Risque de chlorose très faible
<3-7	Moyenne	Risque moyen de chlorose
<7-15	Elevé	Risque élevé de chlorose, il faut faire des apports foliaires en oligo-éléments Cu, Zn, B, Fe, et Mn.
>15	Très élevé	Risque très élevé de chlorose, éviter toutes les cultures sensibles au calcaire, en arboriculture fruitière et viticulture, utiliser les portes greffes résistants. Risque de déficience en oligo-éléments (Cu, Zn, Fe, B, et Mn), sauf pour le molybdène.

Tableau05 : le niveau de richesse du sol en azote (GROS , 1979)

Valeurs	Interprétation
$\leq 0.1\%$	sol très pauvre en azote
0.1 à 0.2%	sol pauvre
0.2 à 0.5%	sol moyennement pauvre
0.5 à 1%	sol riche
$\geq 1\%$	sol très riche

Annexes

Tableau06. Valeurs indicatives pour l'interprétation des analyses de phosphore assimilable
Méthode joret- Hebert (P_2O_5)

Valeurs	Interprétation
0 – 50 ppm	Très faible en phosphore
50 – 80 ppm	Faible / un peu faible
80 – 120 ppm	Bien pourvu
120 – 250 ppm	élevé
≥ 250 ppm	Très élevé ou toxique



Photo 02 : le Spectrophotomètre



Photo 01 : Le pH- mètre



Photo 03 : La pipette de Robinson

Annexes



Photo 04 : Le conductimètres



Photo 05: Le colorimètre



Avant agitation par d'acide chlorhydrique

Après agitation par d'acide chlorhydrique

Photo 06 : Dosage de calcaire par Calcimètre de Bernard

Annexe 02

Tableau 07. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des tiges
Chez Siméto.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8973,939	7	1281,991				
VAR.FACTEUR 1	66,701	1	66,701	0,601	0,49741		
VAR.FACTEUR 2	7982,162	1	7982,162	71,865	0,00257		
VAR.INTER F1*2	1,901	1	1,901	0,017	0,89963		
VAR.BLOCS	589,962	1	589,962	5,312	0,10363		
VAR.RESIDUELLE 1	333,213	3	111,071			10,539	24,49%

Résultat très hautement significatif ($P= 0,25\%$) pour le facteur 2.

Annexes

Tableau 08. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des tiges
Chez Vitron

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6215,16	7	887,88				
VAR.FACTEUR 1	4,805	1	4,805	0,091	0,77663		
VAR.FACTEUR 2	5575,68	1	5575,68	105,274	0,00137		
VAR.INTER F1*2	7,605	1	7,605	0,144	0,72599		
VAR.BLOCS	468,18	1	468,18	8,84	0,05765		
VAR.RESIDUELLE 1	158,89	3	52,963			7,278	17,18%

Résultat très hautement significatif (P= 0,13%) pour le facteur 2.

Tableau 09. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des tiges
Chez Ain abid

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7287,099	7	1041,014				
VAR.FACTEUR 1	24,152	1	24,152	0,579	0,50444		
VAR.FACTEUR 2	6526,532	1	6526,532	156,595	0,00072		
VAR.INTER F1*2	24,851	1	24,851	0,596	0,49882		
VAR.BLOCS	586,532	1	586,532	14,073	0,03152		
VAR.RESIDUELLE 1	125,033	3	41,678			6,456	16,16%

Résultat très hautement significatif (P= 0,07%) pour le facteur 2.

Tableau 10. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des tiges
Chez HD

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8577,429	7	1225,347				
VAR.FACTEUR 1	43,711	1	43,711	0,522	0,52483		
VAR.FACTEUR 2	7644,661	1	7644,661	91,249	0,00173		
VAR.INTER F1*2	37,412	1	37,412	0,447	0,55407		
VAR.BLOCS	600,311	1	600,311	7,165	0,07414		
VAR.RESIDUELLE 1	251,334	3	83,778			9,153	21,75%

Résultat très hautement significatif pour le facteur 2.

P=0,17%

Tableau 11. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des racines
Chez Siméto

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	150,367	7	21,481				
VAR.FACTEUR 1	148,607	1	148,607	4731,555	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	1,125	1	1,125	35,823	0,00791		
VAR.INTER F1*2	0,281	1	0,281	8,954	0,05674		
VAR.BLOCS	0,259	1	0,259	8,255	0,06266		
VAR.RESIDUELLE 1	0,094	3	0,031			0,177	0,41%

Annexes

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0,001%

P2=0,79%

Tableau 12. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des racines
Chez Vitron

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	510,725	7	72,961				
VAR.FACTEUR 1	510,401	1	510,401	300446,1	0		
VAR.FACTEUR 2	0,281	1	0,281	165,647	0,00066		
VAR.INTER F1*2	0	1	0	0	0,99		
VAR.BLOCS	0,037	1	0,037	21,539	0,01722		
VAR.RESIDUELLE 1	0,005	3	0,002			0,041	0,11%

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

P2=0,06%

Tableau 13. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des racines
Chez Ain abid

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1384,838	7	197,834				
VAR.FACTEUR 1	1384,169	1	1384,169	298397,7	0		
VAR.FACTEUR 2	0,466	1	0,466	100,368	0,00148		
VAR.INTER F1*2	0,095	1	0,095	20,421	0,01862		
VAR.BLOCS	0,094	1	0,094	20,368	0,01869		
VAR.RESIDUELLE 1	0,014	3	0,005			0,068	0,21%

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

P2=0,14%

Tableau 14. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur la longueur des racines
Chez HD

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1795,875	7	256,554				
VAR.FACTEUR 1	1795,503	1	1795,503	6303754	0		
VAR.FACTEUR 2	0,301	1	0,301	1055,143	0,00005		
VAR.INTER F1*2	0	1	0	0	0,99		
VAR.BLOCS	0,07	1	0,07	247,286	0,00035		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	3	0			0,017	0,00048

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

Annexes

P2=0,005%

Tableau 15. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie aérienne chez Siméto

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	530,185	7	75,741				
VAR.FACTEUR 1	529,752	1	529,752	292566	0		
VAR.FACTEUR 2	0,321	1	0,321	177,202	0,00059		
VAR.INTER F1*2	0,004	1	0,004	2,292	0,22707		
VAR.BLOCS	0,102	1	0,102	56,36	0,00382		
VAR.RESIDUELLE 1	0,005	3	0,002			0,043	0,00041

Résultats très hautement significatifs pour les deux paramètres

P1= 0%

P2=0,059%

Tableau 16. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie aérienne chez Vitron.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	212,556	7	30,365				
VAR.FACTEUR 1	209,613	1	209,613	467,532	0,00014		
VAR.FACTEUR 2	0,333	1	0,333	0,742	0,45479		
VAR.INTER F1*2	1,162	1	1,162	2,593	0,20539		
VAR.BLOCS	0,104	1	0,104	0,231	0,66292		
VAR.RESIDUELLE 1	1,345	3	0,448			0,67	0,79%

Résultat très hautement significatif pour le facteur 1

P1=0,014%

Tableau 17. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie aérienne chez Ain abid

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	129,303	7	18,472				
VAR.FACTEUR 1	128,881	1	128,881	28407,06	0		
VAR.FACTEUR 2	0,365	1	0,365	80,549	0,00213		
VAR.INTER F1*2	0,011	1	0,011	2,331	0,22407		
VAR.BLOCS	0,032	1	0,032	7,15	0,07432		
VAR.RESIDUELLE 1	0,014	3	0,005			0,067	0,10%

Résultats très hautement significatifs pour les deux paramètres

P1= 0%

P2=0,21%

Annexes

Tableau 18. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie aérienne chez HD

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	133,692	7	19,099				
VAR.FACTEUR 1	133,335	1	133,335	124831,7	0		
VAR.FACTEUR 2	0,289	1	0,289	270,614	0,00031		
VAR.INTER F1*2	0,001	1	0,001	0,529	0,52233		
VAR.BLOCS	0,065	1	0,065	60,757	0,00338		
VAR.RESIDUELLE 1	0,003	3	0,001			0,033	0,00045

Résultats très hautement significatifs pour les deux paramètres

P1= 0%

P2=0,031%

Tableau 19. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie racinaire chez Siméto

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	106,767	7	15,252				
VAR.FACTEUR 1	62,496	1	62,496	7,733	0,06777		
VAR.FACTEUR 2	5,678	1	5,678	0,703	0,46587		
VAR.INTER F1*2	7,722	1	7,722	0,956	0,40223		
VAR.BLOCS	6,625	1	6,625	0,82	0,43419		
VAR.RESIDUELLE 1	24,245	3	8,082			2,843	4,50%

Résultat non significatif.

Tableau 20. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie racinaire chez Vitron

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	352,776	7	50,397				
VAR.FACTEUR 1	352,451	1	352,451	92888,32	0,0000		
VAR.FACTEUR 2	0,259	1	0,259	68,268	0,00279		
VAR.INTER F1*2	0,003	1	0,003	0,893	0,41644		
VAR.BLOCS	0,051	1	0,051	13,472	0,03345		
VAR.RESIDUELLE 1	0,011	3	0,004			0,062	0,00073

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

P2=0,29%

Tableau 21. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie racinaire chez Ain abid

Annexes

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	73,685	7	10,526				
VAR.FACTEUR 1	73,266	1	73,266	24352,67	0		
VAR.FACTEUR 2	0,324	1	0,324	107,759	0,00132		
VAR.INTER F1*2	0,004	1	0,004	1,438	0,31734		
VAR.BLOCS	0,082	1	0,082	27,264	0,01209		
VAR.RESIDUELLE 1	0,009	3	0,003			0,055	0,00071

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

P2=0,13%

Tableau 22. Analyse de variance de l'effet de la magnétisation sur le poids sec de la partie racinaire chez HD

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	107,939	7	15,42				
VAR.FACTEUR 1	107,311	1	107,311	23719,23	0		
VAR.FACTEUR 2	0,551	1	0,551	121,853	0,00108		
VAR.INTER F1*2	0,031	1	0,031	6,899	0,07747		
VAR.BLOCS	0,031	1	0,031	6,946	0,07686		
VAR.RESIDUELLE 1	0,014	3	0,005			0,067	0,00098

Résultats très hautement significatifs pour les deux facteurs

P1=0%

P2=0,1%