



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration De La Production Végétal

## Thème

**Effet du champ électromagnétique sur la germination et les paramètres de croissance du pois chiche (*Cicer arietinum L.*)**

Présenté par :

- LAYADI Imene
- MEBARKI Meriem

Devant le jury :

**Président :** M. BENTABET Abdelouahab (professeur, Univ. B. B. A).

**Encadrant:** M. BENYOUCEF Nabil (M.A.A, Univ. B. B. A).

**Examineur 1 :** M<sup>m</sup>. CHOURGHEL Nacira (M.A.A, Univ. B. B. A).

Année universitaire : 2016/2017

**REMERCIEMENT**

*Merci à Allah de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever nos mains vers le ciel et de dire « ya kayoum ».*

*Ce travail à été dirigé par **M. NYOUCHEF Nabil** notre encadreur, nous les remercier pour m'avoir conditions de travail indispensable au développement d'une recherche efficace. Merci pour votre idée, de votre soutien constant, de votre aide précieuse et de vos conseils durant nos essais.*

*Nous voudrions remercier les rapporteurs de cette mémoire, **M. BENTABET A. et Mm CHOURGHAL N.**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs positions.*

*Nos sincères remerciements à **M. DAHOU** et **M. FALLAHI**, pour leur aide en ce qui concerne les analyses statistiques.*

*Nous avons accompli cette mémoire au laboratoire de phytopathologie, T2 et zoologie, nous étions ainsi remercier toutes les ingénieures dont l'aide a été précieuse durant la réalisation de ce travail.*

*Une très grande merci a nos chers parents, nos frères, et nos chères amies qui se sont toujours montrés disponibles et qui ont partagé avec nous tous les moments durant tous les périodes.*

*Et pour n'oublier personne, nous tenons à remercier tous ceux qui on contribué de près ou de loin a l'aboutissement de ce travail.*

***Merci à tous.***

## Dédicace

*Avec énorme plaisir, un cœur ouvert et immense joie que je dédie mon travail à toute ma famille **MEBARKI***

*A mon cher père « **LAKHDER** » « **papa repose toi** »*

*De puis que tu nous a quitté sache que je pense toujours à toi. Que je te porte tout les jours dans mon cœur tu es pour moi un exemple de père que je rêvais d'avoir*

*A ma chère mère « **RABIAA** »*

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir, ne peut exprimer l'amour et reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entouré*

*A mon cher frère « **MOHAMED** »*

*A mes chères sœurs :*

*« **AMEL** » et ses filles **DOUNIA, DELLEL et KHAWLA** et son fils **OUSSAMA***

*« **SARA** » et sa fille **RAHMA** et son fils **CHOUAIBE***

*« **NOURA** » ma petite sœur.*

*A mes chères amies : **AMINA, IMENE, IMENE, BOUCHRA**, et toutes mes chères collègues surtout la spécialité de amélioration de la production végétal*

**MERJEM**

## **Dédicace**

### ***À MES CHERS PARENTS***

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance, Merci de m'a soutenu et encouragé dans tous les domaines et surtout pour

Réaliser ce mémoire. Et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

### ***A MA GRAND-MERE CHERIE***

Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies.

### ***A MES CHERS FRERES ET MES ADORABLE SŒURS***

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur. Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

### ***A TOUTE LA FAMILLE « LAYADI » et « MEBARKIA »***

*A mon future marie*

A mes cousins et mes cousines.

### ***A TOUS MES AMIES***

Et mes camarades de la promotion « *Amélioration de la production végétal 2017* »

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protégé et vous garde.

A tous ceux qui me connue.

***IMENE***

	page
<b>Remerciement</b>	
<b>Sommaire</b>	
<b>résumé</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des annexes</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : généralité sur le pois chiche.</b>	
<b>I.1. Origine</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2. Systématique et taxonomie</b> .....	<b>3</b>
<b>I.3. Morphologie de la plante</b> .....	<b>3</b>
<b>I.4. Type du pois chiche</b> .....	<b>5</b>
<b>I.5. Intérêt du pois chiche</b> .....	<b>5</b>
<b>I.5.1. Valeur nutritive</b> .....	<b>5</b>
<b>I.5.2. Intérêt agronomique</b> .....	<b>6</b>
<b>I.6. Variétés cultivées en Algérie</b> .....	<b>6</b>
<b>I.7. Exigences édapho-climatiques</b> .....	<b>6</b>
<b>I.7.1. Exigences édaphiques</b> .....	<b>6</b>
<b>I.7.2. Exigences climatiques</b> .....	<b>6</b>
<b>I.8. Types de culture</b> .....	<b>7</b>
<b>I.8.1. Culture de printemps</b> .....	<b>7</b>
<b>I.8.2. Culture d'hiver</b> .....	<b>8</b>
<b>I.9. Les facteurs limitant la production du pois chiche</b> .....	<b>9</b>

I.10. Les principales maladies de la plante.....	9
I.11. Les Facteurs influençant la germination.....	10

## **Chapitre II : le champ électromagnétique**

II.1. La source et la nature des champs électromagnétique.....	12
II.2. Mécanismes internes responsables des effets de magnétisation de certaines substances.....	14
II.3. Définitions d'un champ électromagnétique.....	15
II.4. Le champ statique.....	16
II.4.1. Les champs statiques d'origine naturelle.....	16
II.4.2. les champs statiques d'origine artificielle.....	16
II.4.2.1.champ magnétique (CM).....	17
II.4.2.2.Champ électrique (CE).....	18
II.5.Type de champ électromagnétique.....	18
II.6. le spectre électromagnétique.....	19
II.7. Les interactions du rayonnement avec la matière.....	20
II.7.1. Emission.....	21
II.7.2. Réflexion.....	21
II.7.3. Absorption.....	21
II.7.4.Transmission.....	23
II.7.5.Réfraction.....	23

## **Chapitre III : Biostimulation électromagnétique**

III.1.Généralités.....	23
III.2. Champs électromagnétique et biosystèmes environnementaux.....	24
III.3. Champ magnétique statique et micro-organismes.....	24

<b>III.3.1.</b> Champs homogènes.....	24
<b>III.3.2.</b> Champ magnétique hétérogène.....	24
<b>III.4.</b> Forces magnétique agissant sur les micro-organismes et les macromolécules.....	25
<b>III.5.</b> Effets sur les organismes vivants.....	26
<b>III.6.</b> Croissance des plantes en absence de champ magnétique.....	26
<b>III.7.</b> Effet de Champ magnétique statique chez les plantes.....	27
<b>III.7.1.</b> Effets sur les graines.....	28
<b>III.7.2.</b> Effet de champ magnétique statique sur l'activité enzymatique.....	29
<b>III.8.</b> Effet sur la photosynthèse.....	29
<b>III.9.</b> Effet du champ magnétique sur le matériel génétique (possibilités de mutations génétiques).....	30

#### **Chapitre IV : martiales et méthodes**

<b>IV.1.</b> Objectif de l'étude.....	31
<b>IV.2.</b> Matière végétale.....	31
<b>IV.3.</b> Distribution du montage expérimental.....	31
<b>IV.4.</b> Analyse statistique.....	32
<b>IV.5.</b> Protocole expérimentale.....	32
<b>IV.5. 1.</b> Effet du champ électromagnétique sur la germination.....	32
<b>IV.5. 2.</b> Effet du champ électromagnétique sur la croissance.....	33
<b>IV.5.3.</b> Dosage des pigments chlorophylliens.....	34
<b>IV.5.4.</b> Mesure la longueur des racines.....	34

#### **Chapitre V : Résultat et discussion**

<b>V.1.</b> Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la germination du pois chiche pour les variétés ILC79 31 et	
--	--



FLIP 90\13C.....	35
<b>V.2.</b> Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la croissance du pois chiche pour les variétés ILC79 31 et FLIP 90\13C.....	39
<b>V.3.</b> Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la concentration de chlorophylle.....	44
<b>V.4.</b> Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur l'élongation des racines du pois chiche pour les variétés ILC79 31 et FLIP 90\13C.....	46
<b>Conclusion et perspective</b> .....	47
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexe</b>	
<b>Résumés</b>	

# RÉSUMÉ

## Résumé

Cette étude a pour but principal de montrer l'effet du champ électromagnétique sur le taux de germination, la croissance, la production de la chlorophylle et la longueur des racines du pois chiche .pour cela deux variétés locales (**ILC 79 31** et **FLIP 90/13C**) ont été exposées à différentes intensités (5 mT, 10mT, 15 mT et 20 mT) et des temps d'exposition (1h, 2h, 5h et 8h).

L'analyse statistique des résultats à montrer que la biostimulation électromagnétique des graines de pois chiche **ILC 79 31** a une intensité de 5 mT et une durée d'exposition de 1 heure permet d'améliorer la capacité germinative de 17%,le premier jour de germination par apport au témoin. Au 39 eme jours la croissance les plantes traité par intensité de 5 mT pendant 8 heures, a été améliorée de 11 cm par rapport aux plantule témoin. La concentration de chlorophylles été améliorer jusqu'à 14.5% à une intensité de 10mT pendant 5 heures de traitement. Pour la longueur des racines, l'analyse statistiques des résultats obtenus a révélé que le champ magnétique est sans effet ( $P > 0.01$ ).

Pour la variété **FLIP 90/13C**, l'exposition magnétique affecte positivement la croissance mesurée au 39 eme jours de culture. Les plantes traité par intensité de 10 mT pendant 5 heures, et a une intensité de 15 mT pendant 8 heures, ont montrés des améliorations équivalent à 6.4cm par rapport aux plantules témoins. D'autre part les résultats obtenus montrent que le traitement par champ électromagnétique inhibe l'élongation des racines.

**Mots clé :** Pois chiche, champ électromagnétique, biostimulation, germination, croissance, chlorophylle, racines.

## المخلص

إن هذه الدراسة تهدف اساسا لإظهار تأثير المجال الكهرومغناطيسي على نسبة الإنتاش، النمو، تركيز اليخضور وطول الجذور على سلالتين من بذور الحمص ( **ILC 79 31** و **FLIP 90/13C** ) بتعريضها لشدات (5 mT, 10mT, 15 mT, 20 mT) وفترات زمنية مختلفة (1h, 2h, 5h, 8h).

التحليل الاحصائي للنتائج اظهر ان التحفيز الحيوي الكهرومغناطيسي لبذور الحمص، سلالة **ILC 79 31** المعالجة بشدة 5 mT لمدة ساعة تحسنت قدرة الإنتاش ب 17% في اليوم الاول مقارنة بالعينة الشاهد. في اليوم 39 من النمو، النباتات المعالجة بشدة 5 mT لمدة 8 ساعات تحسنت ب 11سم في طول الساق مقارنة بالعينات الشاهدة. أما تركيز اليخضور فتحسن بنسبة 14.5% بشدة 10mT لمدة 5 ساعات من العلاج. بالنسبة لطول الجذور لا توجد دلالات احصائية ( $P > 0.01$ ).

أما سلالة **FLIP 90/13C** فتأثرت إيجابيا في مرحلة النمو ففي اليوم 39 من النمو النباتات المعالجة ب 10 mT لمدة 5 ساعات والمعالجة ب 15 mT لمدة 8 ساعات أعطت تحسن ب 6.4cm في النمو مقارنة بالنباتات الشاهد. من جهة اخرى النتائج المحصل عليها بينت أن المعالجة بالحقل الكهرومغناطيسي يثبط نمو الجذور. في حين الانتاش وتركيز اليخضور ليس له دلالة إحصائية.

**الكلمات المفتاحية:** الحمص، كهرومغناطيسي، التحفيز الحيوي، الانتاش، النمو، اليخضور، الجذور.

## Abstract

The main purpose of this study is to show the effect of the electromagnetic field on the germination rate, the growth, chlorophyll concentration, and root length of chickpea ( varieties ILC 79 31 and FLIP 90 / 13C), at different intensities (5 mT, 10 mT, 15 mT, 20 mT) and different exposure time (1 h, 2 h, 5 h, 8 h).

The statistical analysis of the results shows that the electromagnetic biostimulation of the chickpea seeds **ILC 79 31** with 5mT of intensity and 1 hour of exposure improved the germinative capacity by 17% in the first day of germination compared to the control witness seeds

The 39<sup>th</sup> day of growth, the plants treated by intensity of 5mT during 8hours are improved 11cm compared to the control witness seeds, the chlorophyll concentration improved until 14% at intensity of 10mT during 5hours of treatment, and for the length of roots, we can say that there is no static signification ( $P>0.01$ ).

The variety **FLIP 90 / 13C** positively affects the growth stage. The 39 days of growth plants treated by intensity of 10 mT for 5 hours and has an intensity of 15 mT for 8 hours equates to an improvement of 6.4 cm to the control seeds. On the other hand, the results obtained show that electromagnetic field treatment inhibits root elongation. The germination process and the concentration of chlorophyll we can say that there was no static significance ( $P> 0.01$ ).

**Key words:** chickpeas, electromagnetic field, germination, growth, chlorophyll, root.



# **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b> : Lignes de force d'un aimant permanent, représentant le champ magnétique de l'aimant ( <b>bourget, 2011</b> ).....	13
<b>Figure 2</b> : Théorie des domaines ( <b>Wildi et Sybille, 2003</b> ).....	15
<b>Figure 3</b> : la gamme du spectre électromagnétique couvre différentes fréquences comprenant la lumière visible. Les longueurs d'onde de la radiofréquence (3 Hz à 300 GHz) les régions infrarouges (IR) et ultra-violettes ( <b>BBEMG, 2010</b> ).....	19
<b>Figure 4</b> : Spectre du rayonnement électromagnétique : E, extremely ; H, high ;L, low ; M, medium ; S, super ; U, ultra ; V, violet . ( <b>Roux, 2008</b> ).....	20
<b>Figure 5</b> : interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière-absorption, réflexion, transmission ( <b>Bonn et Rochon, 1992</b> ).....	21
<b>Figure 6</b> : Diapositive expérimental ( <b>Originale., 2017</b> ).....	32
<b>Figure 7</b> : Représente la germination de pois chiche dans des boîtes pétries ( <b>Originale., 2017</b> ). .....	32
<b>Figure 8</b> : disposition des 5 graines de pois chiche sur un pot de jardin rempli du sol et arrosé à l'eau du robinet ( <b>Originale., 2017</b> ).....	33
<b>Figure 9</b> : les différentes étapes de dosage de chlorophylle ( <b>Originale, 2017</b> ).....	34
<b>Figure 10</b> : mesure la longueur des racines ( <b>Originale.,2017</b> ).....	34
<b>Figure 11</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>ILC 79 31</b> après 24h. ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	37
<b>Figure 12</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>ILC 79 31</b> après 48h. ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	37
<b>Figure 13</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>ILC 79 31</b> après 72h. ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	38
<b>Figure 14</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 24h. ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	38

<b>Figure 15</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 48h. ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>38</b>
<b>Figure 16</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 72h. ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>49</b>
<b>Figure 17</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>ILC79 31</b> après 4 jours. ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>42</b>
<b>Figure 18</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>ILC79 31</b> après 25 jours. ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>42</b>
<b>Figure 19</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>ILC79 31</b> après 39 jours. ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>42</b>
<b>Figure 20</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 4 jours ( $P > 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>43</b>
<b>Figure 21</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 25 jours ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>43</b>
<b>Figure 22</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche <b>FLIP 90\13C</b> après 39 jours ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>43</b>
<b>Figure 22</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la concentration de chlorophylle de pois chiche <b>ILC79 31</b> . ( $P < 0,05$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>45</b>
<b>Figure 23</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la concentration de chlorophylle de pois chiche <b>FLIP90\13C</b> ( $P > 0,05$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>45</b>
<b>Figure 24</b> : Effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur l'enracinement de pois chiche <b>ILC79 31</b> . ( $P > 0,05$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>46</b>
<b>Figure 25</b> : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur l'enracinement de pois chiche <b>FLIP90\13C</b> ( $P < 0,01$ ) ( <b>Originale., 2017</b> ).....	<b>46</b>



# **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableaux</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau I</b> : Les principales variétés cultivées en Algérie ( <b>ITGC, 2011</b> ).....	<b>06</b>
<b>Tableau II</b> : Principales maladies fongiques et pathogènes des légumineuses alimentaires en Algérie. ( <b>Bouznad Z et al., 1996</b> ).....	<b>10</b>
<b>Tableau III</b> : Sources typiques des champs électromagnétiques. ( <b>Parsi, 2007</b> ).....	<b>14</b>
<b>Tableau IV</b> : Effets des champs magnétiques sur les micro-organismes ( <b>Hofmann G.A., Pothakamury U.R.</b> ).....	<b>25</b>
<b>Tableau V</b> : La randomisation des différentes combinaisons d'induction électromagnétique et durée de traitement. ( <b>Original., 2017</b> ).....	<b>33</b>

# **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

**μ T: micro tesla**

**A : Ampère**

**ADN : acide désoxyribonucléique**

**BBEMG :**

**C: coulomb**

**CC : courant continu**

**CE: champ électrique**

**CM : champ magnétique**

**CMS : Champ Magnétique Statique**

**CMSV : Champs Magnétique Sinusoïdale Variable.**

**ELF: Extremely Low Frequencies (ELF)**

**EMF : Electromagnétique Field**

**FI : Fréquences Intermédiaire**

**G: grains**

**g: grame**

**GHz: Giga Hertz**

**Hz: hertz**

**ICARDA :**

**IR : les régions infrarouges**

**IRM : Imagerie résonance magnétique**

**ITGC : institue technique des grand cultures**

**Kcal: kilo calorie**

**KHz: kilo hertz**

**KV: kilo volt**

**M Hz: mega hertz**

**m T : Milli Tesla**

**m: Mètre**

**n T: nano tesla**

**N: newton**

**PH : potentiel hydrogène**

**RF: radiofréquence**

**T : Tesla**

**UV: Ultra-violettes**

**V: volte**

**W : watts**

**Wb : Weber**

**LISTE  
D'ANNEXES**

**Annexe 1 :** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 24h à différentes durée et intensité.

**Annexe 2 :** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 48h à différentes durée et intensité.

**Annexe 3 :** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 72h à différentes durée et intensité.

**Annexe 4 :** moyenne et écart-type de la Concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31 à différentes durée et intensité.

**Annexe 5 :** moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 4 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 6 :** moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 25 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 7 :** moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 39 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 8 :** moyenne et écart-type de la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC 79 31 à différentes durée et intensité.

**Annexe 9 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 24h pour ILC79 31.

**Annexe 10 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 48h pour ILC79 31.

**Annexe 11 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 72h pour ILC79 31.

**Annexe 12 :** Effet du champ électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31.

**Annexe 13 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 (après 4jours de plantation).

**Annexe 14 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 (après 25jours de plantation).

**Annexe 15 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 (après 39jours de plantation)

**Annexe 16 :** effet du champ électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC79 31.

**Annexe 17 :** Effet des champs électromagnétiques sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 24H (tableau de l'homogénéité).

**Annexe 18 :** Effet des champs électromagnétiques sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 48H (tableau de l'homogénéité).

**Annexe 19 :** Effet des champs électromagnétiques sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 72H (tableau de l'homogénéité).

**Annexe 20 :** Effet de champs électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31.

**Annexe 21 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 après 4 jours de plantation.

**Annexe 22 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 après 25 jours de plantation.

**Annexe 23 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 39 jours de plantation.

**Annexe 24 :** Effet de champs électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC 79 31.

**Annexe 25 :** Taux de germination des grains de pois chiche FLIP 90/13 C après 24h à différentes durée et intensité.

**Annexe 26 :** Taux de germination des grains de pois chiche FLIP 90/13 C après 48h à différentes durée et intensité.

**Annexe 27 :** Taux de germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 72h à différentes durée et intensité.

**Annexe 28:** moyenne et écart-type da Concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C à différentes durée et intensité.

**Annexe 29 :** moyenne et écart-type da la Croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 4 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 30:** moyenne et écart-type da la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 25 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 31 :** moyenne et écart-type da la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 39 jours de plantation à différentes durée et intensité.

**Annexe 32 :** moyenne et écart-type de la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C à différentes durée et intensité.

**Annexe 33 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 24H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C.

**Annexe 34 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 48H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C.



**Annexe 35 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 72H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C.

**Annexe 36 :** Effet du champ électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90 /13 C.

**Annexe 37 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 4jours de plantation).

**Annexe 38 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 25jours de plantation).

**Annexe 39 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 39jours de plantation).

**Annexe 40 :** effet du champ électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP90/13 C.

**Annexe 41 :** effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche après 24H (tableau de l'homogénéité) FLIP 90/13 C.

**Annexe 42 :** Effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 48H (tableau de l'homogénéité).

**Annexe 43 :** effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 72H (tableau de l'homogénéité).

**Annexe 44 :** Effet de champs électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C.

**Annexe 45 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 4 jours de plantation.

**Annexe 46 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 25jours de plantation.

**Annexe 47 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 39 jours de plantation.

**Annexe 48 :** Effet de champs électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C.

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Les légumineuses à graines permettent d'apporter au moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires (**Vance et al., 2000**). En Algérie, les légumineuses occupent une place importante et constituent avec les céréales l'épine dorsale du système alimentaire (**Khelil, 1977**). Parmi les légumineuses, le pois chiche qui occupe une grande place dans nos habitudes alimentaires ; La production actuelle de pois chiche est très faible et les surfaces occupées par cette espèce sont en diminution progressive (**Abdelguerfi et al., 2001**).

Avec la révolution dans le domaine agro-alimentaire, plusieurs méthodes d'amélioration des plantes sont utilisées pour maximiser sa production par une accélération du cycle végétatif et diminution des pertes causées par les maladies.

Parmi les méthodes suggérées la méthode physique : est l'utilisation d'un couplage d'un champ électrique et d'un champ magnétique. C'est le champ électromagnétique qui est sous test jusqu'à présent, il est bien connu que les champs magnétiques produisent des changements biochimiques, physique et physiologiques dans les structures cellulaires des plantes (**wadas, 1992**). Plus récemment, les effets du champ magnétique sur la croissance des plantes et le développement ont été étudiés dans un grand nombre d'espèces végétales (**kalinin et boshkova, 2003**).

La germination considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure (**Tremblin et al., 1984**). La mobilisation des réserves des grains est une étape essentielle dans la germination dont la mesure où elle permet de soutenir la croissance de la plantule pendant les premiers stades de son développement. La mobilisation des protéines de stockage de la graine représente l'un des événements germinatifs le plus important dans la croissance et le développement de la jeune plante. Les enzymes protéolytiques jouent le rôle central dans le mécanisme biochimique de la germination (**kalinin et boshkova, 2003**).

Récemment l'utilisation des méthodes physique pour la stimulation de la croissance des plantes obtient en raison plus populaire de l'influence moins nocive sur l'environnement. L'influence du champ magnétique sur le développement des plantes entre autre. La compréhension de l'effet stimulant exige la disponibilité du matériel expérimental riche. C'est la motivation de notre étude de l'effet du champ magnétique statique sur les graines du pois chiche.

La présente étude a pour objectif de tester la possibilité d'utiliser le champ électromagnétique comme prétraitement des graines de pois chiche pour augmenter le rendement par la

recherche de l'effet que peut provoquer ce type de radiations électromagnétique sur la germination, la croissance, la production du substrat carbonée et l'élongation des racines.

Notre travail est composé de :

- Une synthèse bibliographique, définissant le champ électromagnétique et résumant les travaux qui ont entrepris l'action du champ électromagnétique sur les systèmes vivants
- Une présentation du matériel et les méthodes utilisées.
- Présentation des résultats obtenus et leurs discussions.
- En termine avec une conclusion et quelques perspectives.

# CHAPITRE I

## I.1. Origine

Le pois chiche est probablement originaire du Moyen-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie et de la Syrie (**Saxena, 1984 ; Singh, 1997**). Des restes carbonisés découverts au Proche-Orient indiquent que cette espèce était cultivée au VII<sup>ème</sup> millénaire avant notre ère avec les céréales, le petit pois et la lentille (**Vanier, 2005 ; Redden et Berger, 2007**). L'expansion de cette culture a été rapide dans les régions méditerranéennes (**Ladizinsky, 1987**).

**Labdi (1995)** mentionne que **Ladizinsky (1976)** ont découvert deux Espèces sauvages au Sud-Est de la Turquie et ils les ont dénommées respectivement *Cicer echinospermum* Davis et *Cicer reticulatum* Ladiz. Ces deux espèces ne diffèrent pas beaucoup de l'espèce cultivée *Cicer arietinum* L. **Ladizinsky (1989)**, a indiqué que *Cicer reticulatum* Ladiz., à 2n chromosomes ( $2n = 16$  chromosomes) et a identifié par des analyses protéiques et Enzymatiques, comme étant l'ancêtre spontané du pois chiche.

En Algérie, le pois-chiche a été cultivé avant la colonisation, sauf qu'il a été difficile de le Maîtriser (**Laumont et Chevassus, 1956 ; Labdi, 1990**).

## I.2. Systématique et taxonomie

Le genre *Cicer* comprend un grand nombre d'espèces. **Van Der-Maessen (1979)** a décrit les espèces du genre *Cicer* et les a réparties en trois groupes : Espèces annuelles sauvages, espèces pérennes sauvages et une espèce annuelle cultivée (*Cicer arietinum* L.).

Le pois chiche *Cicer arietinum* L. descendrait de l'espèce sauvage *Cicer reticulatum* découverte par **Ladizinsky** au Sud-Est de la Turquie en 1975 (**Ladizinsky et Alder, 1976**).

Cette hypothèse est supportée par les études cytogénétiques (**Ahmad et al., 1988**), enzymatiques (**Ahmad et al., 1992**) et les résultats des croisements interspécifiques (**Singh et Ocampo, 1993**).

Selon **Guignard (1980)**, le pois chiche, *Cicer arietinum* L. appartient à la tribu des Vicias de la sous famille des Papilionacées qui représente la plus grande partie de la famille des Fabacées.

## I.3. Morphologie de la plante

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une espèce herbacée, annuelle, diploïde ( $2n = 16$  chromosomes), autogame, présentant moins de 1% d'hybridation naturelle (**Singh et Reddy, 1991**).

Le système racinaire mixte, dont la croissance s'arrête au démarrage de la floraison, permet à la plante d'explorer un grand volume de sol et lui confère une tolérance à la sécheresse (**Slama, 1998**). Il est composé d'une racine principale pivotante qui peut atteindre 1m de profondeur et des racines secondaires traçantes. La profondeur de l'enracinement dépend des techniques culturales, de l'état et de la nature du sol. En effet, la semelle du labour peut entraver l'élongation de la racine principale. Dans les zones humides, les sols salins, lourds, stagnants et à réchauffement lent au printemps, les racines ont un développement limité et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique est réduite (**Jaiswal et Singh, 2001**).

Les nodules, développés sur les racines, permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable.

Les feuilles ont la forme imparipennée (**Poitier, 1981**) et sont composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis (**Saxena, 1984**). Les faces inférieures des feuilles sont couvertes par un duvet formé de poils unis et pluricellulaires.

La tige est herbacée. Selon les génotypes de pois chiches, à une certaine hauteur, la tige se ramifie en deux ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires (**Braune et al. 1988**).

Les fleurs sont zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappe de deux fleurs. Elles s'insèrent sur des pédoncules axillaires à l'aisselle des feuilles. L'apparition des premières fleurs dépend de plusieurs facteurs tels que la précocité de la variété, la date et la densité du semis et des techniques culturales. Toutefois, comme le pois chiche est une espèce à croissance indéterminée, sous des conditions hydriques favorables et des températures clémentes, les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des grains (**Leport et al., 2006**). Les premières fleurs, dites pseudo-fleurs ou fausses fleurs, sont imparfaites et ne donnent pas de gousses (**Roberts et al., 1980**).

Le fruit est une gousse de forme globuleuse, renflée, ovale, velue, pendante et portant un bec (**Ladizinsky, 1987**). Elle peut comporter 1 à 3 grains qui peuvent être lisses ou ridés, arrondis ou irréguliers.

La germination est hypogée (**Sassene, 1989**). La partie aérienne sécrète une solution composée de 94.2% d'acide malique, 5.6% d'acide oxalique et 0.2% d'acide acétique (**Van Der-Maesen, 1972**). La longueur du cycle du pois chiche dépend de la chaleur et de l'humidité disponible dans le sol. La récolte peut avoir lieu si l'humidité des grains est de l'ordre de 18% (**Jaiswal et Singh, 2001**).

## I.4. Types de pois chiche

Durant la dispersion de pois chiche à partir de la Turquie, il a divergé dans deux directions pour donner deux races : l'une à l'Ouest, constituant le groupe de macrosperma ou type Kabuli, l'autre au Sud-Est, produisant le groupe de microsperma ou type Desi (**Harlan et Wet, 1971 ; Moreno et Cubro, 1978**).

### I.4.1. Type Kabuli

Il est appelé aussi Garbanzo, caractérisé par un feuillage dont la couleur varie du vert clair au vert foncé et une floraison blanchâtre. Il a un port érigé ou semi-érigé qui permet la mécanisation de la récolte. Généralement, la hauteur de la plante varie de 30 à 90 cm. En cas d'un sol fertile et profond et d'une alimentation hydrique suffisante, elle peut dépasser 1m. Les grains sont de couleur crème, couverts d'un tégument mince. Le type Kabuli subdivise en deux sous-groupes ; le gros Kabuli dont les grains ont un diamètre de 8 à 9 mm et un poids de mille grains variant de 410 à 490 g et le petit Kabuli dont les grains sont caractérisés par une forme plus régulière, un diamètre de l'ordre de 7 mm et un poids de mille grains de 265 g environ (**AAC, 2004**).

### I.4.2. Type Desi

Il est caractérisé par un feuillage dont la couleur tend du vert violacé au glauque et une floraison violacée. Il a un port retombant et un aspect touffu. Les grains sont de plus petite taille, de forme irrégulière et à surface ridée couverte d'un tégument épais de couleur foncée qui varie du marron au noir. Le poids de 1000 grains varie de 100 à 130 g (**AAC, 2004**). Il existe un troisième type intermédiaire appelé Gulabi, il a été identifié par ses grains lisses de couleur claire, ressemblent à celle du pois avec un bec (**Wery J, 1986**).

## I.5. Intérêt du pois chiche

### I.5.1. Valeur nutritive

Le pois chiche est une plante destinée à l'alimentation humaine. Sa valeur nutritive est importante grâce à ses grains qui sont riches en protéine, de l'ordre de 20 à 25%. Certaines lignées peuvent atteindre jusqu'à 28.9% (**Van Der Maesen, 1972**) et qui sont caractérisées par une faible quantité de matière grasse et ne contiennent pas de cholestérol. Le pois chiche présente un excellent équilibre en acides aminés essentiels. Aussi, il est riche en calcium, en phosphore, en vitamine B1 et B2 et en fibres alimentaires (**Baumgartner, 1998**). Il est peut constituer un élément énergétique et protéique pour le bétail, car il présente une bonne digestibilité.



## I.5.2. Intérêt agronomique

Le pois chiche est une légumineuse présentant des nodosités racinaires hébergeant des bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et le restituer au sol. Cette symbiose avec *Rhizobium ciceri* enrichit le sol en azote, renforçant sa fertilité et améliorant les rendements (Plancquaert et Wery, 1991).

## I.6. Variétés cultivées en Algérie

Dans le monde, Il existe de nombreuses variétés de pois chiche, plus de 20 mille variétés (Plancquaert et Wery, 1991). Les principales variétés cultivées en Algérie (Tableau 1), sont du type Kabuli et Gulabi (ITGC, 2011).

**Tableau I :** Les principales variétés cultivées en Algérie (ITGC, 2011).

**Variétés locales En multiplication Nouvelles variétés introduites**

Variétés locales	En multiplication	Nouvelles variétés introduites
Ain-Temouchent	Chetoui 1 (ILC 32 79)	Gab 4 (Flip 93 93 C)
Sabdou	Chetoui 2 (ILC 482)	Gab 5 (Flip 88 85 C)
Rabat 9	Flip 84 92 C	Flip 97 706 C
	Flip 90 13 C	

## I.7. Exigences édapho-climatiques

### I.7.1. Exigences édaphiques

Le pois chiche semble préférer les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention cités par Saxena, 1987, dont le pH est neutre ou alcalin, variant de 7,3 à 8,2 (Berger *et al.*, 2003). Il ne supporte pas les sols mal drainés qui favorisent le développement de maladies cryptogamiques (Plancquaert et Wery, 1991). Les sols très calcaires sont à exclure, car ils donnent des grains qui sont mal cuits.

### I.7.2. Exigences climatiques

#### I.7.2.1. Température

La température exerce une forte influence sur les phases végétatives et reproductrices de pois chiche (Summerfield *et al.*, 1979). Une température ambiante, variant de 20 à 30 °C le jour et de l'ordre de 20 °C la nuit, assure un bon développement végétatif du pois chiche. Au moment du semis, la température du sol doit être supérieure à 10 °C. En fait, un sol relativement chaud permet une réduction de l'exposition des semences aux maladies, une germination des graines et une émergence des plants rapides (Jaiswal et Singh, 2001).

### I.7.2.2. L'eau

Par comparaison aux autres espèces de la tribu des Viciées, grâce à son système racinaire profond, le pois chiche est doté d'une certaine rusticité et d'une tolérance à la sécheresse (**Verghis et al., 1999**).

D'après Wery (1990), une consommation en eau de 100 à 150 mm confirme que le pois chiche est doté de bonnes capacités pour extraire l'eau stockée dans le sol. Néanmoins, quel que soit le type de culture, de printemps ou d'hiver, et le type de pois chiche, Dési ou Kabuli, la phase critique pour les besoins en eau est entre les phases phénologiques, fin floraison et stade laiteux (**Verghis et al., 1999**). De plus, Slama (1998) a montré que le pois chiche craint le stress hydrique durant les stades de floraison et de remplissage des grains.

### I.1.7.2.3. Lumière

Il est considéré comme étant une plante de jours longs (**Summerfield et al., 1979**). L'intensité de la lumière et de la durée d'éclairement sont des facteurs importants pour la nodulation, la fixation d'azote et la floraison (**Beddar, 1990**). Les photopériodes prolongées et les températures élevées accélèrent les phases de développement végétatif et reproducteur (**Summerfield et al., 1984**).

## I.8. Types de cultures

Wery (1990) a utilisé l'indice de résistance au gel et a classé les génotypes de pois chiche en trois catégories : le pois chiche d'automne, le pois chiche d'hiver et le pois chiche de printemps qui sont respectivement résistants, tolérants et sensibles au gel. En Algérie, on distingue deux types de cultures : Le pois chiche d'hiver et le pois chiche de printemps. Les dates de semis du pois chiche varient selon le type de cultures et les régions bioclimatiques.

### I.8.1. Culture de printemps

Dans les zones bioclimatiques subtropicales, arides et semi-arides des régions méditerranéennes, le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est semé en automne ou au printemps (**Loomis et Connor, 1992**). Dans le bassin méditerranéen, il est l'unique légumineuse à graines conduite en culture pluviale de printemps (**Bamouh et al., 2002**). Il est soumis à des contraintes climatiques telles que la sécheresse et les gelées printanières (**ICARDA, 1992**).

Il est pratiqué en culture pluviale de printemps dans les régions de culture du blé où les précipitations annuelles varient de 350 à 600 mm (**Singh, 1995**). Le semis du pois chiche de printemps est effectué fin février-début mars et la récolte peut avoir lieu fin juin-début juillet (**Slama, 1998**). La réussite de ce type de culture dépend essentiellement de l'humidité résiduelle dans le sol (**Silim et Saxena, 1993**). La culture se développe, surtout, sur les

réserves en eau dans les sols qui sont progressivement épuisés. Elle est exposée à la sécheresse durant les phases de formation des gousses et de remplissage des grains (**Saccardo et Calcagno, 1990**). Les hautes températures et le manque d'eau limitent la croissance des plantes et réduisent le cycle biologique de la culture à trois ou quatre mois (**Bamouh et al., 2002**).

### I.8.2. Culture d'hiver

Le pois chiche d'hiver remplace la jachère. Il profite des précipitations hivernales et échappe aux gelées printanières (**ICARDA, 1992**). Les dates de semis et de maturité ont été avancées respectivement vers les mois de novembre-décembre et juin (**Bamouh et al., 2002**).

Le semis précoce, ou semis d'automne, prolonge les phases de développement phénologiques, notamment, la germination et les stades de développement végétatif et reproducteur de la plante (**Gan et al., 2002**) et augmente la production en matière sèche et le rendement en grain (**Bamouh et al., 2002**).

Le prolongement du stade de développement végétatif résulte d'une augmentation du nombre de tiges, de la biomasse aérienne et de l'indice foliaire (**Slama, 1998**). En outre, les conditions propices pour la croissance et la migration des assimilâtes photosynthétiques des organes végétatifs vers les grains favorisant le remplissage des gousses et l'augmentation du rendement en grain (**Gan et al., 2002**). La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique est plus élevée chez le pois chiche d'hiver que chez le pois chiche de printemps (**Singh et al., 1995**).

Soltani et al. (1999) ont signalé que le pois chiche d'hiver est caractérisé par un cycle biologique long, un rendement potentiel et une efficacité d'utilisation d'eau élevée, une maturité précoce, un port érigé et une taille haute permettant la mécanisation de la récolte et la compétition contre les mauvaises herbes, une facilité de travail du sol à réaliser suite à la récolte et avant le dessèchement, une possibilité d'extension de la culture du pois chiche aux zones semi-arides et mêmes arides. En revanche, l'anthracnose, une maladie endémique sur le pois chiche de printemps, est particulièrement plus dangereuse sur le pois chiche d'hiver à cause des conditions climatiques hivernales favorables et l'exposition assez longue de la culture à cette maladie (**Kassem et al., 2006**). Il serait donc utile que les variétés du pois chiche d'hiver doivent avoir une résistance non spécifique ou stable à l'anthracnose.

Néanmoins, dans la pratique et en raison de certaines barrières génétiques, ce type de résistance n'est pas facilement réalisable (**Kamel, 1990**).

### **I.9. Les facteurs limitant la production du pois chiche**

Le développement de la culture du pois chiche, a révélé plusieurs contraintes, provoquant des dommages plus ou moins importants. Ces facteurs sont de deux ordres, à savoir, les facteurs abiotiques dont la sécheresse et les gelées printanières (**Labdi, 1990**). Ainsi, Hamadache et Kheddami (1999) et Djenni (2003) ont rapporté que les causes de la faiblesse de la productivité du pois chiche en Algérie sont souvent d'ordre agro-technique, liées aux conditions de semis (Période, mauvaise qualité de semences et modes de semis) et les facteurs biotiques : les adventices, les insectes, les nématodes et les maladies.

### **I.10. Les principales maladies de la plante**

Les maladies les plus importantes sont causées par les facteurs biologiques. Plus de 172 agents pathogènes qui peuvent affecter la culture du pois chiche, sont répartis dans 55 pays dans le monde (**Akhtar Ayyub, 2001**).

Dans ce contexte, parmi ce nombre élevé des bio-agresseurs de cette culture, les maladies fongiques sont considérées comme les plus importantes. La nature et l'importance des maladies fongiques varient selon les sites géographiques, les conditions climatiques de l'année et le stade végétatif des plantes. En Algérie, la distribution et l'importance des agents pathogènes restent mal connues (**Bouznad et al., 1996**).

Les principales maladies fongiques recensées au cours des prospections réalisées dans les plus importantes régions de production de légumineuses alimentaires en Algérie (**Bouznad et al., 1996 ; Labdi et al., 1996**) sont répertoriées dans le tableau ci-dessous (**Tableau II**).

**Tableau II :** Principales maladies fongiques et pathogènes des légumineuses alimentaires en Algérie ( Maladies Pois-chiche Fève Lentille Pois) (Bouznad et al.,1996).

Maladies	Pois-chiche	Fève	Lentille	Pois
Anthracnose	<i>Ascochyta rabiei</i> ***	<i>Ascochyta fabae</i> <i>Phoma medicaginis</i> <i>f.sp. pinodella</i>	<i>Ascochyta lentis</i>	<i>Ascochyta pisi</i> *** <i>Mycosphaerella pinodes</i> <i>Phoma mediginis</i> <i>f.sp. pinodella</i>
Flétrissement	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>f.sp. ciceri</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i> <i>Phoma m. p.</i>	<i>Fusarium sp.</i> <i>Phoma m. p.</i>
Pourritures racinaires	<i>Phoma medicaginis</i> <i>f.sp. pinodella</i>	<i>Fusarium solani</i> ***	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium solani</i>
Botrytis	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
Rouille	<i>Uromyces ciceri</i> <i>arietinum</i>	<i>Uromyces fabae</i>	<i>Uromyces fabae</i>	<i>Uromyces pisi</i>
Alternaria	<i>Alternaria alternata</i> <i>Peronospora sp.</i>	<i>Alternaria fabae</i>		
Mildiou	<i>Leveillula taurica</i>	<i>Peronospora viciae</i>	<i>Peronospora lentis</i>	<i>Peronospora pisi</i>
Oïdium		<i>Erysiphe polygoni</i>	<i>Erysiphe polygoni</i>	<i>Erysiphe polygoni</i>

\*\*\* : Forte attaque

(Source : Bouznad et al., 1996)

La culture du pois chiche est attaquée par plusieurs maladies dont, le mildiou, l'alternaria, la rouille, le botrytis, les pourritures racinaires, le flétrissement et particulièrement l'anthracnose.

## I.11. Facteurs influençant la germination

La germination des semences dépend à la fois des conditions internes et externes.

### I.11.1. Facteurs externes

**Eau (humidité) :** Ceci est nécessaire pour déclencher le mécanisme de germination. Les graines mûres sont souvent extrêmement sec et doivent prendre en quantités importantes d'eau, par rapport aux graines de poids sec, avant le métabolisme cellulaire, de reprendre leur croissance. Lorsque les graines sont formées, la plupart des plantes stockent les aliments, tels que l'amidon, des protéines ou des huiles, à fournir de la nourriture à l'embryon grandit à l'intérieur de la graine. Lorsque les graines absorbent l'eau, des enzymes hydrolytiques sont activés qui décomposent ces ressources alimentaires stockées dans les produits chimiques métaboliquement utiles, permettant aux cellules de l'embryon à diviser et à se développer. manteau de semences éclaté de sorte que le semis peut émerger de la graine.

**Oxygène :** Il est essentiel pendant la germination pour la respiration et d'autres activités physiologiques. Certaines graines ont un tégument imperméable qui empêche l'oxygène de pénétrer dans les graines ; il est appelé comme la dormance des graines.

**Température** : La température appropriée est un facteur important pour la germination des graines appropriée. La température affecte le métabolisme et les taux de croissance cellulaire. Différentes graines germent sur une large plage de températures maximales et minimales. Les graines de nombreuses espèces préfèrent des températures légèrement plus élevées que la température ambiante, certains germent juste au-dessus de la température de congélation et d'autres répondent à l'alternance de température entre chaud au froid. Certaines graines nécessitent une exposition à la température froide (vernalisation) pour lever la dormance afin qu'ils puissent germer.

**Lumière ou des Ténèbres** : Il n'est pas considéré comme essentiel pour la germination des graines. Les plants poussent plus vigoureusement pendant les ténèbres à la lumière. La lumière agit comme un déclencheur de l'environnement pour la germination des graines. La plupart des graines ne sont pas affectées par la lumière ou l'obscurité, mais beaucoup de graines, y compris les espèces trouvées dans les milieux forestiers ne germeront pas jusqu'à ce qu'ils reçoivent suffisamment de lumière pour les semis de croître (<https://capere.pro/les-principaux-facteurs-ncessaires-la-germination-2/>).

### I.11.2. Facteurs internes

**Aliments** : l'alimentation des embryons sur le produit alimentaire stocké, jusqu'à ce que les jeunes pousses commencent à synthétiser leur propre matière alimentaire.

**Auxines** : Ce sont des substances favorisant la croissance, donc tout à fait essentiel pour la germination.

**Viabilité** : Après que les graines sont produites, ils restent viables pendant une certaine période définie qui varie d'une plante à ou graine à la graine. Par la suite, l'embryon devient mort. Période de viabilité des semences dépend des conditions de stockage, la vigueur des parents, des espèces, etc. il est généralement de 3 à 5 ans, peut parfois être 200 ans comme dans lotus (<https://capere.pro/les-principaux-facteurs-ncessaires-la-germination-2/>).

# CHAPITRE II

### II.1. La source et la nature des champs électromagnétique :

La propriété du magnétisme avait déjà été identifiée il y a 2500 ans. Selon la légende relatée par Plin l'Ancien (**Plin l'ancien (23-79 avant J-C)**), écrivain et naturaliste romain qui est l'auteur d'une monumentale encyclopédie intitulée Histoire naturelle.

Dans son histoire Naturelle, c'est un berger nommé magnès qui a observé pour la première fois le magnétisme, lorsqu'un clou de ces chaussures a été attiré par une roche. Dès le premier siècle avant Jésus-Christ, les chinois utilisaient la même pierre pour fabriquer des boussoles. Cette pierre était en fait la magnétite, qui est composée d'oxyde magnétique naturel de fer de formule  $FeO$ . Elle est largement présente à travers le monde, particulièrement dans la région de magnésie, région qui correspond aujourd'hui à la Turquie moderne. (**Cullity et Graham, 2009**).

Cette pierre est un aimant naturel qui a la capacité d'attirer le fer ; Il est possible de communiquer cette propriété à des barres d'acier par la magnétisation. Les barres d'acier exposées à un champ magnétique donné vont acquérir la propriété du magnétisme. Celles-ci sont désignées sous le nom d'aimants artificiels ; on distingue les aimants artificiels temporaires et les aimants artificiels permanents. Les aimants temporaires deviennent aimantés seulement lorsqu'on les place dans un champ magnétique alors que les aimants permanents conservent en grande partie leur aimantation après avoir été retirés du champ magnétique (**Bourget, 2011**).

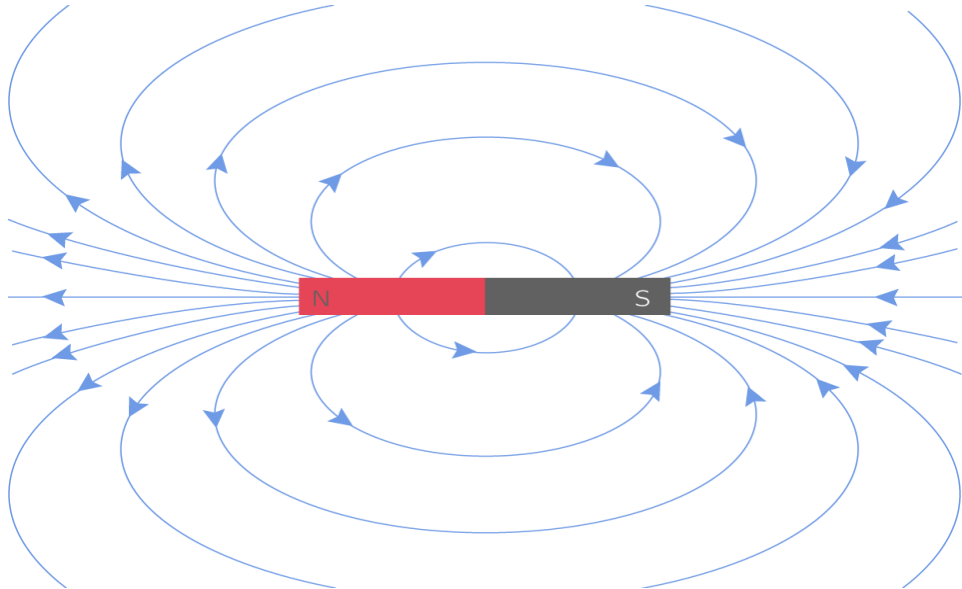
Lorsque on plonge un aimant artificiel dans de la limaille de fer, on constate que les particules de limaille adhèrent surtout aux extrémités, donc l'attraction y est plus forte. On nomme ces extrémités qui possèdent un magnétisme plus accentué les pôles de l'aimant.

Le pôle de l'aimant qui pointe vers le pôle nord géographique terrestre est appelé le pôle Nord de l'aimant. La première loi du magnétisme énonce que les pôles différents s'attirent et que les pôles identiques se repoussent (**Wildi et Sybille, 2003**), ce qui veut dire qu'il existe une région de polarité sud proche du pôle Nord géographique terrestre. Les pôles sont toujours présents en paires et il est impossible de les séparer. Si un aimant en barre est coupé en deux parties, les deux nouveaux aimants créés porteront chacun un pôle nord et un pôle sud. Si l'on continue à briser les morceaux obtenus, on arrive à l'aimant élémentaire, qui porte toujours deux pôles contraires de force égale.

Le champ magnétique est représenté par des lignes de force (**Figure 1**). Elles suivent toujours sa même direction, soit du pôle nord vers le pôle sud. La force d'attraction d'un



aimant permanent sur un morceau de fer croit à mesure que l'on approche le morceau des extrémités de l'aimant, selon **la figure 1** les lignes de flux sont plus serrées à l'extrémité de l'aimant, ce qui amène à la conclusion que la concentration des lignes de force est une mesure de la densité du champ. Plus un champ est dense, plus les lignes de forces seront rapprochées. L'unité de densité de flux magnétique (B) est le Tesla dans le système international.



**Figure 1 :** Lignes de force d'un aimant permanent, représentant le champ magnétique de l'aimant (**bourget, 2011**)

Les sources normales du champ électromagnétique (**Tableau III**) sont associées aux décharges de foudre, et les signaux résultants s'appellent des « perturbation atmosphériques » ou le « sferics ». Ils changent avec le temps et l'endroit, et ils ont des vagues dans l'ELF et les gammes de très basse fréquence (**Kato, 2006**).

## Chapitre II : Le champ électromagnétique

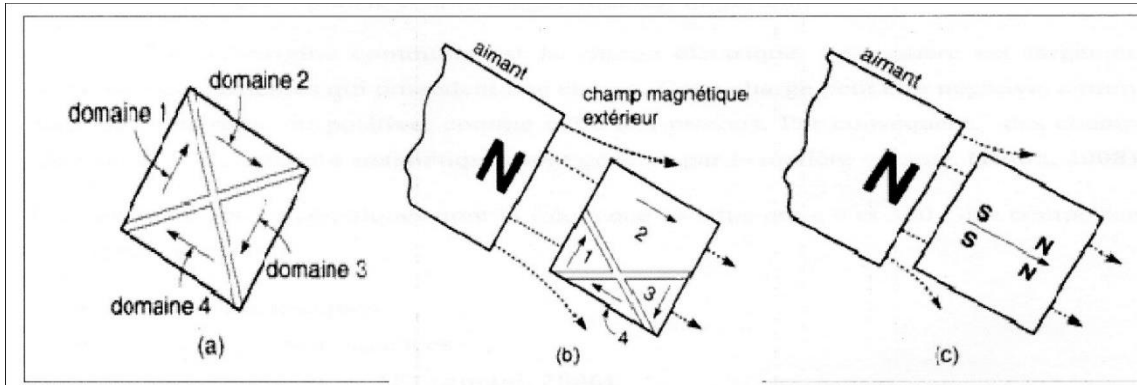
**Tableau III** : Sources typiques des champs électromagnétiques. (Parsi, 2007).

Fréquence gamme	Fréquences	Source de champ	Exemples des intensités Maximales
Statique	0 Hertz	-Norma -Diagnostique/scientifique Instrumentation -Électrolyse industrielle	- 70 $\mu$ T - 1 T dans le tunnel ; 200 m T à la porte ; < 0.5 m T en dehors de la salle de dispositif 10-30 m T au niveau des pieds
Fréquence Extrêmement Bas (ELF)	0-300 Hertz 50 Hertz	-Lignes de puissance -Distribution domestique -Moteurs électriques dans des voitures -Train et tramway	10-20 $\mu$ T sous la ligne, ou 10 KV/m <0.1 - 0.2 $\mu$ T dans la chambre  50 $\mu$ T et 300 V/m
Fréquences Intermédiaire (FI)	300 Hertz - 100 Kilo-Hertz	-Les exemples typiques sont : -Écran de visualisation, dispositifs anti vol dans les magasins, -systèmes de contrôle d'accès libre -lecteurs des cartes détecteurs métal	30 de maximum 700 n T  10 V/m
Radio Fréquence (RF)	100 Kilo-Hertz - 300 Giga-hertz	Radiodiffusion es TV ; -téléphone mobile -four à micro-ondes -Radar, portable et radio mobile.	0.1 W/m <sup>2</sup> 0.5 W/m <sup>2</sup> 0.2 W/m <sup>2</sup>

### II.2. Mécanismes internes responsables des effets de magnétisation de certaines substances :

Le ferromagnétisme est expliqué par la théorie des domaines. Selon cette théorie, chaque atome de fer se comporte comme un petit aimant permanent (dipôle) dont le champ magnétique est créé par la rotation des électrons sur leur orbite et le spin des électrons sur eux-mêmes. Les champs magnétiques des atomes voisins s'influencent mutuellement, de sorte que les dipôles cherchent à s'aligner. Cette orientation atomique des champs se produit dans des petites régions appelées domaines (**Figure 2**), Dans un morceau de fer la grosseur des domaines varient beaucoup, mais ils sont habituellement assez gros pour être vus à l'aide d'un

microscope. Dans un même domaine, tous les champs magnétiques des atomes sont orientés dans une même direction, ce qui produit un champ global assez intense. Suite à une exposition à un champ magnétique externe, les différents domaines s'alignent avec le champ magnétique (Bourget, 2011).



**Figure 2 :** Théorie des domaines (Wildi et Sybille, 2003).

Dans le cas des matériaux ferromagnétiques (les aimants permanents), les dipôles magnétiques de chaque domaine s'alignent pour former un gros dipôle global (Figure 3). Dans les matériaux paramagnétique, les domaines magnétiques sont arrangés de façon aléatoire dans des conditions normales, lorsque les matériaux paramagnétiques sont exposés à un champ magnétique externe, les petit dipôles tournent et s'enlignent pour former un dipôle global parallèle au champ magnétique externe (Cordier, 2004).

La plupart des composants des tissus végétaux sont diamagnétiques, c'est -à-dire qu'ils présentent une magnétisation négative. (Penuelas et al, 2004).

### II.3. Définitions d'un champ électromagnétique :

Un champ électromagnétique est le couplage d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Un champ électrique est produit par une différence de potentiel électrique entre deux points :

Plus la différence de potentiel électrique est élevée, plus le champ qui en résulte est intense. Ce champ électrique survient même s'il n'y a pas de circulation de courant. A l'inverse, le champ magnétique n'apparaît que lorsque le courant circule : plus l'intensité du courant est élevée, plus le champ magnétique est important.

Leur origine commune est la charge électrique. La matière est largement composée de particules qui possèdent une charge. Cette charge peut être négative, comme celle des

électrons, ou positive, comme celle des protons. Par conséquent, des champs électriques et des champs magnétiques sont générés par la matière vivante. **(Roux, 2008)**.

Les champs électromagnétiques dont la fréquence se situe entre 0 et 300 GHz comportent trois types de champs :

- Les champs statiques ;
- Les champs bas fréquences ;
- Les radiofréquences **(El yamani, 2006)**.

### II.4. Le champ statique

#### II.4.1 Les champs statiques d'origine naturelle

L'homme est constamment exposé à des champs électriques et magnétique statiques naturels d'une valeur d'environ 50 micros tesla ( $\mu\text{T}$ ). Cependant, le champ électrique naturel varie beaucoup selon les conditions météorologiques : de quelque volt par mètre ( $\text{V.m}^{-1}$ ) à plusieurs dizaines de milliers de  $\text{V.m}^{-1}$  par temps d'orage. Dans ces conditions, un courant électrique peut être créé et atteindre plusieurs centaines de milliers d'ampères durant un temps très court. C'est le cas de la foudre responsable d'accidents graves surtout dans certaines régions montagneuses particulièrement exposées comme le sud des Alpes. On dénombre chaque année une quinzaine d'accidents mortels souvent collectifs notamment, chez des groupes de randonneurs. Ce nombre est en fait très mal estimé **(El yamani, 2006)**.

#### II.4.2. Les champs statiques d'origine artificielle :

Pour la population générale, les plus fortes expositions sont celles des champs statiques artificiels lors d'exams d'imagerie médicale par résonance magnétique (IRM). Dans l'IRM la densité du flux magnétique est de l'ordre de 0.15 à 2 T et la durée d'exposition, généralement inférieure à une demi-heure. En l'état actuel des connaissances scientifiques rien n'indique que l'exposition transitoire à des flux magnétique statiques, jusqu'à 2 T, produit des effets nocifs sur les principaux paramètres de développement, du comportement physiologique des organismes supérieurs. Pour des applications de diagnostic médical, la tendance actuelle est à l'utilisation de champs plus intenses **(El yamani, 2006)**.

Un champ magnétique statique est un champ de force créé par un aimant ou par le flux constant d'électricité, par exemple dans les appareils fonctionnant au courant continu (CC) **(OMS, 2006)**.

Les champs électriques et magnétique statiques sont présents en permanence dans l'environnement. Alors que le champ électrique statique est associé à la présence de charges électrique fixes, le champ magnétique est dû au mouvement physique de charger électriques **(Perrin et souques, 2010)**.

Le champ électromagnétique se divise en deux champs distincts : champ électrique (CE) et champ magnétique (CM). Dans la pratique, même s'il s'agit de phénomènes différents avec des propriétés différentes, on ne distingue pas les CE des CM. Les détecteurs perçoivent un champ dans sa globalité électromagnétique.

### II.4.2.1. Champ magnétique (CM) :

Le champ magnétique dépend du courant (plus la charge sera importante, plus le champ magnétique sera important **(Merinis, 1999)**).

Un champ magnétique est une région d'excédent de l'espace qui une force électrique agissant sur les frais en mouvement. Les unités du champ magnétique sont Newton/Weber (N / Wb) ou AM Peter / Meter dont (A / m), tous les deux sont équivalents. La densité magnétique de flux, étant définie comme la quantité de flux passant par un secteur. L'unité de la densité magnétique de flux est Wb / m ou Tesla (t) qui sont égaux à 10.000 gauss (g) **(Kato, 2006)**.

Les champs magnétique peuvent être classés par leur force : les champs magnétique faibles ont une force se situant entre 100 nT à 0.5 mT ; les champs magnétique « super faibles » se situent en dessous de 100 nT **(Belyavskaya, 2004)**.

Tous les organismes vivants évoluent donc en permanence dans un champ magnétique faible, le champ magnétique se situe au tout début avec une longueur d'onde infinie et une fréquence nulle **(BBEMG, 2010)**.

Il est donc très loin des rayonnements ionisants comme les rayons gamme ou les rayons-X. Ces derniers ont la capacité de briser les liaisons inter- et intramoléculaires **(Blank, 1995)**. Bien que la fréquence des champs magnétiques très basse et qu'ils ne possèdent pas l'énergie pour briser des liaisons au niveau moléculaire, plusieurs effets dus aux champs magnétiques statiques ont été observés sur les organismes vivants.

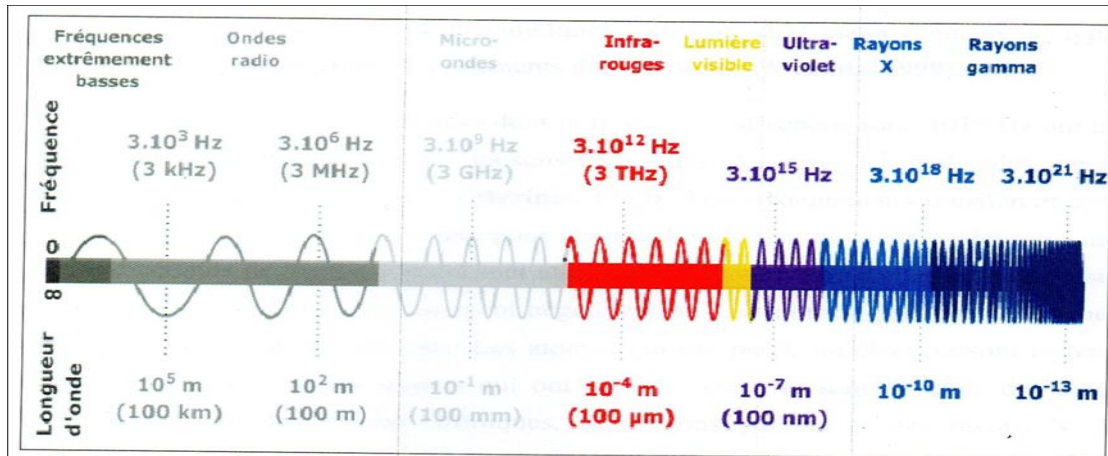
### II.4.2.2. Champ électrique (CE) :

Les charges électriques (électrons) génèrent des champs électriques immobiles (électricité statique) ou en mouvement (courant électrique), le champ électrique dépend de la tension (plus la tension [V] sera importante, plus le champ électrique sera important) (**Merinis, 1999**).

Un champ électrique est une région d'excédent de l'espace qu'une charge électrique exerce une force sur les objets chargés dans sa proximité. Les unités du champ électrique sont newton / coulomb (N / C) ou volt /mètre (V /m), dont tous les deux sont équivalents (**Kato, 2006**).

### II.5. Type de champ électromagnétique :

Depuis que Burr a publié son rapport sur les gradients de tension stables dans divers systèmes biologiques en 1935 (**Burr et Northrop, 1935**). Beaucoup de scientifiques ont constaté que ces gradients de tension stable peuvent être modifiés changés quand l'organisation entière passe par n'importe quelle partie d'une variété de processus biologique comprenant la croissance, les dommages locaux et d'autres comprenant changements énergétique .Dans sa « théorie électrodynamique de la vie ». Burr a déclaré que « le monde d'organisation de tout système biologique est établie par un champ électrodynamique complexe, qui en partie détermine par ses composantes physico- chimique atomiques, et qui détermine en partie comportement et l'orientation de ces composants. " Électrodynamique "dans les expériences de Burr se réfère à des modifications qui prennent place dans un espace de quelque heures à quelque heures à quelques jours. Cependant, la théorie de maxwell des champs électromagnétiques sur la base, on peut considérer en toute sécurité ces variations lentes champs électriques comme « statique » ou « quasi-statique ». Bien que ces champs électriques quasi statiques peuvent être impliqué dans des propriétés cellulaires physiologique importants tels que les changements dans la distribution des ions (**McCaig et al, 2005 ; Levin, 2003**). Ils ne peuvent pas être considérés comme un mécanisme de longue distance de la communication intercellulaire (**Figure 3**).



**Figure 3 :** la gamme du spectre électromagnétique couvre différentes fréquences comprenant la lumière visible. Les longueurs d'onde de la radiofréquence (3 Hz à 300 GHz) les régions infrarouges (IR) et ultra-violettes (BBEMG, 2010).

### II.6. Le spectre électromagnétique :

Le spectre électromagnétique (**figure 4**) est la décomposition du rayonnement électromagnétique selon ses différentes (fréquence, longueur d'onde). Seule une petite portion du spectre est visible par l'œil humain, c'est la lumière visible, la plus connue des ondes électromagnétiques. Les propriétés des ondes électromagnétiques diffèrent selon la quantité d'énergie possédée (**Merinis, 1999**).

Le spectre électromagnétique s'étend des fréquences extrêmement basses (ELF) et des fréquences très basses (très basse fréquence) au rayonnement radio fréquence et infrarouge à la lumière visible, à l'ultra-violet (UV), aux rayons X. et aux fréquences de rayons gamma excédant 1024 hertz. Tous les types de rayonnement électromagnétique ont les mêmes propriétés physiques de la divergence, de l'interférence, de la concordance, et de la polarisation, mais diffèrent en termes d'énergie (**Roux, 2008**).

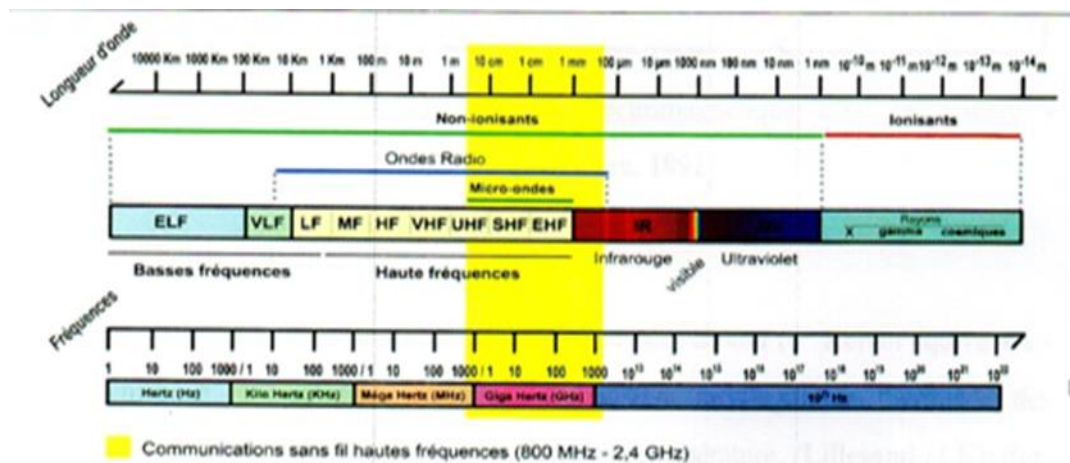
Le spectre est la distribution produite lorsque l'onde électromagnétique est décomposée en différentes composantes de fréquence (**kato, 2006**). Les rayonnements électromagnétiques peuvent être classés en deux types : rayonnements ionisants et les rayonnements non ionisants (**Merinis, 1999**).

Les ondes électromagnétiques dont la fréquence est supérieure à  $10^{15}$  Hz ont une énergie suffisante pour casser les liaisons chimiques et ioniser les molécules ; on les appelle "Rayonnements ionisants" (**Merinis, 1999**).

## Chapitre II : Le champ électromagnétique

Ces rayonnements transfèrent assez d'énergie aux électrons de la matière pour les arracher de leur atome. Ces derniers ainsi privés de certains des électrons sont alors chargés positivement. Les atomes voisins qui accueillent les électrons se chargent négativement. Les atomes chargés positivement ou négativement sont appelés ions. Les atomes qui ont perdu un électron sont devenus des ions + (=cation) et les atomes qui ont reçu cet électron sont devenus des ions- (=anion). Il s'agit des rayons cosmiques, des rayons gamma et des rayons X. la radioactivité en fait partie. Les « rayonnements ionisants » ont des effets incontestables et prouvés sur la santé.

Les ondes électromagnétique de fréquence inférieure à 10<sup>15</sup> Hz n'ont pas l'énergie suffisante pour briser les liaisons chimiques, on les appelle "rayonnements non ionisants" (Merinis, 1999). Il s'agit des rayons UV situés à la frontière de l'ionisation, de la lumière visible, des radiofréquences et des basses et extrêmement basses fréquences.

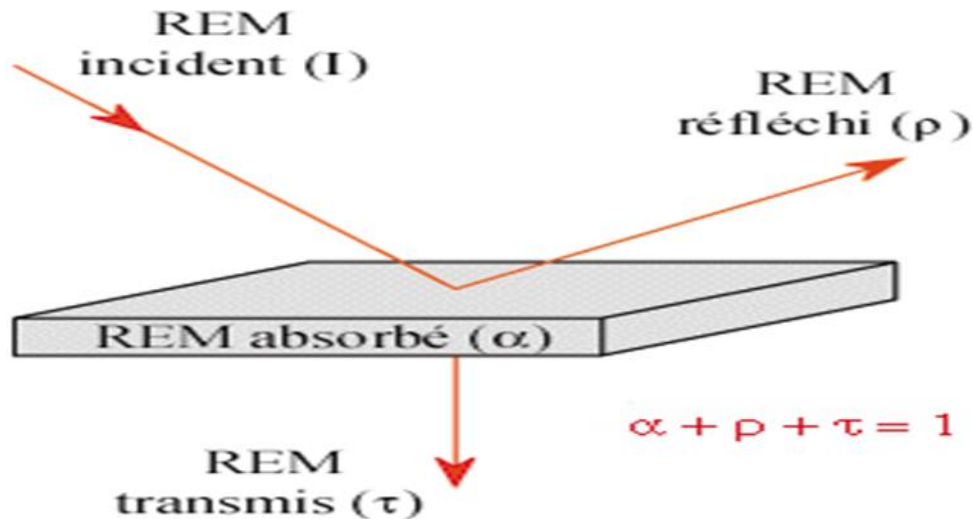


**Figure 4 :** Spectre du rayonnement électromagnétique : E, extrêmement ; H, high ; L, Low ; M, medium ; S, super ; U, ultra ; V, very. (Roux, 2008).

### II.7. Les interactions du rayonnement avec la matière :

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint un objet, certaines longueurs d'onde sont absorbées tandis que d'autres sont réfléchies par objet (Figure 5). Une partie du rayonnement peut éventuellement être transmise à travers l'objet si celui-ci est plus ou moins transparent, avec un changement de direction de la propagation due à la réfraction. La partie du rayonnement qui est absorbée modifie l'énergie interne de l'objet et produit de la chaleur qui sera réémise sous forme d'un rayonnement à une plus grande longueur d'onde (Bonn et Rochon, 1992).





**Figure 5 :** interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière-absorption, réflexion, transmission (**Bonn et Rochon, 1992**).

### II.7.1. Emission :

Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu (**0° Kelvin équivaut à 273°C**) émet un rayonnement électromagnétique issu de l'agitation thermique des molécules, dont la longueur d'onde est fonction de la température (**Lillesand et Kieffer, 1987**).

### II.7.2. Réflexion :

La réflexion se définit comme un changement de direction du rayonnement électromagnétique quand celui-ci atteint une surface. En télédétection, le phénomène de réflexion est primordial, car l'indentification de la nature des objets par les capteurs satellitaires repose en grande partie sur la manière dont ils renvoient le rayonnement. La direction du rayonnement réfléchi peut varier, elle dépend de la rugosité des surfaces naturelles. On distingue ainsi trois types de réflexion : réflexion spéculaire, réflexion diffuse et réflexion de volume (**Lillesand et Kieffer, 1987**).

### II.7.3. Absorption :

Tous les corps naturels absorbent une partie du rayonnement qui leur parvient. La partie du rayonnement absorbé modifie l'énergie interne du corps. Il y a production de chaleur et réémission de l'énergie à une plus grande longueur d'onde.

En télédétection spatiale, la notion d'absorption est fondamentale car le signal parvenant au capteur satellitaire est modifié au de la de la traversée atmosphérique où le rayonnement est fortement absorbé par les constituants

Il est intéressant de noter que contrairement à ce qui se passe dans l'atmosphère, transparente aux rayonnements visible et proche infrarouge, les surfaces naturelles, absorbent une partie de ces rayonnements (**Ligand et Kieffer, 1987**).

### **II.7.4. Transmission :**

Lorsqu'une partie du rayonnement incident passe à travers un milieu, on dit que le rayonnement est transmis. Le phénomène de transmission concerne les milieux plus ou moins transparents comme l'eau, les nuages ou l'atmosphère, mais pas uniquement. Le feuillage des arbres par exemple se comporte comme un milieu transparent vis- à -vis du rayonnement proche infrarouge.

Cette notion de transmission est très importante en télédétection, puisque les capteurs dédiés à l'observation des surfaces terrestres et océaniques utilisent les bandes Spectrales pour lesquelles l'absorption du rayonnement solaire par l'atmosphère est négligeable (**Lillesand et Kieffer ; 1987**).

### **II.7.5. Réfraction :**

Le phénomène de réfraction correspond à une déviation de la trajectoire du rayonnement lorsqu'il passe d'un milieu à un autre n'ayant pas le même indice de réfraction (rapport entre vitesse de la lumière dans le vide et vitesse de la lumière dans le milieu considéré). La réfraction se produit à l'interface entre les deux milieux (**Lillesand et Kieffer, 1987**).

# CHAPITRE III

### III.1. Généralités

L'utilisation des facteurs et des méthodes physiques pour influencer le comportement biologique pendant le développement et le stockage de différents cycles de cultures est l'une des techniques modernes avec l'intensification des technologies de plantations sous les conditions modulées. En effet cette thématique a été abordée en utilisant différents moyens permettant l'accélération des facteurs de croissance des plantes (**Aladjajyan., 2002 ; Abdul QadosetHozayn, 2010 ; Carbonell *et al.*, 2008 ; Cwintal *et al.*, 2010 ; Dhawi *et al.*, 2009**).

Les champs magnétiques ont eu des utilisations dans l'agriculture de la société antique et moderne. L'arrivée des systèmes technologiques modernes dans l'équipement électrique et électronique, ces dernières années, a changé l'intérêt et le souci concernant les effets du champ électromagnétique et magnétique sur des plantes. Les mécanismes d'action du champ magnétique sur divers systèmes biologiques tels que les cellules et les tissus des plantes, des animaux et des micro-organismes, affaiblement que les champs magnétiques peuvent être efficacement employés en tant que moyens réglant l'activité biologique et enlevant les composés défavorables des bio systèmes (**Gholami et Sharafi, 2010**).

Les champs électromagnétiques sont capables d'obtenir des effets *in vivo* et *in vitro* en beaucoup de systèmes biologiques (**Pilla et Markov, 1994**). Des études étendues ont été entreprises au-dessus des micro-organismes eucaryote (des algues, des levures et des moules) et procaryote en utilisant de divers régimes électromagnétiques (**Hunt *et al.*, 2009**).

L'application du champ magnétique a été employée avec succès dans beaucoup de secteurs tels que le génie chimique, la technologie biomédicale et l'agriculture, par contre peu d'études adressant son application aux micro-organismes (**Santosa *et al.*, 2010**). En particulier, les utilisations médicales des aimants se prolongent aux méthodes de diagnostics modernes telles que la capture d'image à résonance magnétique (IRM) est par habitude employée pour des balayages non envahissants tridimensionnels du corps humain et est actuellement la méthode de diagnostic la plus importante disponible. (**Mornet *et al.*, 2006**). Les méthodes physiques sont non seulement rentables, elles améliorent également de manière significative le rendement sans compromettre l'environnement (**Hero, 2010**).

### III.2. Champs électromagnétique et biosystèmes environnementaux

Nous sommes exposés quotidiennement aux champs électromagnétique, les champs électromagnétique naturels proviennent des propriétés du noyau liquide fondu de la terre, des charges électrique de l'atmosphère (sources terrestres), et des activités solaires et lunaires (sources extraterrestres) (**Masamichi, 2006**).

### III.3. Champ magnétique statique et micro-organismes

L'influence du champ électromagnétique (EMF) sur les diverses espèces de micro-organismes a été étudiée par différentes équipes de recherche. Quelques rapports de littérature des dernières décennies mentionnent les changements comportementaux d'enzymes des cellules de micro-organisme sous le traitement magnétique particulièrement les bactéries (**Manoliua et al., 2005**).

#### III.3.1. Champs homogènes

Des expériences faites sur les champs magnétiques homogènes appliqués aux micro-organismes et une variété de phénomènes macroscopiques ont été employées pour caractériser les effets des champs magnétiques. Ceux-ci incluent des changements de croissance, de respiration de motilité, et de taux de production d'enzymes. La locomotion de plusieurs protozoaires peut être influencée par de même champs magnétique très faibles de la même grandeur que le gisement géomagnétique de la terre (environ 0.5G) (**Brown, 1962**).

#### III.3.2. Champ magnétique hétérogène

Un champ magnétique hétérogène peut exercer une force additionnelle qui augmente l'effet sur un système microbiologique. Cette force, ou effort de maxwell, est liée au produit de vecteur de la force et du gradient de champ. L'effort de maxwell dépend de la dimension particulière, et peut avoir une influence sur la diffusion de plus grands agrégats moléculaires tels que des colloïdes. Des cellules bactériennes se composent d'organelles diamagnétiques qui ont les propriétés colloïdales (par exemple, membranes de phospholipide) (**Kinouchi et al., 1988**).

### III.4. Forces magnétique agissant sur les micro-organismes et les macromolécules

Les cellules vivantes possèdent les frais électriques. Exercés par les ions ou les radicaux libres, qui agissent en tant qu'aimants endogènes. Ces aimants endogènes peuvent être affectés par le champ magnétique exogène, qui peut orienter les électrons dépareillés. Les forces induites par les champs magnétiques peuvent être assez grandes pour affecter n'importe quel processus qui peut changer la vitesse de déplacement des électrons. Les études sur les métabolismes normaux et influence sur la division cellulaire. Un champ électromagnétique externe optimal pourrait accélérer l'activation de la croissance de plantes, particulièrement la germination des graines (Faten *et al.*, 2009).

**Tableau IV :** Effets des champs magnétiques sur les micro-organismes (Hofmann G.A., Pothakamury U.R.).

Micro-organisme	Type de champ	Intensité (T)	Fréquence de pulsation (Hz)	Nombre d'impulsions	Effets
Levure de vin	Hétérogène CMS	0,04			Inhibition de la croissance
	Homogène CMS	1,1			Aucun effet
<i>Staphylococcus aureus</i>	Hétérogène CMS	1,5			Taux de croissance augmente entre 3 et 6 h et diminue entre 6 et 7 h
<i>Sc. cerevisiae</i>	Homogène CMS	0,46			Taux de reproduction réduit
<i>Escherichia coli</i>	CMS	0,3			Croissance stimulée
	CMO	0,015-0,03	0,05		Inactivation
<i>Bacillus subtilis</i>	CMS	0,015			Croissance inhibée
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CMO	0,015-0,03	0,1-0,3		Croissance stimulée
<i>St. thermophilus</i> (lait)	CMO	12	6000	1	96,12% d'inactivation
<i>Sc. cerevisiae</i>	CMO	40	416 000	10	99,28% d'inactivation
Spores moisissures	CMO	7,5	8500	1	99,97% d'inactivation

### III.5. Effets sur les organismes vivants

Les champs magnétiques peuvent éliciter une grande variété de réponses en influençant directement les organismes exposés, mais aussi en ayant un effet sur l'eau et les milieux de croissance. Ainsi, les champs magnétiques interfèrent dans la formation du carbonate de calcium (**Strazisar K. et al., 2002**) et dans la vaporisation de l'eau (**Nakagawa H. et al., 1999**). En général, l'eau est diamagnétique. Les champs magnétiques ont démontré une capacité à augmenter le nombre de monomères de molécules d'eau (**Zhou L. et al., 2000**), mais aussi les traitements magnétiques de l'eau peuvent aussi augmenter la force des liens hydrogène (**Wang L. et al., 2007**).

Dans certains cas, un traitement au champ magnétique de l'eau d'irrigation suffit pour affecter la croissance des organismes exposés à cette eau, comme dans le cas du céleri et du pois mange-tout (**Maheshwari et Grewal, 2009**). Il a été rapporté que des prétraitements de l'eau dans laquelle nagent les poissons-chats ont modifié la grosseur et la densité des cellules ainsi que la grosseur du noyau sur des cellules hépatiques de ceux-ci, suggérant que des changements physicochimiques sur les solutions aqueuses peuvent entraîner des effets biologiques reliés aux champs électromagnétiques (**Garg A. et al., 1995**). Les champs magnétiques ne sont pas atténués par les membranes et parois biologiques et ils peuvent pénétrer dans les cellules et même plus profondément dans les tissus vivants. Grâce à ce mécanisme, ils peuvent influencer les voies métaboliques et les événements qui se produisent au niveau cellulaire (**Funk M. et al., 2009**). Ce fait pourrait mener à la conclusion que les membranes ne peuvent pas percevoir le champ magnétique. Par contre, il a été démontré au cours des années que plusieurs des effets du champ magnétique sur les organismes vivants découlent de l'altération du flux de calcium à travers la membrane. L'explication se trouve dans les propriétés diamagnétiques des phospholipides qui composent la membrane. Ceux-ci se réorientent sous l'effet d'un champ, ce qui cause la déformation des canaux de calcium de la membrane (**Rosen, 2003; Galland et Pazur, 2005**). Les canaux à ions sodium sont affectés de façon moins importante par les champs magnétiques (**Rosen, 2003**).

### III.6. Croissance des plantes en absence de champ magnétique

Des études ont porté sur la germination, la croissance et le développement de plantes en absence du champ magnétique terrestre. Ces études ont été effectuées en présence d'un blindage fait de matériau non perméable au champ magnétique ou dans l'espace. Plusieurs

effets ont été observés dans les cellules méristimatiques de *Pisum sativum* dont des changements au niveau de l'accumulation de lipides, le développement d'un compartiment lytique, la réduction de la phyto-ferritine dans les plastides, l'augmentation de la grosseur des mitochondries et l'altération de l'homéostasie du  $\text{Ca}_2^+$  (Belyavskaya, 2004). L'absence de champ magnétique favorise la croissance de l'épicotyle des pois (Negishi, Hashimoto *et al.*, 1999). De plus, en absence de champ géomagnétique, le gravitropisme (capacité des plantes à s'orienter par rapport à la gravité) observé sur les racines de plants de maïs est beaucoup moins prononcé (Kato, 1990).

### III.7. Effet de Champ magnétique statique chez les plantes

De nombreuses expériences ont été entreprises sur les effets des champs magnétiques exposés aux aimants permanents sur la croissance de plantes (Carbonell *et al.*, 2000). L'exposition des graines de maïs à un champ magnétique pendant une courte période s'est avérée favorable à la germination et aux croissances accélérées des jeunes plantes. De telles plantes ont également montré des racines plus profondes comme une croissance plus vigoureuse comparée à ceux issues de graines non traitées. Le traitement par un champ magnétique des graines mène à l'accélération de la croissance des plantes, de la biosynthèse de protéines et du développement des racines (Phirke et Umbrkar, 1998).

Les rapports scientifiques de nombreux auteurs ont montré à cela que l'exposition au champ magnétique augmente la germination des graines non standard et améliore leur qualité. En outre, l'influence forte sur les étapes initiales de croissance des plantes après la germination est bien connue (Aladjajiyani, 2002).

Le mécanisme pour l'effet stimulant des champs magnétiques extrêmement de basse fréquence, sur la germination de graine et le développement de jeunes plantes est inconnu. D'ailleurs, après des années de recherche, d'expériences et de travaux théoriques, il est encore impossible d'en produire une courbe simple de dose réponse. Un grand nombre d'études expérimentales effectuées au cours des 40 dernières années suggèrent que même l'exposition à court terme de la matière végétale aux champs magnétiques à basse fréquence puisse causer plusieurs effets biologiques (Muszyński *et al.*, 2009).

L'exposition des graines au champ magnétique pendant une courte période s'est avérée pour aider dans la germination et la croissance accélérée des jeunes plantes, ainsi que le



perfectionnement de la croissance des plantes dans des conditions magnétiques (**Cholami et al., 2010**).

En conditions normales, la restauration du métabolisme de la graine pendant la germination, est accompagné de déclenchement de reprise métabolique des réactions réversibles (**Weitbrecht et al., 2011**) principalement de métabolisme énergétique, de réparations cellulaires et des mécanismes protecteurs (**Nonogaki et al., 2010**).

L'impact du champ magnétique sur les plantes dépend de sa grandeur et sa charge statique. Différents champs magnétiques statique ont été employés pour de traitement des plantes (inductions magnétique constante) (**Bilalis et al., 2011**). L'influence positive du champ magnétique stationnaire sur les graines a été établi en grande partie (**Galland et Pazur, 2005**). Des études ont prouvé que le traitement des graines de concombre avec le champ magnétique statique pendant 4 heures augmente la germination des graines et améliore leur croissances (**Pietruszewski et al., 2007**).

### III.7.1. Effets sur les graines

Les graines exposées au champ magnétique démontrent des différences dans leur taux de croissance, l'induction de l'activité enzymatique et l'absorption de l'eau. Par exemple, les graines de laitue exposées à un champ de 10 mT pendant 10 minutes ont démontrées une augmentation de leur taux d'absorption d'eau de 30% (**Reina P. et al., 2001**). Les graines traitées absorbent l'eau plus rapidement en plus grande quantité que les graines témoins. L'hypothèse selon laquelle le champ magnétique influence le courant ionique dans la paroi cellulaire de l'embryon permet d'expliquer en partie ce phénomène (**Reina et Pascual, 2001**). De plus, l'exposition des grains de riz à des champs magnétiques de l'ordre de 150 mT à 250 mT a provoqué une augmentation de leur taux de germination (**Carbonell M. et al., 2000**). Des résultats similaires ont été obtenus avec des graines de tomates, en plus d'augmenter la croissance des plants et le rendement fruitier (**De Souza, G. et al., 2006**). L'exposition de graines de maïs à des champs magnétiques de 60 à 200 mT a permis de stimuler la germination des graines et d'augmenter la récolte de 29,5% (**Galland et Pazur, 2005**). Des graines de concombres exposées à un champ magnétique de 200 à 450 mT ont démontré une croissance accrue comparativement aux graines témoins. Par contre, une combinaison de traitements de champ magnétique et d'une exposition aux UV-B de 3,5 KJm<sup>-2</sup> a diminué de façon marquée la croissance et le développement des graines (**Yao L. et al., 2005**). L'exposition au champ magnétique augmente aussi la respiration cellulaire chez les

graines de betteraves, permettant une germination plus rapide et plus efficace (**Rochalska et Orzeszko-Rywka, 2008**). Le taux de la respiration et de l'émission de CO<sub>2</sub> est augmentée par un champ magnétique faible (**Belyavskaya, 2004**). Au niveau cellulaire, les champs magnétiques peuvent augmenter le nombre et la grosseur des mitochondries présentes dans les cellules de pois exposées au champ magnétique (12% plus de mitochondrie, présentant un volume de 1.5 à 2 fois plus gros que les cellules non-exposées) (**Belyavskaya, 2004**).

### III.7.2. Effet de champ magnétique statique sur l'activité enzymatique

Les diverses enzymes jouant un rôle dans le métabolisme des plantes sont aussi affectées par le champ magnétique. Il a été démontré que l'exposition à un champ magnétique provoquait une activité plus élevée de l'enzyme glutathione-S-transférase dans le blé, enzyme responsable de la défense induite par l'attaque de pathogènes (**Rochalska et Grabowska, 2007**).

Une autre enzyme, la peroxydase, possède une activité augmentée suite à des traitements avec des champs magnétiques sur des cultures de tissu de fèves de soja. De plus, après 72h d'exposition des grains d'orge à un champ magnétique faible, l'activité de la catalase est sensiblement augmentée (**Belyavskaya, 2004**). Les expériences faites par divers chercheurs sur l'action du champ magnétique statique (CMS) sur l'activité enzymatique *in vitro* ont eu comme résultat une variété d'effets, sans aucune généralisation claire.

### III.8. Effet sur la photosynthèse

Tous les processus vivants dépendent fortement de l'échange d'énergie entre la cellule et l'environnement. Le champ magnétique est devenu une partie de l'environnement et source d'énergie, ainsi que les effets métaboliques normaux (**Aladjadjiyan, 2007**), et un impact sur la division des cellules du méristème (**Belyavskaya et al., 1992**). Les substances métaboliques et les pigments photosynthétiques pourraient être affectés par les champs magnétiques statiques. Il a été trouvé qu'une augmentation se produit dans des réactions chimiques aux végétaux selon les variations des champs magnétiques. Ces derniers ont des effets positifs sur l'activité photochimique, le taux de respiration et l'activité enzymatique (**Carbonell et al., 2000**). La chlorophylle est le plus important pigment assimilateur directement impliqués dans la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique au niveau moléculaire, ainsi la teneur en chlorophylle est un indicateur de la santé des végétaux et

productivité. De même, les caroténoïdes jouent un rôle important dans la protection des plantes par l'intermédiaire de balayage de l'oxygène réactif (**Strzalka et al., 2003**).

### **III.9. Effet du champ magnétique sur le matériel génétique (possibilités de mutations génétiques).**

Depuis une centaine d'années, des scientifiques de plusieurs pays (**Gurwitsch K., Gariaev I. et al**) ont montré que les organismes vivants émettent de la lumière (biophotons) à très faible intensité tel un laser, l'ADN est à la fois la source et le lieu de stockage de ces photons. L'ensemble des biophotons de l'organisme constitue un champ cohérent porteur d'information, sous forme d'hologrammes, qui dirige les processus vitaux de l'organisme et maintient son intégrité. Grâce à ces rayonnements, les cellules communiquent entre elles et envoient des informations sur leur état énergétique et sanitaire. D'autres informations constituent un code génétique électromagnétique holographique qui assure et coordonne le développement de l'organisme. Cela explique des phénomènes inexplicables par la génétique moléculaire comme la différenciation des cellules. Des applications pratiques de ce phénomène ont été conçues pour évaluer la qualité des aliments et améliorer l'état de santé des êtres vivants par des techniques non destructrices (**Boudet, 2015**).

L'effet muta-génique des champs magnétique forts a été fréquemment étudié, il a été appliqué aux salmonelles pour évaluer sons mutagénicité. Les champs forts jusqu'à 7.2 T n'ont eu comme conséquence aucun perfectionnement de la fréquence de mutation ; le gradient élevé et les champs alternatifs n'ont également fait aucune différence (**Teichman et al., 2000**). D'autres auteurs ont constaté que l'exposition de l'ADN provoque un effet intéressant. Cependant, cet effet était absent in vivo dans E. coli, prouvant que les dommages magnétiques ont été probablement réparés par les machines à réparation d'ADN (**Potenza et al., 2000**).

Un résultat important est que les champs électromagnétiques basse fréquence ne produisent pas d'altération de l'ADN et de la chromatine [NRP92, Ten96], et donc n'entraînent pas (ou du moins, pas directement) de mutations et/ou de transformations néoplasiques. D'autres études in vivo confirment cette hypothèse. Par ailleurs, dans cette même étude [MSM+91], aucun effet (ni initiateur, ni promoteur) des ondes électromagnétiques vis-à-vis du cancer n'a pu être mis en évidence (**Riccardo S., 2003**).

# CHAPITRE IV

Notre travail a été réalisé au niveau de laboratoire de phytopathologie T2, département de biologie, université de Bordj Bou Arreridj (**Originale, 2017**).

### IV-1- Objectif de l'étude

Cette étude a pour but principale de montrer les effets que peut engendrer un champ électromagnétique sur le taux de germination des graines de pois chiche, sur la production de la chlorophylle et sur la croissance des plantules, et d'investiguer sur la possibilité d'utiliser ce traitement comme biostimulant en vue d'améliorer le rendement.

### IV-2- Matière végétale

L'étude est portée sur une espèce de légumineuse à savoir le pois chiche (*cicer arietinum L.*),

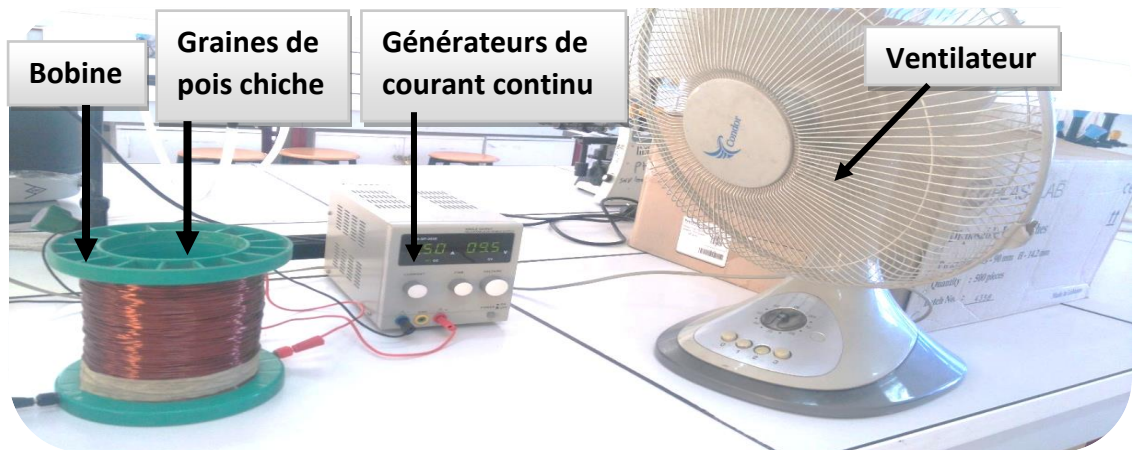
Le matériel d'étude a été fourni par la station expérimentale de l'ITGC de Sétif et la CCLS de Bordj Bou Arreridj. Deux variétés de semence ont été employées pour la présente étude à savoir **ILC 79 31** et **FLIP 90/13C**.

### IV-3- Distribution du montage expérimental

L'étude a été réalisée à l'aide du dispositif expérimental composait de :

- Source d'énergie électrique fournie par un générateur de courant d'une alimentation contenue (0-30 V) permettant ainsi de varier l'intensité du champ électromagnétique.
- Source de champ magnétique : un solénoïde de forme cylindrique de 8 cm de diamètre et une longueur de 13 cm
- Un ventilateur a été intégré au système pour éliminer l'excès de la chaleur produit par le solénoïde
- La mesure de l'intensité des radiations électromagnétique à été effectué à l'aide d'un tesla mètre.

Le montage expérimental est montré à la **Figure 6** :



**Figure 6** : Montage expérimental (Originale, 2017).

### IV - Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide de logiciel STATISTICA version (8) par l'application de l'ANOVA multifactorielle afin de déterminer l'effet de chaque variable, ainsi que l'effet de l'interaction.

### VI. Protocole expérimentale

#### VI.1. Effet du champ électromagnétique sur la germination



**Figure 7** : disposition des 10 graines de pois chiche (les deux variétés) sur la boîte de pétrie durant la phase de germination (Originale, 2017).

480graines de pois chiche sélectionnés de chaque variété ont été placées dans la bobine à différentes intensité électromagnétique de 5mT à 20 mT (**I1**=5 mT, **I2**=10 mT, **I3**=15 mT, **I4**=20 mT) et à différents temps d'exposition allant de 1 à 8 heures (**T1**=1h, **T2**=2h, **T3**=5h, **T4**=8h).

Les différentes combinaisons qui sont mentionnés dans (**Tableau V**) ont été répétées 3 fois pour chaque variété. En parallèle, 3 essais de témoin (30 graines) ont été effectués pour pouvoir comparer les résultats.

Après le traitement ont été disposée chaque 10 graines de pois chiche traitée par le champ magnétique avec une intensité et un temps bien déterminé sur les boîtes de pétrie de 9

cm de diamètre contenant un coton hydraté à l'eau distillée puis les grains ont été mise en germination dans les mêmes conditions du lot témoin (conditions de laboratoire)

Le calcul du taux de germination pour chaque lot à été effectué quotidiennement à la même heure

$$\text{Taux de germination} = (\text{nombre de graine germé} / \text{nombre de graine total}) * 100$$

### VI.2. Effet du champ électromagnétique sur la croissance

Après la germination des graines traitées et les témoins 5 graines ont été semis dans des pots de jardin remplie par le sol et arrosé périodiquement avec l'eau de robinet (**Figure8**).

L'ensemble des pots ont été mises dans les mêmes conditions (conditions de laboratoire) suivant le plant de randomisation afin d'écarter toutes possibilités d'interférences (**Tableaux V**).

Dans le but de suivre le comportement des jeunes plantules à l'intérieur d'un champ électromagnétique, un pot comportant 5 jeunes plantules ont été mise en croissance à toutes les inductions. Les notations des hauteurs des plantules ont été effectuées périodiquement (chaque 24h) à la même heure.

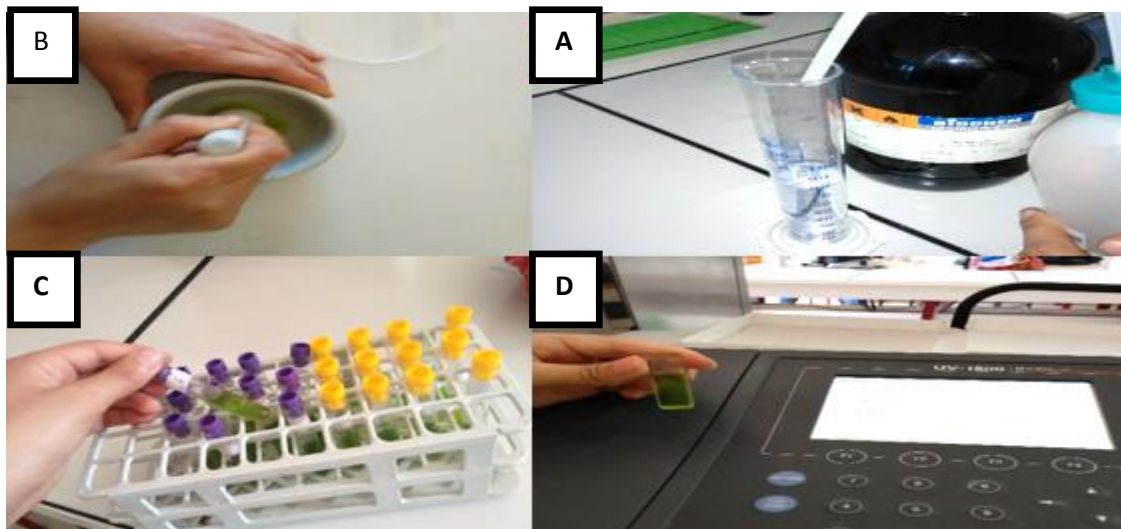


**Figure 8** : Disposition des 5 graines de pois chiche sur un pot de jardin remplie de sol et arrosé à l'eau du robinet (**Originale, 2017**).

**Tableau V** : La randomisation des différentes combinaisons d'induction électromagnétique et durée de traitement (**Originale, 2017**).

I1T1	I1T2	I1T3	I1T4	I2T1	I2T2	I2T3	I2T4	I3T1	I3T2	I3T3	I3T4	I4T1	I4T2	I4T3	I4T4	I0T0
I4T1	I4T2	I4T3	I4T4	I3T1	I3T2	I3T3	I3T4	I1T1	I1T2	I1T3	I0T0	I2T1	I2T2	I2T3	I2T4	I1T4
I3T1	I3T2	I3T3	I3T4	I0T0	I4T2	I4T3	I4T4	I2T1	I2T2	I2T3	I2T4	I1T1	I1T2	I1T3	I1T4	I4T1

### VI.5.3 Dosage des pigments chlorophylliens



**Figure 9** : les différentes étapes de dosage de chlorophylle (Originale, 2017).

Cinquante mg (pour chaque essai) prélevés sur les tiers médians des plus jeunes feuilles, sont broyés dans de l'acétone à 80% (A). Le broyage est répété plusieurs fois afin d'extraire la totalité des pigments chlorophylliens (B). L'extrait obtenu est centrifugé à 2500 g pendant 5 min (C). La DO de la totalité des surnageant obtenus est mesuré à 646,8 nm et à 663,2 nm (spectrophotomètre Perkin Elmer Lambda 5 U.V) (D). Les concentrations en chlorophylles totales (Chlorophylles a et b), exprimées en  $\text{mg. g}^{-1}$  MF sont données par la formule  $(7,15 \times \text{DO}663.2 + 18,71 \times \text{DO}646.8) \text{ V} / \text{M}$  ; où V désigne le volume de l'extrait total en litres et M la masse de la matière fraîche broyée en grammes (El Houssine T., Abdelmajid B., Khadija S., 1998).

### VI.5.4 Mesure la longueur des racines :

Après 40 jours de croissance nous avons prélevé les plantes de chaque pots et notamment les racines pour mesuré leur longueur à l'aide d'une règle.



**Figure 10** : mesure de la longueur des racines (Originale, 2017).



# CHAPITRE V

Le traitement des résultats obtenu a été réalisé avec le logiciel Excel et le logiciel STATISTICA. Pour chaque paramètre étudié, nous avons calculé la moyenne des données collectées de chaque traitement. Pour donner un aperçu global des données collectées pour les deux variétés, des statistiques descriptives (moyenne, écart-types, ANOVA,...) ont été effectuées. Par ailleurs, des courbes représentant l'évolution des paramètres en fonction du temps et intensité ont été réalisées.

### **V.1. Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la germination du pois chiche pour les variétés ILC79 31 et FLIP 90\13C**

- Pour la variété **ILC 79 31** : L'analyse de la variance de l'interaction« intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique», les **Figures 11 ; 12 et 13** représentant l'évolution de la capacité germinative pendant les trois premiers jours de germination, l'interaction montre que le prétraitement aux champs électromagnétique améliorent la capacité germinative ceci quel que soit l'intensité et la durée appliquée du traitement comparativement aux témoins.

Après 24 heures La valeur maximale de 60% enregistrée à une intensité de 5 mT et avec une durée de prétraitement de 1 heure, équivaut à une amélioration de 17% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 11**).

Après 48 heures La valeur maximale de 93% enregistré à une intensité de 10 mT avec une durée de prétraitement de 1 heures.et a une intensité de 15mT avec une durées de prétraitement de 1 heure, équivaut à une amélioration de 13% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 12**).

Après 72 heures, La valeur maximale de 97% enregistré a une intensité de 10 mT avec une durée de prétraitement de 1 heure, et a une intensité de 15mT avec une durées de prétraitement de 2 heures , équivaut à une amélioration de 4% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 13**).

- Pour la variété **FLIP 90\13C** :D'après les **figures (14) (15) et (16)** illustrant l'évolution de la capacité germinative pendant les trois premiers jours, des graines traitées à différentes intensité de radiation électromagnétiques et à différentes durées d'exposition, en constate que le taux de germination des graines traitées a été améliorée.

Après 24 heures La valeur maximale de 57% enregistré a une intensité de 5 mT avec une durée de prétraitement de 5 heures, et a une intensité de 15mT avec une durées de prétraitement de 1 heure, équivalent à une amélioration de 24% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 14**).

Après 48 heures, La valeur maximale de 93% enregistré à une intensité de 5 mT et une durée de prétraitement de 5 heures, équivalent à une amélioration de 16% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 15**).

Après 72 heures La valeur maximale de 100% enregistré a une intensité de 10 mT avec une durée de prétraitement de 8 heures, et a une intensité de 15mT avec une durées de prétraitement de 1 heure, équivalent à une amélioration de 7% par rapport aux graines non irradiées (**Figure 16**).

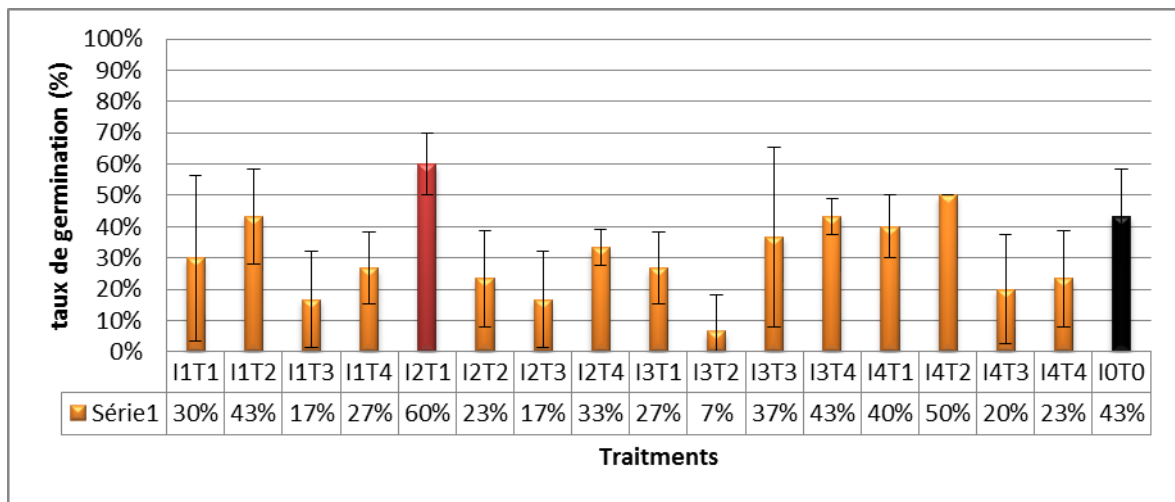
Des résultats similaires ont été signalés par **Pascual et al. (2001)**, les graines de laitue exposées à un champ de 10 mT pendant 10 minutes ont démontrées une augmentation de leur taux d'absorption d'eau de 30%. Les graines traitées absorbent l'eau plus rapidement en plus grande quantité que les graines témoins. L'hypothèse selon laquelle le champ magnétique influence le courant ionique dans la paroi cellulaire de l'embryon de la plante permet d'expliquer en partie ce phénomène.

Les études de **Pietruszewski et al. (2007)** ont prouvé que le traitement des graines du concombre avec le champ magnétique statique pendant une 4heure augmente la germination des graines et améliore leur croissance

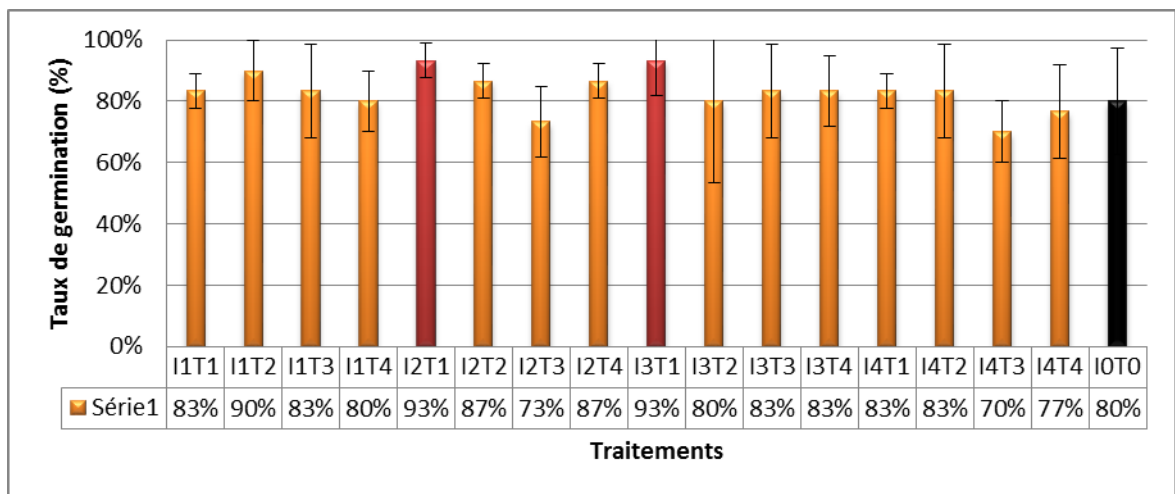
De plus, **Martinez et al. (2000)** ; **Galland et Pazur, (2005)** ont rapporté que l'exposition de grains de riz à des champs magnétiques de l'ordre de 150 mT à 250 mT a provoqué une augmentation de leur taux de germination. Des résultats similaires ont été obtenus avec des graines de tomates, en plus d'augmenter la croissance des plants et le rendement fruitier, L'exposition de graines de maïs à des champs magnétiques de 60 à 200 mT a permis de stimuler la germination des graines et d'augmenter la récolte de 29,5%. Les graines de pois chiche (*cicer arietinum L.*) qui ont été exposé à un champ magnétique statique de 226 mT pendant un heur augmentent la vitesse de germination. (**Tarlochan et Pandey, 2012**).

Selon les travaux de **Mercedes et al. (2011)** ; **Ananta et al. (2012)** ; **Tkalee (2007)** ; **Pietruszewski et al. (2007)**, l'alpha-amylase est responsable de la dégradation des réserves

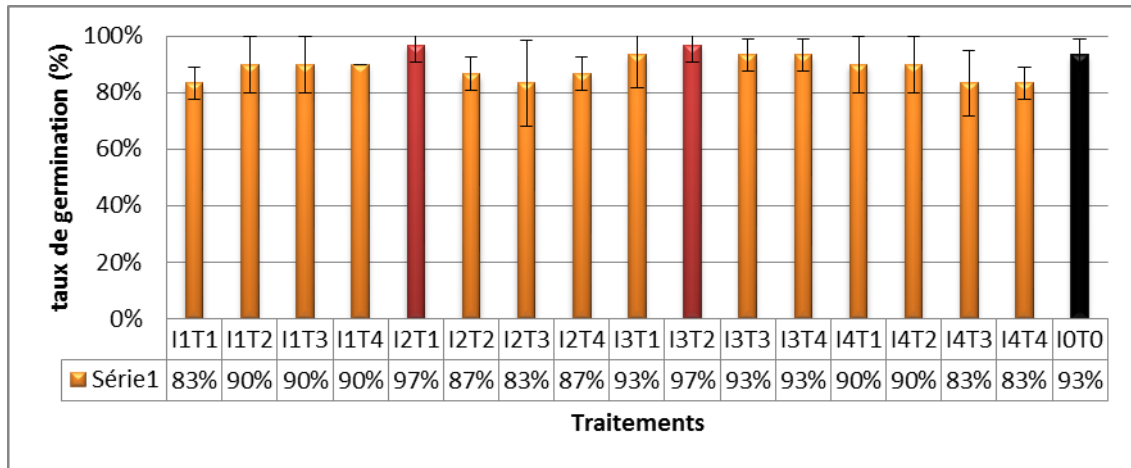
des nourritures de la jeune plante pendant la germination cher le pois chiche. Une germination plus rapide en graines traitées par un champ magnétique pourrait être partiellement expliquée avec la plus grande activité d'alpha-amylase chez les graines de pois chiche. Il a été démontré que l'exposition à un champ magnétique provoquait une activité plus élevée de l'enzyme glutathionne-S-transférase dans le blé: Enzyme responsable de la défonce induite par l'attaque de pathogène, de stress oxydatifs chez les plantes (**Rochalska et al., 2007**). Une augmentation de l'activité des enzymes ornithine décarboxylase et phénylalanine ammonia lyase a aussi été observée suite à des expositions à un champ magnétique combiné à un champ électrique (**Trebbi et Borghini, 2007**).



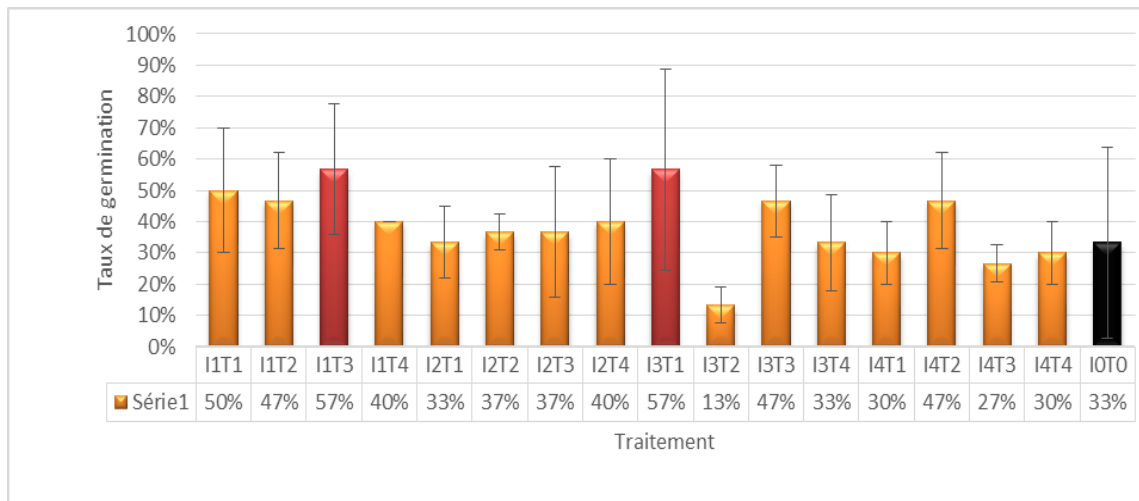
**Figure 11** : Effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **ILC 79 31** après 24h ( $P < 0,01$ ) (**Originale, 2017**).



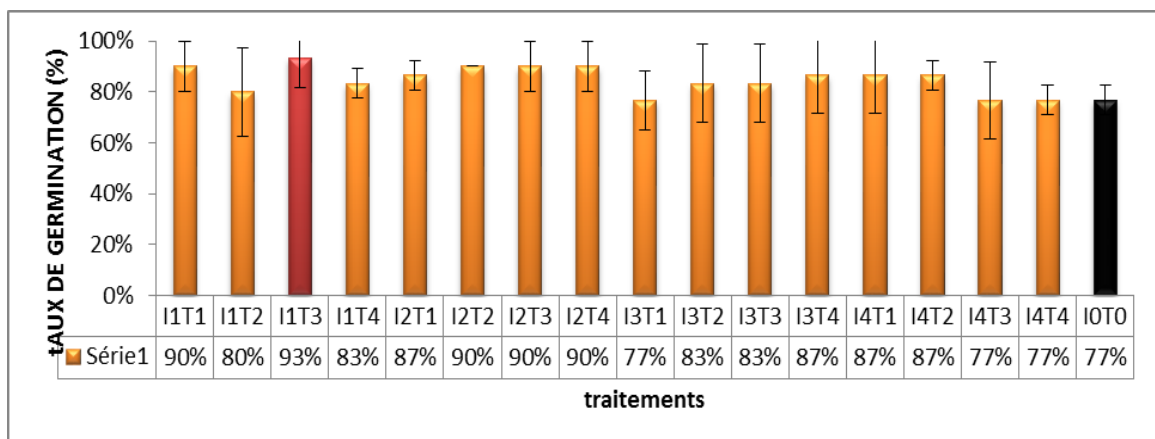
**Figure 12** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **ILC 79 31** après 48h ( $P > 0,01$ ) (**Originale, 2017**).



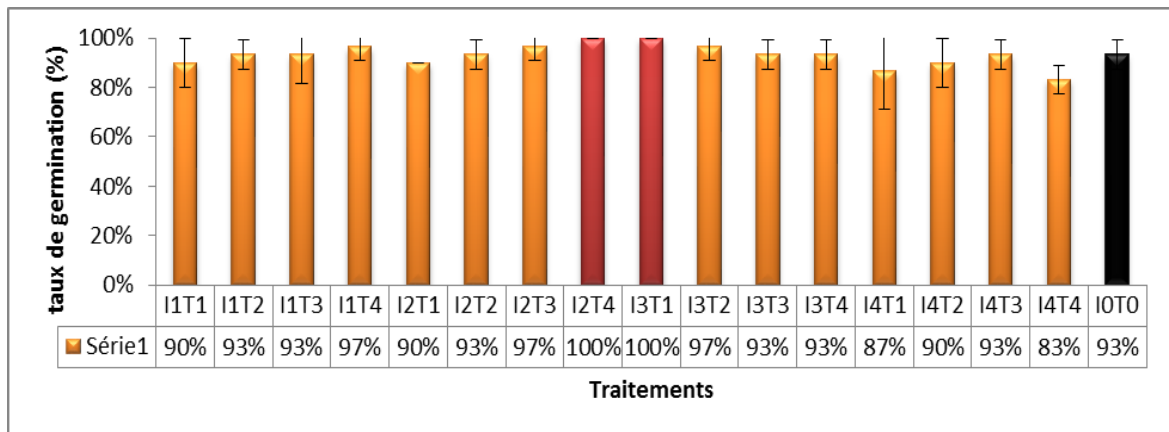
**Figure 13** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **ILC 79 31** après 72h ( $P < 0,01$ ) (**Originale, 2017**).



**Figure 14** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **FLIP 90\13C** après 24h. ( $P > 0,01$ )



**Figure 15** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **FLIP 90\13C** après 48h ( $P > 0,01$ ) (**Originale, 2017**).



**Figure 16** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur le processus de germination des pois chiche **FLIP 90\13C** après 72h ( $P > 0,01$ ) (**Originale, 2017**).

## **V.2. Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la croissance du pois chiche pour les variétés **ILC79 31** et **FLIP 90\13C****

Dans le but d'étudier le comportement des jeunes plantules de pois chiche traité par le champ électromagnétique avec différentes intensités et durées, nous avons suivi les hauteurs des plantules de chaque pot et les résultats obtenus sont illustrées dans les figures ci-dessous:

- Pour la variété **ILC79 31** :

Après 4 jours La valeur maximale de 4.67cm enregistré à une intensité de 5 mT et avec une durée de prétraitement de 8 heures, équivaut à une amélioration de 3cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 17**).

Après 25 jours La valeur maximale de 40cm enregistré à une intensité de 10 mT et avec une durée de prétraitement de 1 heure, équivaut à une amélioration de 6cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 18**).

Après 39 jours La valeur maximale de 54.7cm enregistré à une intensité de 5 mT et avec une durée de prétraitement de 8 heures, équivaut à une amélioration de 11 cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 19**).

- Pour la variété **FLIP90\13C** :

Après 4 jours La valeur maximale de 3.33cm enregistré à une intensité de 5 mT et avec une durée de prétraitement de 5 heures, équivaut à une amélioration de 1.66 cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 20**).

Après 25 jours La valeur maximale de 35cm enregistré a une intensité de 5 mT avec une durée de prétraitement de 8 heures, et a une intensité de 10 mT avec une durée de prétraitement de 2 heures, équivaut à une amélioration de 3.7cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 21**).

Après 39 jours La valeur maximale de 49.7 cm enregistré a une intensité de 10 mT avec une durée de prétraitement de 5 heures, et a une intensité de 15 mT avec une durée de prétraitement de 8 heures, équivaut à une amélioration de 6.4cm par rapport aux graines non irradiées (**Figure 22**).

Nos résultats sont en accord à ceux trouvé par **Hirano et al. (1998)**, qui ont signalé qu'un faible champ magnétique a un effet positif sur la croissance et la photosynthèse des plantes.

De nombreuses expériences ont été entreprises sur les effets des champs magnétiques générés par des aimants permanents sur la croissance de plantes (**Carbonell et al., 2000**). L'exposition des graines de maïs à un champ magnétique pendant une courte période s'est avérée favorable à la germination et la croissance des jeunes plantules est accélérée. De telles plantes ont également montré des racines plus profondes comme une croissance plus vigoureuse comparée à ceux issues de graines non traitées. Le traitement par un champ magnétique des graines mène à l'accélération de la croissance des plantes, de la biosynthèse de protéines et du développement des racines (**Phirke et Umbrkar, 1998**).

L'étude fait par **Pietrudzewski et al. (2007)**, a prouvé que le traitement des graines de concombre avec le champ magnétique statique pendant 4 heures augmente la vitesse de germination des graines et améliore leurs croissances. Les graines exposées au champ magnétique démontrent des différences dans leur taux de croissance, l'indication de l'activité enzymatique et l'absorption de l'eau (**Bourget, 2011**).

Le traitement par un champ magnétique des graines mène à l'accélération de la croissance des plantes, de la biosynthèse de protéines et du développement des racines (**Phirke et Umbrkar, 1998**).

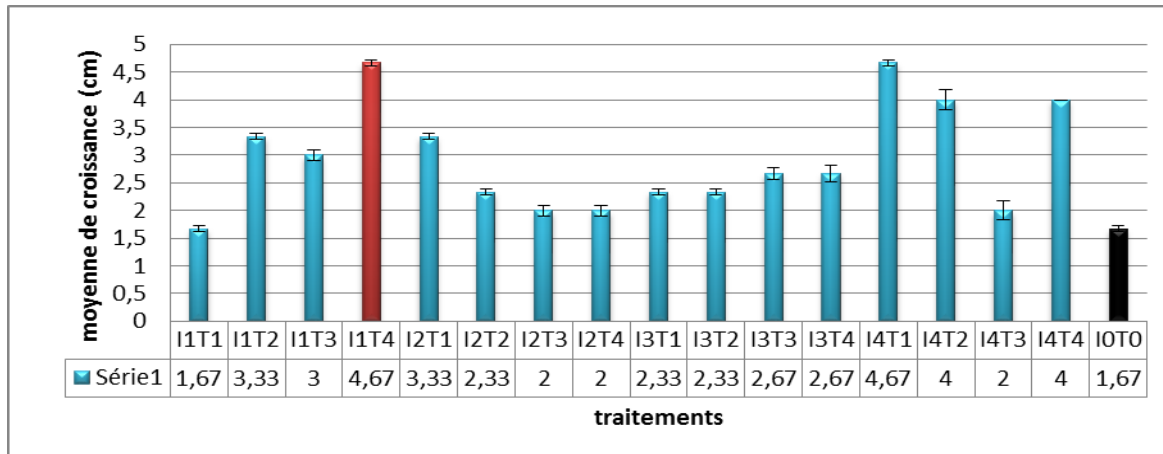
Les rapports scientifiques de nombreux auteurs montrent à cela que l'exposition au champ magnétique augmente la germination des graines non standard et améliore leur qualité. En outre, l'influence forte sur les étapes initiales de croissance des plantes après la germination est bien connue (**Aladjajyan, 2002**).

**Abazar et al. (2010)**, ont étudié l'effet du champ magnétique statique sur la morphologie et la croissance des jeunes plantules et signalent qu'elle est rapide à celle des plantes non traitée. Une augmentation du poids à l'état frais de (72 %). Il y' avait également une augmentation de la longueur de plantules (25 %) comparativement au témoin.

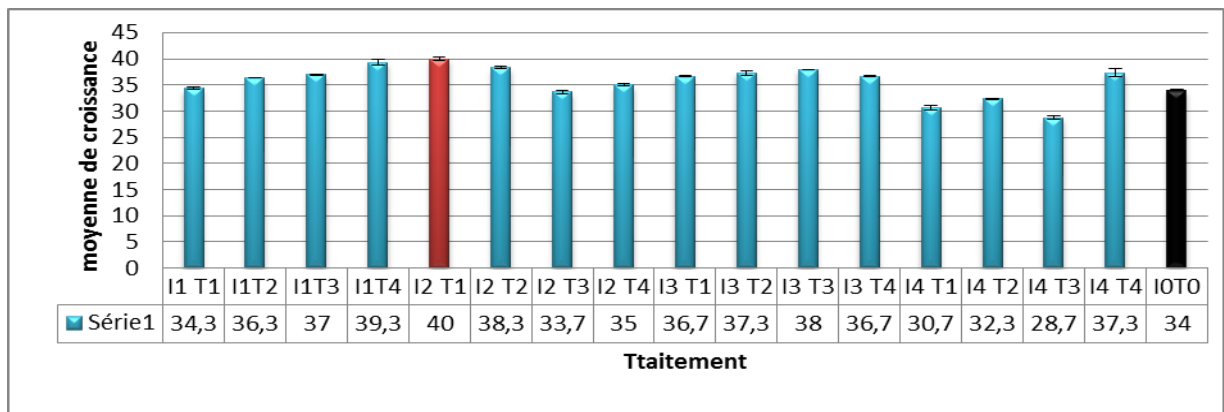
**Parsi (2007)** rapporte que le traitement des graines d'haricot par une induction magnétique de 100 mT pendant 3 h donne une meilleure croissance des jeunes plantes avec une augmentation de 26% de biomasse fraîche en raison de la stimulation de la croissance des racicules (58%) .Par ailleurs, les traitements par des inductions de 100 mT et 200 mT pendant 2 h ont mené à une augmentation significative de la production fraîche de biomasse de 16 et 20 % respectivement.

Les cellules vivantes possèdent les frais électriques. Exercés par les ions ou les radicaux libres, qui agissent en tant qu'aimants endogènes. Ces aimants endogènes peuvent être affectés par le champ magnétique exogène, qui peut orienter les électrons dépareillés. Les forces induites par les champs magnétiques peuvent être assez grandes pour affecter n'importe quel processus qui peut changer la vitesse de déplacement des électrons. Les études sur les métabolismes normaux et l'influence sur la division cellulaire. Un champ électromagnétique externe optimal pourrait accélérer l'activation de la croissance de plantes, particulièrement la germination de graine (**Faten et al., 2009**).

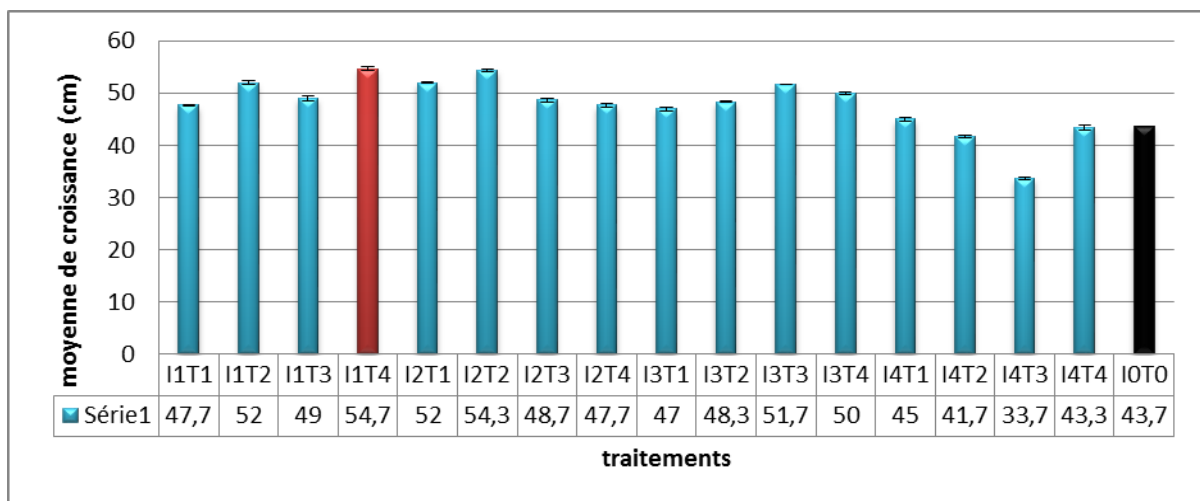




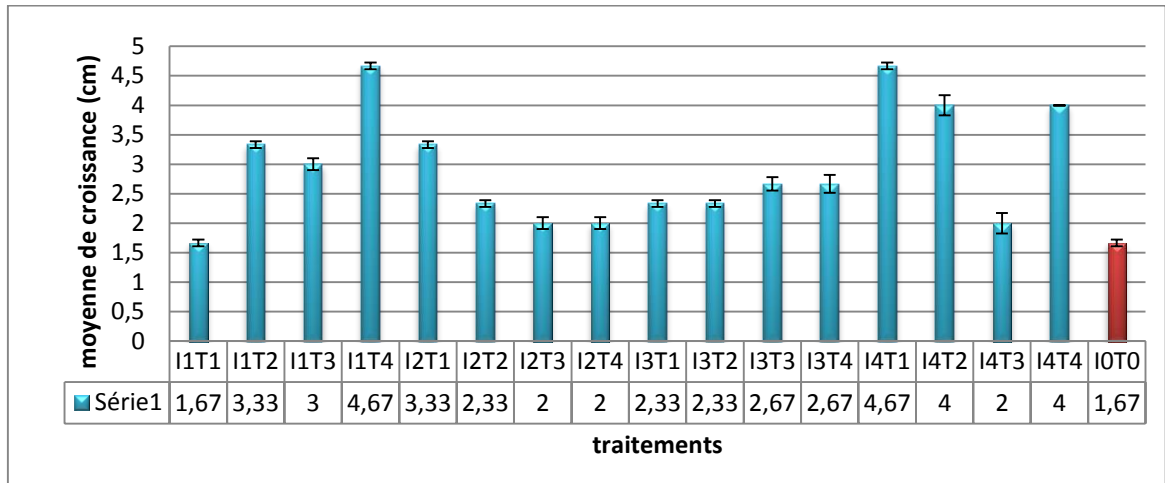
**Figure 17** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche ILC79 31 après 4 jours ( $P < 0,01$ ) (Originale, 2017).



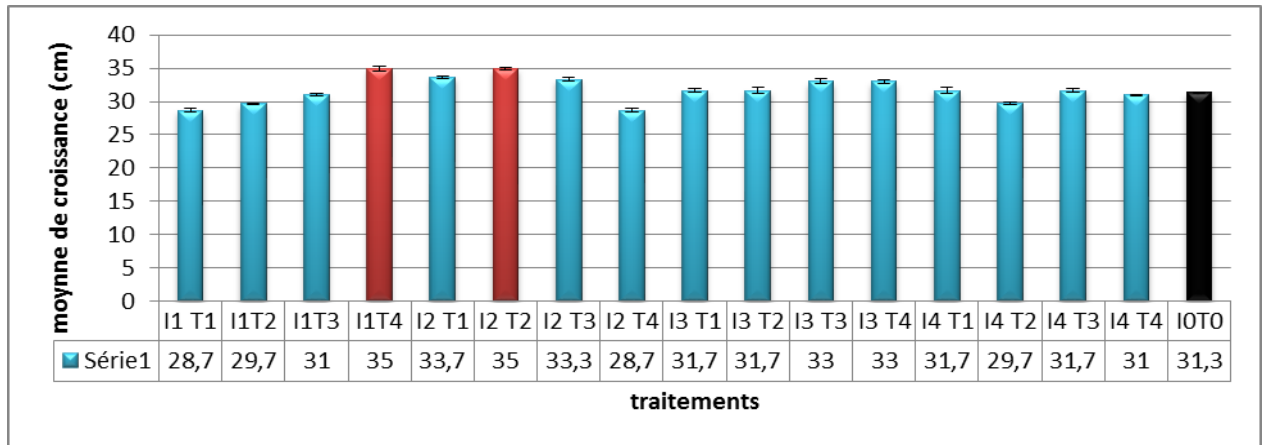
**Figure 18** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche ILC79 31 après 25 jours ( $P > 0,01$ ) (Originale, 2017).



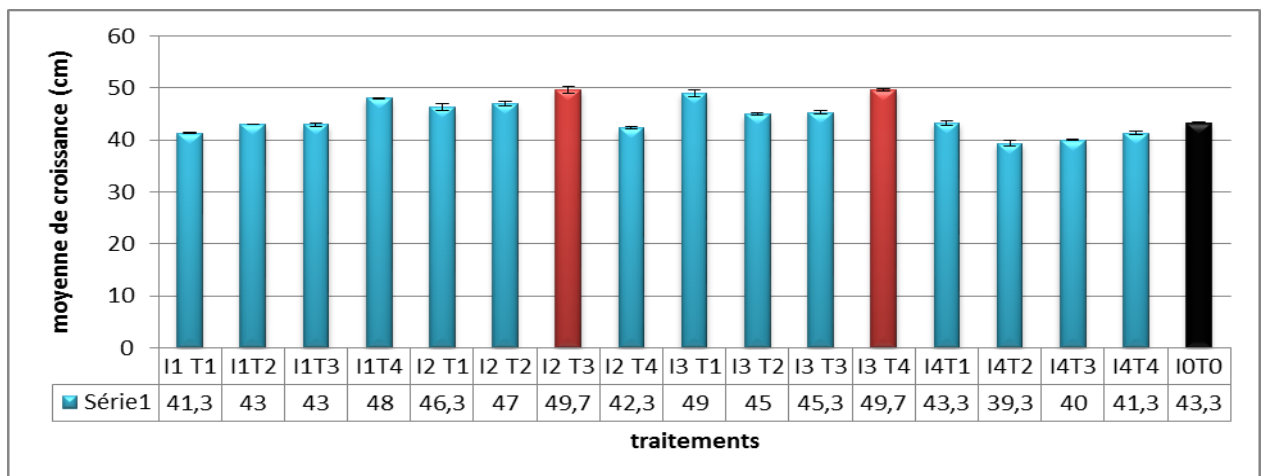
**Figure 19** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche ILC79 31 après 39 jours ( $P < 0,01$ ) (Originale, 2017).



**Figure 20** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche FLIP 90\13C après 4 jours ( $P > 0,01$ ) (Originale, 2017).



**Figure 21** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche FLIP 90\13C après 25 jours ( $P < 0,01$ ) (Originale, 2017).



**Figure 22** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la croissance de pois chiche FLIP 90\13C après 39 jours ( $P < 0,01$ ) (Originale, 2017).

### V.3. Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur la concentration de chlorophylle

#### - Pour ILC79 31 :

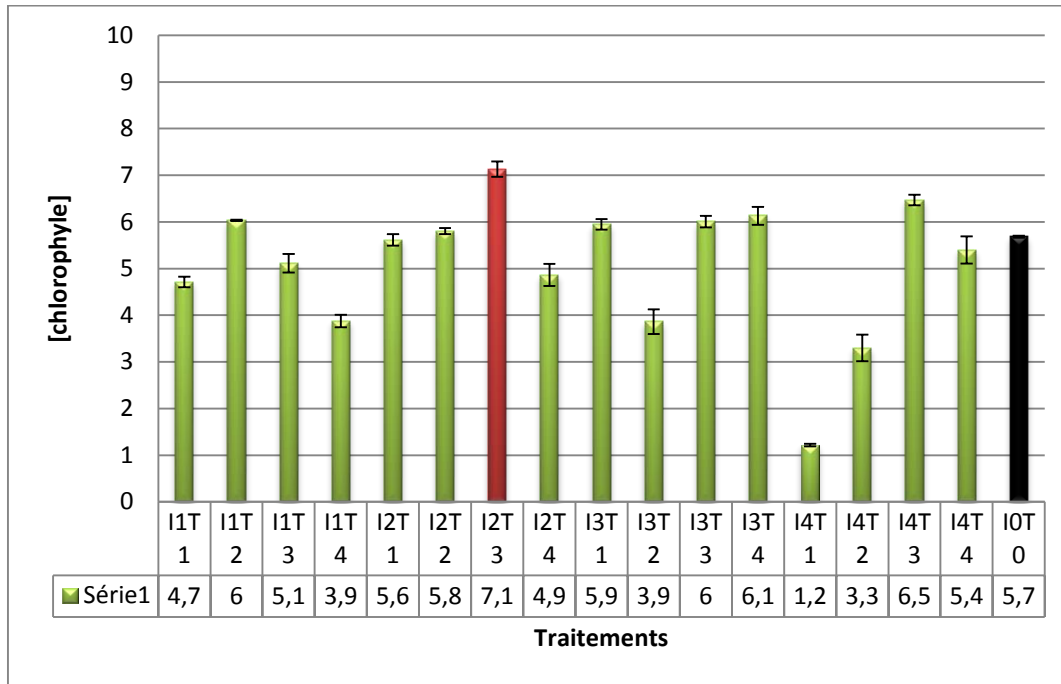
Le traitement des graines de pois chiche par le champ électromagnétique induit une augmentation de la chlorophylle par une induction de 10mT pendant 5 heures de traitement, équivalent à une amélioration de 14.5% par rapport aux graines non traitées (**Figure 23**).

#### - Pour FLIP 90\13C :

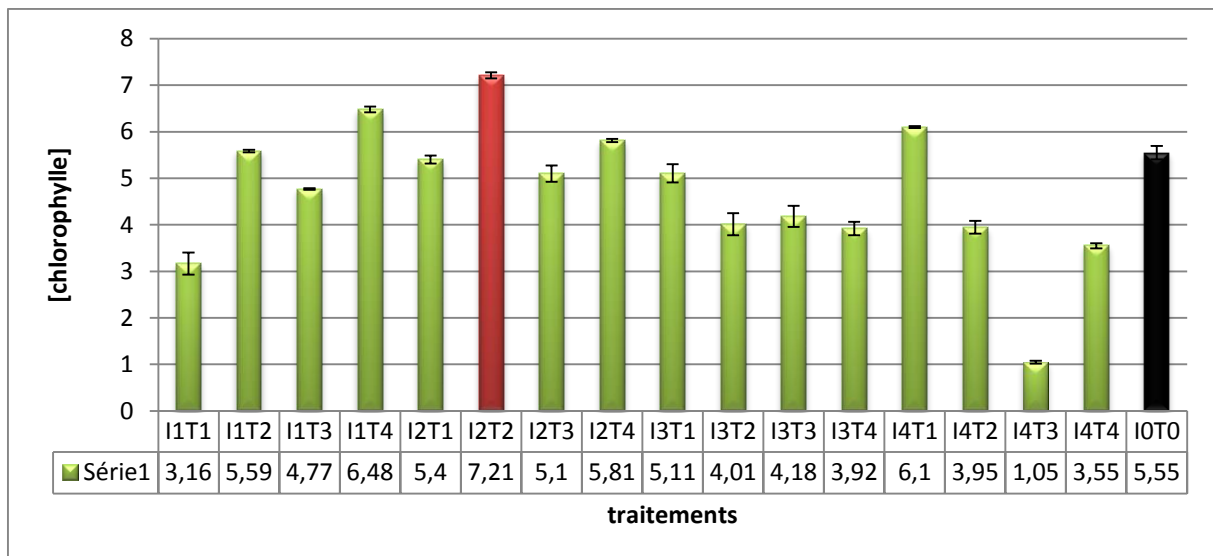
Le traitement de graines de pois chiche par le champ électromagnétique induit une augmentation des chlorophylles jusqu' à 72.1% par une induction de 10mT pendant 2 heures de traitement. Équivalent à une amélioration de 15.3% par rapport aux graines non traitées (**Figure 24**).

Nos résultats sont en accord à ceux trouvés par **Racuciu et al. (2006)**, qui a étudié les mécanismes moléculaires impliqués dans les phénomènes complexes de la croissance des plantes qui a été réalisée au moyen d'analyses spectrophotométrique. Les données fournies par les niveaux d'assimilation des pigments et les informations principales sur les processus complexes de photosynthèse, ont attesté une légère augmentation( de l'ordre de 4.24%)de la chlorophylle A ( le pigment principal de la photosynthèse, directement impliqué dans la conversion d'énergie solaire en énergie chimique) pour les plantes exposées au champ magnétique plus faible (50 mT).Mais pour des inductions de champ magnétique statique comprises entre 100 et 250mT un effet inhibiteur sur la chlorophylle A été remarqué.

Les substances métaboliques et les pigments photosynthétiques pourraient être affectés par les champs magnétiques statiques. Il a été trouvé qu'une augmentation se produit dans des réactions chimiques aux Végétaux selon les variations des champs magnétiques. Ces derniers ont des effets positifs sur l'activité photochimique, le taux de respiration et l'activité enzymatique (**Carbonell et al., 2000**). La chlorophylle est le plus important pigment assimilateur directement impliqués dans la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique au niveau moléculaire, ainsi la teneur en chlorophylle est un indicateur de la santé des végétaux et productivité. De même, les caroténoïdes jouent un rôle important dans la protection des plantes par l'intermédiaire de balayage de l'oxygène réactif (**Strzalka et al., 2003**).



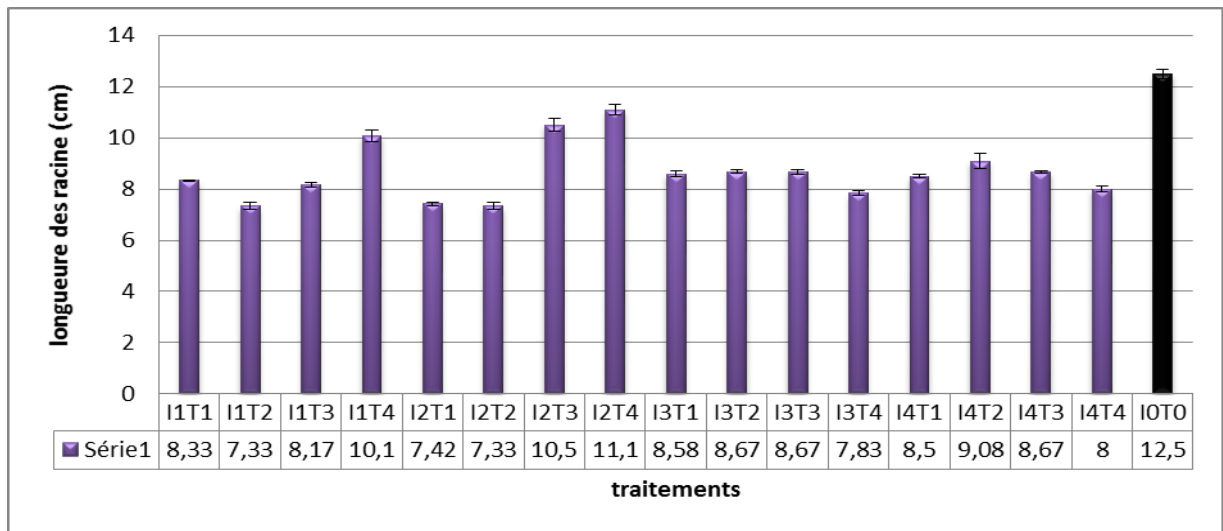
**Figure 23** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la concentration de chlorophylle de pois chiche **ILC79 31** ( $P < 0,05$ ) (Originale, 2017).



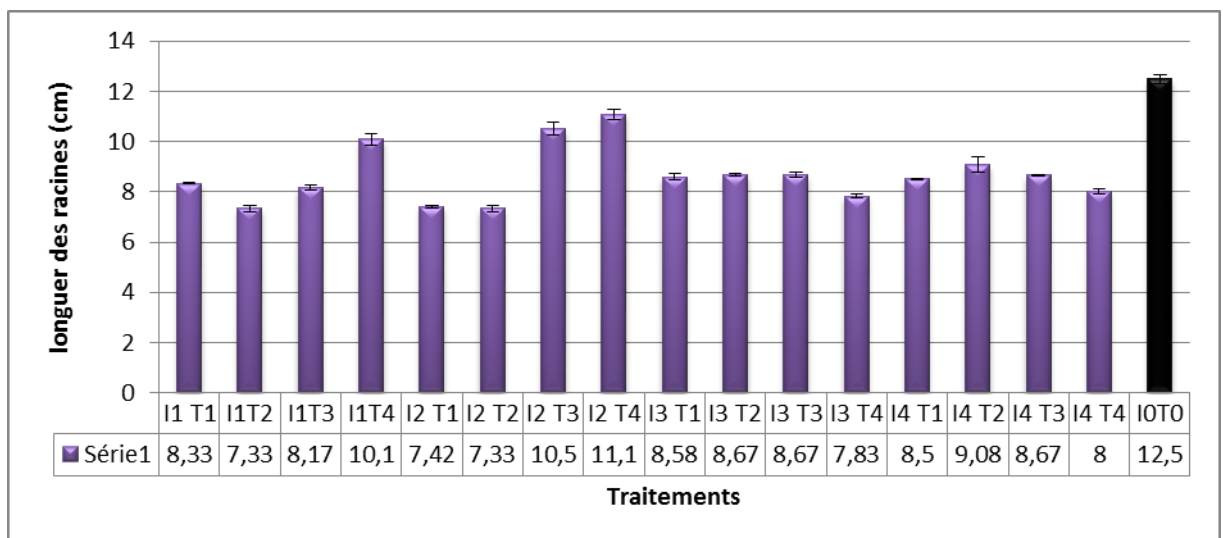
**Figure 24** : effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur la concentration de chlorophylle de pois chiche **FLIP90\13C** ( $P > 0,05$ ) (Originale, 2017).

**V.4. Effet de l'interaction «intensité-durée d'exposition aux radiations électromagnétique» sur l'élongation des racines du pois chiche pour les variétés ILC79 31 et FLIP 90\13C**

L'effet de l'exposition prolongée au champ électromagnétique sur l'enracinement de la plante est présenté dans la **Figure 25** et la **Figure 26**. Les résultats obtenus pour les deux variétés montrent clairement l'effet inhibiteur pour la plante en présence du champ magnétique qui provoque un ralentissement de l'élongation des racines par rapport au témoin qui suit normalement son enracinement.



**Figure 25 :** Effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur l'enracinement de pois chiche **ILC79 31**. ( $P>0.05$ ) (**Originale, 2017**).



**Figure 26 :** effet de l'interaction intensité-durée d'exposition sur l'enracinement de pois chiche **FLIP90\13C** ( $P<0.01$ ) (**Originale, 2017**).

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Le présent travail a pour le but de tester la possibilité de l'utilisation du champ électromagnétique comme méthode physique d'amélioration des plantes, pour maximiser sa production, accélérer le cycle végétatif et diminuer les pertes causées par les maladies.

Pour cela un champ électromagnétique a été appliqué sur deux variétés des graines du pois chiche (**ILC 79 31** et **FLIP 90\13C**), Plusieurs paramètres ont été suivis : le taux de germination, la croissance des plantules, la concentration de chlorophylle et la longueur des racines.

A fin de déterminer la part des facteurs qui peuvent influencer la repense de la culture de pois chiche à un champ magnétique, l'interaction entre l'intensité (**I1=5 mT, I2=10 mT, I3=15 mT, I4=20 mT**) et la durée d'exposition (**T1=1h, T2=2h, T3=5h, T4=8h**) ont été testés dans les mêmes conditions que le témoin.

L'analyse statistique des résultats obtenus réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA nous a permis de ressortir les éléments suivants :

Concernent la variété **ILC 79 31** :

Le traitement magnétique affecte positivement et très significativement le processus de germination, après 24h le taux de germinations été améliorée jusqu' à 17% par rapport aux graines non irradiées à une induction de 5 mT et une durée d'exposition de 1 heure. Après 72h une amélioration de 4% a été observée à une induction de 10 mT et une durée d'exposition de 1 heure, ainsi que pour une induction de 15 mT pendant 2 heures.

Les résultats obtenus affirment significativement que le pois chiche est une plante sensible à l'action du champ électromagnétique au stade de croissance, Après 4 jours de semis la valeur maximale de croissance est 4.67cm enregistré à une intensité de 5 mT et avec une durée de prétraitement de 8 heures, équivaut à une amélioration de 3cm par rapport aux graines non traité. Au 39 eme jours de croissance la valeur maximale de 54.7cm a été enregistrée à une intensité de 5 mT et une durée de prétraitement de 8 heures, équivaut à une amélioration de 11 cm par rapport aux graines témoin.

Pour la concentration de chlorophylles, les résultats obtenus affirment significativement l'amélioration jusqu'à 14.5% par rapport aux graines non traitées pour une induction de 10mT pendant 5 heures de traitement.

le traitement des résultats de l'exposition magnétique sur les racines montre qu'il n'y avait pas de signification statique ( $P > 0.01$ ).

Pour la variété **FLIP 90\13C** :

Le traitement magnétique affecte positivement de façon significative le stade de croissance. Après 25 jours de semis La valeur maximale de 35cm enregistré à une intensité

de 5 mT pendant 8 heures, et à une intensité de 10 mT pendant 2 heures, équivaut à une amélioration de 3.7cm par rapport aux graines non traité. Au 39 jours de croissance la valeur maximale de 49.7 cm a été enregistrée à une intensité de 10 mT pendant 5 heures, et à une intensité de 15 mT pendant 8 heures, équivaut à une amélioration de 6.4cm par rapport aux graines témoin.

Le traitement magnétique affecte négativement la longueur des racines. Les résultats du traitement statistique montrent clairement l'effet inhibiteur pour la plantes en présence du champ magnétique qui provoque un ralentissement de l'élongation des racines par rapport au témoin qui suit normalement son enracinement.

A la lumière des résultats obtenu nous pouvons affirmer que l'amélioration par le champ électromagnétique des gaines de pois chiche est variable selon la variété. La variété **ILC 79 31** a connu des améliorations des processus de germination, la croissance et la concentration de chlorophylle. D'autre part le champ électromagnétique n'amélioré que la croissance pour la variété de **FLIP 90\13C**.

En perspective de la présente étude, il est intéressant de mener un travail à l'échelle pilot et tester l'efficacité de ce type de radiation sur les composantes du rendement, et un suivi des paramètres physicochimiques et enzymatiques associée à chaque phase clés du cycle de la culture du pois chiche.

Cette méthode physique est non seulement rentable, elle améliore également de manière significative le rendement sans compromettre l'environnement.



**RÉFÉRENCE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

- **Abazar H., Majid V., Faezech G., Hassan J., Bahareh N. 2010:** Growth promotion and a decrease of oxidative stress in maize seedlings by a combination of geomagnetic and weak electromagnetic fields. *55*,123-128p.
- **Abdelguerfi A., Laouar M., Hamdi N., Bouzid H., Zidouni F., Laib M., Bouzid Abdul Q Et Hoszayn M., 2010:** Magnetic water technology, a novel tool to Increase Growth, yield and Chemical Constituent of Lentil (*lens esculenta*) under Greenhouse Condition Am-Euras. *J.Agric ET Environ. Sci.* **7**(4), 457-462p.
- **Ahmad F., Gaur P.M. and Slinkard A.E., 1992:** Isoenzym polymorphism and phylogenetic interpretations in the genus *Cicer* L. *Theoretical Applied Genetics.* **83**, 620- 627p.
- **Ahmad F., Slinkard A.E. and Scoles G.J., 1988:** Investigations into the barrier to interspecific hybridization between *Cicer arietinum* L. and eight other annual *Cicer* species. *Plant Breeding*, **100**: 193–198p.
- **Akhtar Ayyub M., 2001:** Evaluation of chickpea germplasm, fungitoxicant, organic and inorganic material for the management of wilt *Fusarium oxysporum f. sp ciceris*. Thèse de Doctorat. Université de l'agriculture, Faisalabad, Pakistan; 132 p.
- **Aladjadjiyan A., 2007.** The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture.* **44**, 369p.
- **Aladjadjiyan, A., 2002.** Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*. *Journal of Central European Agriculture.* **3**(2), 89-94p.
- **Ananta V. K., Joshi R., Singh Z. 2002:** Water Distribution during Germination in Sunflower (*Helianthus annus* L.) *Seeds Exposed to magnetic Field.* 162-169p.
- **Applebaum D.J., 1990:** Flood, solar radiation on mars. *Solar energy.* **45**(6), 353-363p.
- **Bamouh A., Noufiri H., Zeggaf T. et Moutawakil H., 2002:** Développement et application d'un modèle de simulation du bilan hydrique (AGROSIM) à la prévision des rendements de la fève et du pois chiche en zone semi-aride marocaine. Proceedings de la Conférence Internationale ; Politiques d'irrigation : *Considérations micro et macroéconomiques.* Agadir, Maroc : 638-665p.
- **Baumgartner A., 1998 :** Le pois chiche : la viande des pauvres. *Tabula.* **3**, 16–19p.
- **BBEMG , 2010:** «Notions de base », from <http://WWW.bbemg.ulg.ac.be/>.
- **Beckerman K., 2005:** The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patient with COPD. *Journal Official of the American College of the Chest Physician.* **128**(5),177-182p.
- **Beckerman, M., Magadle, R., Weiner, M., & Weiner, P., 2005:** The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patients with COPD. *CHEST Journal.* **128**(5), 3177-3182p.
- **Beddar N., 1990 :** Influence de l'effet inoculation par différentes souches de rhizobium sur l'élaboration du rendement chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), Variété ILC 3279. Mémoire d'ingénieur agronome, Sétif. 81 p.
- **Belyavskaya N., 2004:** Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Space life science: Life supports systems and biological systems under influence of physical.* **34**(7), 1566-1574.
- **Belyavskaya N., Fomicheva V.N., Govorun R.D., Danilov V.I., 1992:** Structural-functional organisation of the meristem cells of pea, lentil and flax roots in conditions of screening the geomagnetic field. *Biophysics.***37**, 57-66p.

- **Berger J., Abbo S. and Turner N.C., 2003:** Ecogeography of annual wild *Cicer* species: The poor state of the world collection. *Plant Genetic Resources. Crop Sci.***43**, 1076-1090.
- **Blank M., 1995:** Biological effects of environmental electromagnetic fields: molecular mechanisms, *Biosystems.* **35(2-3)**, 175-178.
- **Bonn F., Rochon G., 1992 :** Précis de télédétection. Volume 1 : Principes et méthodes. 2<sup>ème</sup>Ed. AUPLEF-UREF. Presses de l'Université du Québec, 1996. Montréal. 485p.
- **Bourget S., 2011 :** Evaluation de l'effet des champs magnétiques statiques sur le murissement et la sénescence des tomates en post-récolte, thèse de doctorat. University de Laval. 118p.
- **Bouznad Z., Maatogui M.E.H. et Labdi M., 1996 :** Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Algérie. In : Ezzahiri B., Lyamany A., Farih A. et El Lyamany M. Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires IMP, El Maarif Al Djadida, Rabat, Maroc .13-19p.
- **Braun Ph., Planquaert Ph. et Wery J., 1988 :** Le pois chiche : Utilisation. Ed. ITCF, Montpellier, France ; 11 p.
- **Britt A. B., 1996:** DNA damage and repair in plants. *Annual Review of plant Physiology and plant Molecular Biology.* **47(1)**, 75-100p.
- **Brown N., 1962:** Responses of the planarian, *Dugesia*, and the protozoan, *Paramecium*, to very weak horizontal magnetic fields. *The Biological Bulletin.* **123(2)**, 264-281p.
- **Burr H.S., Northrop F., 1935:** The electro-dynamic theory of life. *The quarterly Review of Biology* **10**, 322-333.
- **Carbonell G E., Martinez, H.M. Amaya, U., 2000:** Stimulation of germination in rice (*Oryza Sativa* L.) by a static magnetic field, *Electro- and magnetobiology.* **19(23)**, 128p.
- **Carbonell M.V., Martinez E., Florez M., Maqueda, R., Lopez P. A., Amaya, J. M., 2008:** Effects of magnetic field treatments improve germination and seedling growth in *Festuca arundinacea* Schreb, and *Lolium perenne* L. *Seed science and technology.* **36(1)**, 31-37p.
- **Celik., Buyukuslu N., Ntak C., Rzakoulieva A., 2009:** Effect of magnetic field on activity of superoxide dismutase and catalase in *Glycine max* (L) Merr. Roots. *Polish journal of Environmental studies.* **18(2)**, 175-182p
- **Collins D.R., Pelletier, J.G., Pare, D., 2001 :** Slow and fast (gamma) neuronal oscillations in the perirhinal cortex and lateral amygdala. *J Neurophysiology.* **85(4)**, 1661-1672p.
- Consensus Scientifique sur les champs statiques. 2017 : <http://www.greenfacts.org/fr/champs-statiques/>.
- **Cullity B.D., Graham C.G., 2009:** *Introduction to magnetic materials*, Wiley. 2<sup>ED</sup>. WILEY "A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 568p.
- **Cwintal M., Dzwulska, Hunek A., Wilczek M., 2010:** Laser stimulation effect of seeds on quality of alfalfa. *International Agrophysics.* **24(1)**:15-19p.
- **Dhawi, F., & Al-Khayri, J. M., 2009a:** The effect of magnetic resonance imaging on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) elemental composition. *Communications in Biometry and Crop Science.* **4(1)**, 14-20p.

- **Dhawi, F., Al-Khayri, J. M., & Hassan, E., 2009b:** Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. **5(2)**, 161-166p.
- **Djenni F., 2003 :** Etude d'une structure de peuplement pour l'amélioration du rendement de la culture du pois chiche dans la zone subhumide. *Céréaliculture, revue technique et scientifique*, ITGC. 39p.
- **El Houssine T., Abdelmajid B., Khadija S., 1998:** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*. **10**, 81-87p.
- **EL Yamani Mounia., 2006 :** Definition champs electromagnetiques , Relecteur :christopheGoeury (ENSP) et Renè de Seze (Ineris). :clara Galland et Olivier Merckel (Afsset). 1<sup>ere</sup>Ed. Relecture Jean-Caude Debouzy (CRSSA) et Français.Gaudaire (CSTB).1-6p.
- **Galland P.Pazur A., 2005:** Magneto reception in plants. *Journal of plant research*. **118(6)**, 371-389p.
- **Gan Y.T., Miller P.R., Liu P.H., Stevenson F.C., and Mcdonald C.L., 2002:** Seedling emergence, pod development and seed yields of chickpea and dry pea in a semi-arid environment. *Can. J. Plant Sci.*, **82(3)**, 531-537p.
- **Gholami, A., Sharafi, S., & Abbasdokht, H., 2010:** Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. **4(8)**, 279-282p.
- **Green, L. M., Miller, A. B., Agnew, D. A., Greenberg, M. L., Li, J., Villeneuve, P. J., & Tibshirani, R., 1999:** Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes and Control*. **10(3)**, 233-243p.
- **Guignard J.L., 1980 :** Abrégé de botanique. 4ème ed. Masson, Paris. 259 p.
- **Hamadache A. et Kheddam M., 1999 :** Contraintes au développement durable des légumineuses alimentaires en Algérie. In : Labdi M., Maatougui E.H., Bouznad Z., Benabdelli k. et Bensedik K. Les légumineuses alimentaires en Algérie : Situation actuelle et perspectives. Ed. ITGC, El-Harrach, Algérie.76-83p.
- **Harlan J.R. and Wet J.M.J., 1971:** To warda rational classification of cultivated plants. *Taxonomy*, **20**,509- 517p.
- **Hofmann G.A., 1985:** Deactivation of microorganisms by an oscillating magnetic field. US patent n° 4524079.
- **ICARDA., 1992:** Annual Report for 1992: International Center for Agricultural Research in Dry Areas, Aleppo, Syria. 145p.
- **ITGC., 2011 :** La lentille et le pois chiche pour une conduite mécanisée. ITGC, Algérie ; 29 p.
- **ITGC., 2013 :** La culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). ITGC, Algérie; 5p.
- **Jaiswal R. and Singh N.P., 2001:** Plant Regeneration from NaCl Tolerant Callus/Cell Lines of Chickpea, International Chickpea and Pigeonpea, Newsletter **8**,ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 73 p.
- **Jansen, M. A., 2002:** Ultraviolet-B radiation effects on plants: induction of morphogenic responses. *Physiologia Plantarum*. **116(3)**, 423-429p.

- **Kalinin L., Boshkova I., 2003:** *Physical model of the plant tissue response to exposure to the microwave electromagnetic field.* Biofizika. **48**,122-124p.
- **Kamel M., 1990.** Winter chickpea: Status and prospects. Option Méditerranéenne-Séries Séminaires **9**, 145-150.
- **Kassem Z., Lev-Yadun S., Goper A., Weinberg P. and Abbo S., 2006:** Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. *Journal of Archaeological Science*: 1-5p.
- **Kato M., 2006:** *Electromagnetics in Biology.* 1<sup>ère</sup> Ed. Springer. School of Medicine, Hokkaido University Japan. 31-32p.
- **Khelil M.A., 1977 :** Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre le bruché du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleopterae: Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Thèse Ing. Agr.INA, 77p.
- **Kinouchi Y.,Tanimoto S.,Ushita,T.,sato ,k.,yamaguchi,h.,Andmiyamoto,H.,1988:** Effect of static magnetic fields on diffusion in solutions,bioelectromagnetics. (**9**), 159-166p.
- **L ET ZINE F., 2001 :** Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation, état des ressources phylogénétiques et cas du pois chiche à Bejaia. 3<sup>èmes</sup> Journées Scientifiques de l'INRAA à Bejaia, 11-13 Avril 2001.
- **Labdi M., 1990:** Chickpea in Algeria. In: Saxena N.P., Saxena M.C., Jouhansen C., Virmani S.M. et Harris H. Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa region. ICARDA- ICRISAT: 137-140p.
- **Labdi M., 1995 :** Etude de la résistance à l'anthracnose (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.) chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Thèse Doctorat, ENSA, Montpellier, France. 155 p.
- **Ladizinsky G. and Alder A., 1976:** Genetic relationships among annual species of *Cicer arietinum* L. *Theoretical Applied Genetics.* **48**, 197-204p.
- **Ladizinsky G., 1987:** Pulse domestication before cultivation. *Econ. Bot.* **41**, 60-65p.
- **Ladizinsky G., 1989:** Pulse domestication: Fact and Fiction. *Econ. Bot.* **43**,131-133p.
- **Laumont P., et Chevassus A., 1956 :** Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie. Institut Agricole d'Algérie. Maison-carrée, Alger .24 p.
- **Leport L., Turner N.C., Davies S.L. and Siddique K.H.M., 2006:** Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Europ. J. Agronomy.* **24**, 236-246p.
- **Lillesand T.M., Kiefer R.W., 1987:** Remote Sensing and Image Interpretation. 2<sup>ème</sup> Ed. John Wiley & Sons. 736p.
- **Loomis R. S. and Connor D.J., 1992:** Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press.538p.
- **Martha Bridge Denckla., Naming., 1976:** Of object-drawings by dyslexic and other learning disabled children. *Brain and Language* **3(1)**: 15p.
- **Masamichi.kato., 2006.** Bioelectromagnetics in biology. *Electromagnetics in Biology.* Springer link.324p.
- **McCaig C.D., Rajnicek A.M., Song B., Zhao M., 2005:**controlling cell behavior electrically: current views and future potential. *Physiol. Rev.* **85** (3), 943-978p. URL.2017.  
<http://physrev.physiology.org/cgi/content/abstract/85/3/943>.

- **Medvedev S., 2005:** Calcium signaling system in plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. **52(2)**, 249–270p.
- **Mercedesmores, Elviramartnes, Maria Victoria, Carbonel.L., 2011:** Effet of magnetic field traitement on germination medical plants *Salvia Officinalis L, Calendilla Officinalis L.* **2** , 57-63.
- **Mernis François, 1999 :** *champs électromagnétiques and Qualité Environnement batiment*, mémoire de formation HQE d'Architecture de Lyon. 68p
- **Moreno M.T. and Cubro J.L., 1978:** Variation in *Cicer arietinum L. Euphytica.*, **27**, 46 AAC, **2004.** Pois chiche: Situation et perspectives. *Le bulletin bimensuel*, **17(15)** ,485p.
- **Mornet S., 2006:** magnetic nanoparticle design for medical applications. *Progress in Solid State Chemistry*. **34(2–4)**, 237-247p.
- **Muszynski S. M., Gago., Pietruszewski., 2009:** Short-term pre-germination exposure to ELF Magnetic field does not influence seedling growth in durum wheat (triticum durum). *Polish J. of Environ. Stud.* **18(6)**,1065-1072p.
- **Nikhil parsi, 2007:** *Electromagnetic effects on soybeans*, A Thesis Presented To the faculty of the Graduate School University Of Missouri – Colombia. 77p.
- **Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D., 2010 :** Germination—still a mystery. *Plant Science*. **179(6)**, 574-581p.
- **OMS “organisation Mondiale de la Santé “, 2017 :** <http://www.who.int/fr/>
- **Parsi K. T., Exner D.E., Connor D., Mal F., J.I. Joseph., 2007 :** In vitro effects of detergent sclerosants on coagulation, platelets and microparticles. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. **34(6)**,731p.
- **Pasky K., Thuroczy G., Forgacs Z., Lazar P., Gaàti I., 2000:** Influence of sinusoidal 50-HZ magnetic field on cultured human ovarian granulosa cells. *Electromagnetic biology and medicine*. **19(1)**, 91-97p.
- **Penuelas J., J. Llusia , et al. 2004 :** “ Diamagnetic susceptibility and root growth responses to magnetic fiels in *lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum*. ”. *Electromagnetic Biology and Medicine* **23(2)**, 97-112p.
- **Phirke, S. P. Umbarkar., 1998:** Influence of magnetic treatment of oilseed on yield and dry matter. *PKV Research journal*. **22 (1)**: 130-132p.
- **Pietruszewski S., Muszynski A., Dziwuklska., 2007:** Electromagnetic fields and electromagnetic radiation as non-invasive external stimulants for seeds (selected methods and responses). *International agrophysics*. **21(1)**, 95-100p.
- **Pilla D, D.J. Muehsam, M.M. Markov., 1997:** A dynamical systems/Larmor precession model for weak magnetic field bio effects: ion binding and orientation of bound water molecules. *Bioelectrochemistry and bioenergetics*. **43(2)**, 239-249p.
- **Plancquaert PH. et Wery J., 1991 :** Le pois chiche : Culture et utilisation. Brochure Ed. ITCF, Paris, France. 11 p.
- **Poitier G.A., 1981 :** Flore de la Tunisie. 2 tomes, 1190 p.
- **Potenza L., Ubaladi L., de sanctis R., de bellis R., Cucchiarini L., Dacha M., 2004 :** Effects of a static magnetic field on cell growth and gene expression in *escherichia coli*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. **561(1)**, 53-62p.

- Pothakamury U.R., Barbosa-Canovas G.V., Swanson B.G., 1993 : Magnetic-Field inactivation of microorganisms and generation of biological changes. *Food Technology*, (47), 85-93.
- **Racuciu M.,(2011)**: 50 HZ Frequency magnetic field effects on mitotic activity in the maize root. *Romanian Journal of biophysics*. **21(10)**, 53-62p.
- **Racuciu M., Cuza I., Samuil I., 2006** : Plant growth under static magnetic field influence “ Lucian Blaga “ University, Faculty of Science, Dr. I. Ratiu street, No. 5-7, 550024. **53 (1-2)**, 353-359p.
- **Redden R.J. and Berger J.D., 2007**: History and origin of chickpea. Chickpea breeding and management. *Pathol.*, **42**: 172–180p.
- **Reina F., Pascual et al., 2001**: “ Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental results.” *Bioelectromagnetics* **22(8)**: 596-602p.
- **Roberts E.H., Summerfield R.J., Minchin F.R. et Haley P., 1980**: Phenology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in contrasting aerial environments. *Experimental Agriculture*. **16**, 343-360p.
- **Rochalska and Grabowska K., 2007**: “influence of magnetic fields on the activity on enzymes: alpha- and beta-amylase and glutathione S-transferase (GST) in wheat plants “. *International agrophysics*. **21(2)**:185-188p. .
- **Roux D .2008** : Évènements moléculaires chez *Lycopersicon esculentum* après exposition à des rayonnements électromagnétiques haute fréquence. Thèse doctorat. L’Université Blaise Pascal. 26p.
- **Ryan W., Hunt., Zavalin A., Bhatnagar A., Chinnasamy S., Keshav C. DAS., 2009**: Electromagnetic biostimulation of living cultures for biotechnology, *biofuel and bioenergy application int.Mol.Sci.* **10 (10)**,4515-4558p.
- **Saccardo F. and Calcagno F., 1990**: Consideration of chickpea plant ideotypes for spring and winter sowing. *Options Méditerranéenne – Série Séminaires*. **9**,35-41p.
- **Sahebamei H.,Abdolmaleki P., Ghanati F., 2007**: Effects of static magnetic field on the antioxidant enzymes activities of suspension-cultured tobacco cells. *Bioelectromagnetic*. **28(1)**, 42-47p.
- **Sassene A., 1989** : Etude de la fertilisation et de l’inoculation du pois chiche. Mémoire d’Ingénieur en Agronomie, INA, Algérie. 77p.
- **Saxena M.C., 1987**: Agronomy of chickpea. *In* Saxena M.C. and Singh K.B. The Chickpea. Wallingford,UK, CAB International. 207-232p.
- **Saxena N.P., 1984**: Chickpea. *In*: Goldsworthy P.R., Fisher N.M. The Physiology of Tropical Field Crops. 419-452.
- **Silim S.N. et Saxena M.C., 1993**: Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. Response to moisture supply, *Field Crops Research*. **34**, 121-136p.
- **Singh K., 1995**: Germplasm Enhancement. *In*: Germplasm program legumes. Annual report for 1995. ICARDA, Aleppo, Syria, 22-24p..
- **Singh K.B. and Ocampo B., 1993**: Interspecific hybridization in annual *Cicer species*. *J. Gent. Breeding*. **47**, 199- 204p.
- **Singh K.B. and Reddy M.V., 1991**: Advances in disease-resistance breeding in chickpea. *Advances in agronomy*. **45**, 191-222p.
- **Singh K.B., 1997**: Chickpea (*Cicer arietinum* L). *Field Crops Research*. **53**, 161-170p.

- **Slama F., 1998** : Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe ,300 p.
- **Soltani A., Ghassemi-Golezani K., Khoorie F.R. and Moghaddam M., 1999**: A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Research*. **62**, 213-224p.
- **Srobàr F., 2009**: Occupation-dependent access to metabolic energy in frohlich systems. *Electromagnetic biology and medicine*. **28(2)**, 194-200p.
- **Strzalka K., Kostecka-Guga A., Latowski D., 2003**: Carotenoids and environmental stress in plants: Significance of carotenoid-mediated modulation of membrane physical properties. *Russ J plant physiol*. **50(2)**, 168-173p.
- **Summerfield R. J., Minchin F.R., Roberts E.H. and Hadley P., 1979**: The effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Proceedings international workshop on chickpea improvement. Ed. ICRISAT: 121-144p.
- **Summerfield R.J., Hadley P., Roberts E.H., Minchin F.R. and Rawthorne S., 1984**: Sensitivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to hot temperatures during the reproductive period. *Exp. Agric*. **20**, 77-93p.
- **Tarlochan S. Mahajanlet O.P. Pandey., 2012**: Magnetic-time model for seed germination **18**, 415-421p.
- **Teichmann., E. M., Hengstler., J. G., Schreiber., W. G., Akbari, W., Georgi., H., Hehn., M., ... & Thelen M., 2000, November**: Untersuchung eines möglichen mutagenen Potenzials von Magnetfeldern. In R6Fo-Fortschritte auf dem Gebiet der R6ntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren. Georg Thieme Verlag Stuttgart· New York. **172(11)**,934-939p.
- **Terbbi F. Borghini, et al., 2007**: “ Extremely low frequency weak magnetic fields enhance resistance of NN tobacco plants to tobacco masaic virus and elicit stress-related biochemical activities.” *Bioelectromagnetics*. **28 (3)**, 214-223p.
- **Torbet J et Maret G., 1979**: Fibers of highly oriented pfl bacteriophage produced in a strong magnetic field. *J.Mol. Biol*. **143(4)**, 843-845p.
- **Tremblin G et Binet P., 1984** : Halophilie et r6sistance au sel chez Halopepelisamplexicaulis ( Vahl) Ung. *Oecol. Plant*, **10**,291-293p.
- **Vander-Maessen L.J.G., 1972**: Origin, history and taxonomy of chickpea. *In*: Saxena M.C. et Singh K.B. The chickpea. Ed. ICARDA, Aleppo, Syria, 11- 17p.
- **Vander-Maessen L.J.G., 1979**: Genetic resources at ICRISAT. *Int. Chickpea Newsletter* 1-2p.
- **Vanier P., 2005** : Le pois chiche au fil du temps : Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique et 6cologique et environnement. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Universit6 Laval, 11p.
- **Verghis T.I., Mckenzie B.A. and Hill G.D., 1999**: Phenological development of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of crop and Horticultural Science*, **27**,249-256p.
- **Volpe P., 2003**: Interactions of zero-frequency and oscillating magnetic fields with biostructures and biosystems. *Photochemical and photo biological sciences*. **2(6)**, 637-648p.
- **Wadas R.S., 1992**: Biomagnetism. Physics and Its Applications.Ellis Horwood Publ., New York.



- **Weitbrecht K., Muller K., Leubner-Metzger G., 2011.**First off the mark: early seed germination. *J. Experimental Botany*. **62(10)**, 3289-3309p.
- **Wery J., 1986:** Un pois pas si chiche que cela ! Bulletin FNAMS; *Semences*. **97**, 32-35p.
- **Wery J., 1990:** Adaptation to frost and drought stress in chickpea and implications in plant breeding. *In*: Saxena M.C, Cubero J.I. and Wery. Present status and future prospects of chickpea crop production and improvement in the Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, Série Séminaires 9, CIHEAM, Paris,77-85p.
- **Wildi, T. and G. Sybille. 2003 :** *Electrotechnique*: 3<sup>eme</sup> Ed, De boeck Université, 1161 p.
- **Yamasaki A.,T. Takahashi, T. Suzuki, T. Fujiwara, M. Hirakawa, E. Ohmori, R.Akagi., 2001 :** Differential effects of isoflurane and halothane on induction of heat shock proteins. *biochem.Pharmacol.* **62(3)**, 375-382p.
- **Yano A., Ohashi Y.,Hirasaki T., Fujiwara K., 2004 :** Effects of a 60HZ magnetic field on photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake and early growth of seedlings. *Bioelectromagnetics*. **25(8)**, 572-581p.

# ANNEXES

**Annexes 1 :** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 24h à différentes durées et intensités.

Traitement	Moyen	Taux de germination	Ecart type
I1T1	3	30%	26,5%
I1T2	4,33333333	43%	15,3%
I1T3	1,66666667	17%	15,3%
I1T4	2,66666667	27%	11,5%
I2T1	6	60%	10,0%
I2T2	2,33333333	23%	15,3%
I2T3	1,66666667	17%	15,3%
I2T4	3,33333333	33%	5,8%
I3T1	2,66666667	27%	11,5%
I3T2	0,66666667	7%	11,5%
I3T3	3,66666667	37%	28,9%
I3T4	4,33333333	43%	5,8%
I4T1	4	40%	10,0%
I4T2	5	50%	0,0%
I4T3	2	20%	17,3%
I4T4	2,33333333	23%	15,3%
I0T0	4,33333333	43%	15,3%

**Annexes 2:** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 48h à différentes durées et intensités.

Traitement	Moyenne	Taux de germination	Ecart type
I1T1	8,33333333	83%	5,8%
I1T2	9	90%	10,0%
I1T3	8,33333333	83%	15,3%
I1T4	8	80%	10,0%
I2T1	9,33333333	93%	5,8%
I2T2	8,66666667	87%	5,8%
I2T3	7,33333333	73%	11,5%
I2T4	8,66666667	87%	5,8%
I3T1	9,33333333	93%	11,5%
I3T2	8	80%	26,5%
I3T3	8,33333333	83%	15,3%
I3T4	8,33333333	83%	11,5%
I4T1	8,33333333	83%	5,8%
I4T2	8,33333333	83%	15,3%
I4T3	7	70%	10,0%
I4T4	7,66666667	77%	15,3%
I0T0	8	80%	17,3%

**Annexes 3:** Taux de germination des grains de pois chiche ILC 79 31 après 72h à différentes durée et intensité.

traitement	moyenne	taux de germination	Ecart type
I1T1	8,3333333	83%	5,8%
I1T2	9	90%	10,0%
I1T3	9	90%	10,0%
I1T4	9	90%	0,0%
I2T1	9,6666667	97%	5,8%
I2T2	8,6666667	87%	5,8%
I2T3	8,3333333	83%	15,3%
I2T4	8,6666667	87%	5,8%
I3T1	9,3333333	93%	11,5%
I3T2	9,6666667	97%	5,8%
I3T3	9,3333333	93%	5,8%
I3T4	9,3333333	93%	5,8%
I4T1	9	90%	10,0%
I4T2	9	90%	10,0%
I4T3	8,3333333	83%	11,5%
I4T4	8,3333333	83%	5,8%
I0T0	9,3333333	93%	5,8%

**Annexes 4:** moyenne et écart-type de la Concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31 à différentes durée et intensité.

Traitement	Moyenne	Ecart type
I1T1	4,712613	11,5%
I1T2	6,033984	1,4%
I1T3	5,113108	19,7%
I1T4	3,876949	13,4%
I2T1	5,612314	12,3%
I2T2	5,802847	6,6%
I2T3	7,132054	16,4%
I2T4	4,864796	23,8%
I3T1	5,945024	11,4%
I3T2	3,861436	26,4%
I3T3	6,00659	12,2%
I3T4	6,130434	19,2%
I4T1	1,216334	2,7%
I4T2	3,298902	28,8%
I4T3	6,471697	11,3%
I4T4	5,398886	29,2%
I0T0	5,683702	2,0%

**Annexes 5** : moyenne et écart-type da la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 4 jours de plantation à déférentes durée et intensité.

<b>traitement</b>	<b>moyenne</b>	<b>Ecart type</b>
I1T1	2	5,8%
I1T2	4	5,8%
I1T3	3	10,0%
I1T4	1	5,8%
I2T1	4	5,8%
I2T2	4	5,8%
I2T3	5	10,0%
I2T4	5	10,0%
I3T1	6	5,8%
I3T2	3	5,8%
I3T3	3	11,5%
I3T4	0	15,3%
I4T1	3	5,8%
I4T2	3	17,3%
I4T3	4	17,3%
I4T4	4	0,0%
I0T0	4	5,8%

**Annexes 6**: moyenne et écart-type da la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 25 jours de plantation à déférentes durée et intensité.

<b>Traitement</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>
I1 T1	39,3333333	37,9%
I1T2	42	26,5%
I1T3	41,3333333	41,6%
I1T4	39,6666667	55,1%
I2 T1	40,3333333	11,5%
I2 T2	44	26,5%
I2 T3	38,3333333	40,4%
I2 T4	39	20,0%
I3 T1	40	0,0%
I3 T2	40,6666667	77,7%
I3 T3	41,6666667	25,2%
I3 T4	40	30,0%
I4 T1	35,3333333	45,1%
I4 T2	34,6666667	32,1%
I4 T3	30	34,6%
I4 T4	38	30,0%
I0T0	37	0,0%

**Annexes 7:** moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 39 jours de plantation à différentes durées et intensités.

Traitement	moyenne	Ecart type
I1T1	47,6666667	5,8%
I1T2	52	34,6%
I1T3	49	45,8%
I1T4	54,6666667	35,1%
I2T1	52	17,3%
I2T2	54,3333333	15,3%
I2T3	48,6666667	37,9%
I2T4	47,6666667	30,6%
I3T1	47	36,1%
I3T2	48,3333333	20,8%
I3T3	51,6666667	5,8%
I3T4	50	20,0%
I4T1	45	36,1%
I4T2	41,6666667	20,8%
I4T3	33,6666667	28,9%
I4T4	43,3333333	41,6%
I0T0	43,6666667	5,8%

**Annexes 8:** moyenne et écart-type de la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC 79 31 à différentes durées et intensités.

Traitement	Moyenne	Ecart type
I1T1	8,3333333	1,4%
I1T2	7,3333333	14,4%
I1T3	8,1666667	9,5%
I1T4	10,08333	22,7%
I2T1	7,4166667	6,3%
I2T2	7,3333333	12,6%
I2T3	10,5	26,5%
I2T4	11,08333	21,0%
I3T1	8,5833333	12,6%
I3T2	8,6666667	6,3%
I3T3	8,6666667	8,8%
I3T4	7,8333333	8,8%
I4T1	8,5	5,0%
I4T2	9,0833333	29,8%
I4T3	8,6666667	2,9%
I4T4	8	10,0%
I0T0	12,5	18,0%

**Annexes 9:** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 24h pour ILC79 31.

Effet	période	germination 24H SS	germination 24H MS	germination 24H F	germination 24H p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	67,8542	7,539352	3,286384	0,005549
Erreur	34	78,0000	2,294118		
Total	50	169,4118			

**Annexes 10 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 48h pour ILC79 31.

Effet	période	germination 48H SS	germination 48H MS	germination 48H F	germination 48H p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	6,85417	0,761574	0,462384	0,889399
Erreur	34	56,00000	1,647059		

**Annexes 11:** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 72h pour ILC79 31.

Effet	période	germination 72H SS	germination 72H MS	germination 72H F	germination 72H p
Interception	0				
intensité	0				
temps	0				
intensité*temps	9	67,8542	7,539352	3,286384	0,005549
Erreur	34	78,0000	2,294118		
Total	50	169,4118			

**Annexes 12 :** Effet du champ électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31.

Effet	période	[chlorophylle] SS	[chlorophylle] MS	[chlorophylle] F	[chlorophylle] p
<b>Interception</b>	0				
<b>intensité</b>	0				
<b>temps</b>	0				
<b>intensité*temps</b>	9	52,7886	5,865399	2,391197	0,028426
<b>Erreur</b>	40	98,1165	2,452913		
<b>Total</b>	56	196,4307			

**Annexes 13 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 (après 4jours de plantation).

Effet	période	Croissance 4jrs SS	Croissance 4jrs MS	Croissance 4jrs F	Croissance 4jrs p
<b>Interception</b>	0				
<b>intensité</b>	0				
<b>temps</b>	0				
<b>intensité*temps</b>	9	24,35417	2,706019	2,936318	0,010911
<b>Erreur</b>	34	31,33333	0,921569		
<b>Total</b>	50	78,03922			

**Annexes 14:** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 (après 25jours de plantation).

Effet	Période	Croissance 25jr SS	Croissance 25jr MS	Croissance 25jr F	Croissance 25jr p
<b>Interception</b>	0				
<b>Intensité</b>	0				
<b>temps</b>	0				
<b>Intensité*temps</b>	9	194,3542	21,59491	2,039519	0,064873
<b>Erreur</b>	34	360,0000	10,58824		
<b>Total</b>	50	805,9216			



**Annexes 15:** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 (après 39jours de plantation)

<b>Effet</b>	<b>période</b>	<b>Croissance 39jrs SS</b>	<b>Croissance 39jrs MS</b>	<b>Croissance 39jrs F</b>	<b>Croissance 39jrs p</b>
<b>Interception</b>	0				
<b>intensité</b>	0				
<b>temps</b>	0				
<b>intensité*temps</b>	9	352,167	39,12963	4,762795	0,000386
<b>Erreur</b>	34	279,333	8,21569		
<b>Total</b>	50	1569,333			

**Annexes 16:** effet du champ électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC79 31

<b>Effet</b>	<b>Période</b>	<b>Longueur racines SS</b>	<b>longueur racines MS</b>	<b>longueur racines F</b>	<b>longueur racines p</b>
<b>Interception</b>	0				
<b>intensité</b>	0				
<b>temps</b>	0				
<b>intensité*temps</b>	9	39,1367	4,348524	1,919089	0,082515
<b>Erreur</b>	34	77,0417	2,265931		
<b>Total</b>	50	173,1691			

**Annexes 17:** Effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 24H (tableau de l'homogénéité)

Intensités	Temps	Germination 24h Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
I3	T2	0,666667	****				
I2	T3	1,666667	****	****			
I1	T3	1,666667	****	****			
I4	T3	2,000000	****	****	****		
I4	T4	2,333333	****	****	****		
I2	T2	2,333333	****	****	****		
I3	T1	2,666667	****	****	****	****	
I1	T4	2,666667	****	****	****	****	
I1	T1	3,000000	****	****	****	****	
I2	T4	3,333333		****	****	****	
I3	T3	3,666667		****	****	****	****
I4	T1	4,000000		****	****	****	****
I3	T4	4,333333			****	****	****
I0	T0	4,333333			****	****	****
I1	T2	4,333333			****	****	****
I4	T2	5,000000				****	****
I2	T1	6,000000					****

**Annexes 18 :** Effet des champs électromagnétiques sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 48H (tableau de l'homogénéité)

Intensités	Temps	Germination 48H Moyenne	Groupe 1	Groupe 2
I4	T4	7,000000	****	
I2	T4	7,333333	****	****
I0	T0	7,666667	****	****
I2	T1	8,000000	****	****
I3	T3	8,000000	****	****
I1	T1	8,000000	****	****
I1	T2	8,333333	****	****
I4	T1	8,333333	****	****
I4	T2	8,333333	****	****
I4	T3	8,333333	****	****
I1	T4	8,333333	****	****
I3	T4	8,333333	****	****
I3	T1	8,666667	****	****
I2	T3	8,666667	****	****
I1	T3	9,000000	****	****
I3	T2	9,333333		****
I2	T2	9,333333		****

**Annexes 19:** Effet des champs électromagnétiques sur la germination des grains du pois chiche ILC79 31 après 72H (tableau de l'homogénéité)

Intensité	Temps	Germination 72h Moyenne	Groupe 1
I2	T3	8,333333	****
I4	T4	8,333333	****
I4	T3	8,333333	****
I1	T1	8,333333	****
I2	T2	8,666667	****
I2	T4	8,666667	****
I4	T1	9,000000	****
I4	T2	9,000000	****
I1	T2	9,000000	****
I1	T3	9,000000	****
I1	T4	9,000000	****
I3	T1	9,333333	****
I3	T3	9,333333	****
I3	T4	9,333333	****
I0	T0	9,333333	****
I2	T1	9,666667	****
I3	T2	9,666667	****

**Annexes 20 :** Effet de champs électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche ILC 79 31

Intensités	Temps	Concentration de Chlorophylle Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
I4	T1	1,216334	****			
I4	T2	3,298902	****	****		
I3	T2	3,861436	****	****	****	
I1	T4	3,876949	****	****	****	
I1	T1	4,712613		****	****	****
I2	T4	4,864796		****	****	****
I1	T3	5,113108		****	****	****
I4	T4	5,398886		****	****	****
I2	T1	5,612314		****	****	****
I0	T0	5,683702		****	****	****
I2	T2	5,802847		****	****	****
I3	T1	5,945024		****	****	****
I3	T3	6,006590		****	****	****
I1	T2	6,033984		****	****	****
I3	T4	6,130434			****	****
I4	T3	6,471697			****	****
I2	T3	7,132054				****

**Annexes 21:** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 après 4 jours de plantation

Intensité s	Temp s	croissance 4jrs moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Group e 3	Groupe 4
I0	T0	1,666667	****			
I1	T1	1,666667	****			
I2	T4	2,000000	****	****		
I2	T3	2,000000	****	****		
I4	T3	2,000000	****	****		
I2	T2	2,333333	****	****		
I3	T1	2,333333	****	****		
I3	T2	2,333333	****	****		
I3	T4	2,666667	****	****	****	
I3	T3	2,666667	****	****	****	
I1	T3	3,000000	****	****	****	
I1	T2	3,333333		****	****	****
I2	T1	3,333333		****	****	****
I4	T2	4,000000			****	****
I4	T4	4,000000			****	****
I1	T4	4,666667				****
I4	T1	4,666667				****

**Annexes 22 :** Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC79 31 après 25 jours de plantation

Intensités	Temps	croissance 25jr Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6
I4	T3	28,66667	****					
I4	T1	30,66667	****	****				
I4	T2	32,33333	****	****	****			
I2	T3	33,66667	****	****	****	****		
I0	T0	34,00000	****	****	****	****	****	
I1	T1	34,33333		****	****	****	****	
I2	T4	35,00000		****	****	****	****	****
I1	T2	36,33333			****	****	****	****
I3	T4	36,66667			****	****	****	****
I3	T1	36,66667			****	****	****	****
I1	T3	37,00000			****	****	****	****
I3	T2	37,33333			****	****	****	****
I4	T4	37,33333			****	****	****	****
I3	T3	38,00000				****	****	****
I2	T2	38,33333				****	****	****
I1	T4	39,33333					****	****
I2	T1	40,00000						****

**Annexes 23** : Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche ILC 79 31 après 39 jours de plantation

intensité	temps	Croissance 39jr Moyenne	Groupe1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6	Groupe 7	Groupe 8
I4	T3	33,66667	****							
I4	T2	41,66667		****						
I4	T4	43,33333		****	****					
I0	T0	43,66667		****	****	****				
I4	T1	45,00000		****	****	****	****			
I3	T1	47,00000			****	****	****	****		
I1	T1	47,66667			****	****	****	****	****	
I2	T4	47,66667			****	****	****	****	****	
I3	T2	48,33333				****	****	****	****	
I2	T3	48,66667					****	****	****	
I1	T3	49,00000					****	****	****	
I3	T4	50,00000						****	****	****
I3	T3	51,66667						****	****	****
I2	T1	52,00000							****	****
I1	T2	52,00000							****	****
I2	T2	54,33333								****
I1	T4	54,66667								****

**Annexes 24** : Effet de champs électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche ILC 79 31

intensité	tempe	longueurs des racines Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
I2	T2	7,33333	****				
I1	T2	7,33333	****				
I2	T1	7,41667	****				
I3	T4	7,83333	****	****			
I4	T4	8,00000	****	****			
I1	T3	8,16667	****	****	****		
I1	T1	8,33333	****	****	****		
I4	T1	8,50000	****	****	****		
I3	T1	8,58333	****	****	****		
I3	T3	8,66667	****	****	****	****	
I3	T2	8,66667	****	****	****	****	
I4	T3	8,66667	****	****	****	****	
I4	T2	9,08333	****	****	****	****	
I1	T4	10,08333		****	****	****	****
I2	T3	10,50000			****	****	****
I2	T4	11,08333				****	****
I0	T0	12,50000					****

**Annexes 25 :** Taux de germination des grains de pois chiche FLIP 90/13 C après 24h à différentes durée et intensité

Traitement	moyenne	Taux de germination	Ecart type
I1T1	5	50%	20,0%
I1T2	4,66666667	47%	15,3%
I1T3	5,66666667	57%	20,8%
I1T4	4	40%	0,0%
I2T1	3,33333333	33%	11,5%
I2T2	3,66666667	37%	5,8%
I2T3	3,66666667	37%	20,8%
I2T4	4	40%	20,0%
I3T1	5,66666667	57%	32,1%
I3T2	1,33333333	13%	5,8%
I3T3	4,66666667	47%	11,5%
I3T4	3,33333333	33%	15,3%
I4T1	3	30%	10,0%
I4T2	4,66666667	47%	15,3%
I4T3	2,66666667	27%	5,8%
I4T4	3	30%	10,0%
I0T0	3,33333333	33%	30,6%

**Annexes 26 :** Taux de germination des grains de pois chiche FLIP 90/13 C après 48h à différentes durée et intensité

Traitement 48h	Moyenne	Taux de germination	Ecart type
I1T1	9	90%	10,0%
I1T2	8	80%	17,3%
I1T3	9,33333333	93%	11,5%
I1T4	8,33333333	83%	5,8%
I2T1	8,66666667	87%	5,8%
I2T2	9	90%	0,0%
I2T3	9	90%	10,0%
I2T4	9	90%	10,0%
I3T1	7,66666667	77%	11,5%
I3T2	8,33333333	83%	15,3%
I3T3	8,33333333	83%	15,3%
I3T4	8,66666667	87%	15,3%
I4T1	8,66666667	87%	15,3%
I4T2	8,66666667	87%	5,8%
I4T3	7,66666667	77%	15,3%
I4T4	7,66666667	77%	5,8%
I0T0	7,66666667	77%	5,8%

**Annexes 27** : Taux de germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 72h à différentes durées et intensités

Traitement 72H	Moyenne	Taux de germination	Ecart type
I1T1	9	90%	10,0%
I1T2	9,33333333	93%	5,8%
I1T3	9,33333333	93%	11,5%
I1T4	9,66666667	97%	5,8%
I2T1	9	90%	0,0%
I2T2	9,33333333	93%	5,8%
I2T3	9,66666667	97%	5,8%
I2T4	10	100%	0,0%
I3T1	10	100%	0,0%
I3T2	9,66666667	97%	5,8%
I3T3	9,33333333	93%	5,8%
I3T4	9,33333333	93%	5,8%
I4T1	8,66666667	87%	15,3%
I4T2	9	90%	10,0%
I4T3	9,33333333	93%	5,8%
I4T4	8,33333333	83%	5,8%
I0T0	9,33333333	93%	5,8%

**Annexes 28** : moyenne et écart-type de la Concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90/13C à différentes durées et intensités

Traitement	Moyenne	Ecart type
I1T1	3,1639655	23,8%
I1T2	5,58776667	2,7%
I1T3	4,77006267	1,8%
I1T4	6,48084667	6,0%
I2T1	5,40300317	8,5%
I2T2	7,21148167	6,3%
I2T3	5,09738033	17,6%
I2T4	5,81302067	3,5%
I3T1	5,10646833	19,5%
I3T2	4,01481	23,7%
I3T3	4,1793315	22,6%
I3T4	3,9184575	14,3%
I4T1	6,1007985	1,8%
I4T2	3,9472565	13,9%
I4T3	1,04804	3,0%
I4T4	3,55009067	5,6%
I0T0	5,549524	14,7%

**Annexes 29** : moyenne et écart-type de la Croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 4 jours de plantation à différentes durées et intensités.

Traitement 4jrs	Moyenne	Ecart type
I1 T1	2,66666667	5,8%
I1T2	2,33333333	5,8%
I1T3	3,33333333	11,5%
I1T4	2,66666667	11,5%
I2 T1	2,66666667	5,8%
I2 T2	2	0,0%
I2 T3	2,66666667	15,3%
I2 T4	2,66666667	5,8%
I3 T1	1,33333333	5,8%
I3 T2	2,33333333	5,8%
I3 T3	2,33333333	5,8%
I3 T4	2,66666667	11,5%
I4 T1	2,66666667	15,3%
I4 T2	2,33333333	11,5%
I4 T3	0,66666667	5,8%
I4 T4	2,33333333	5,8%
I0T0	1,66666667	5,8%

**Annexes 30** : moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 25 jours de plantation à différentes durées et intensités.

Traitement 25jrs	Moyenne	Ecart type
I1 T1	28,6666667	23,1%
I1T2	29,6666667	5,8%
I1T3	31	17,3%
I1T4	35	36,1%
I2 T1	33,6666667	23,1%
I2 T2	35	20,0%
I2 T3	33,3333333	20,8%
I2 T4	28,6666667	32,1%
I3 T1	31,6666667	20,8%
I3 T2	31,6666667	47,3%
I3 T3	33	36,1%
I3 T4	33	26,5%
I4 T1	31,6666667	41,6%
I4 T2	29,6666667	20,8%
I4 T3	31,6666667	20,8%
I4 T4	31	10,0%
I0T0	31,3333333	5,8%



**Annexes 31** : moyenne et écart-type de la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 39 jours de plantation à différentes durées et intensités.

Traitement	Moyenne	Ecart type
I1 T1	41,33333333	11,5%
I1T2	43	0,0%
I1T3	43	36,1%
I1T4	48	10,0%
I2 T1	46,33333333	72,3%
I2 T2	47	45,8%
I2 T3	49,66666667	68,1%
I2 T4	42,33333333	20,8%
I3 T1	49	60,8%
I3 T2	45	26,5%
I3 T3	45,33333333	32,1%
I3 T4	49,66666667	28,9%
I4T1	43,33333333	41,6%
I4T2	39,33333333	51,3%
I4T3	40	10,0%
I4T4	41,33333333	32,1%
I0T0	43,33333333	5,8%

**Annexes 32** : moyenne et écart-type de la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C à différentes durées et intensités.

Traitement	Moyenne	Ecart type
I1 T1	8,33333333	1,4%
I1T2	7,33333333	14,4%
I1T3	8,16666667	9,5%
I1T4	10,08333333	22,7%
I2 T1	7,41666667	6,3%
I2 T2	7,33333333	12,6%
I2 T3	10,5	26,5%
I2 T4	11,08333333	21,0%
I3 T1	8,58333333	12,6%
I3 T2	8,66666667	6,3%
I3 T3	8,66666667	8,8%
I3 T4	7,83333333	8,8%
I4 T1	8,5	5,0%
I4 T2	9,08333333	29,8%
I4 T3	8,66666667	2,9%
I4 T4	8	10,0%
I0T0	12,5	18,0%

**Annexes 33:** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 24H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C

Effet	Période	Germination 24H SS	Germination 24H MS	Germination 24H F	Germination 24H p
Interception	0				
Intensité	0				
Temps	0				
intensité*Temps	9	39,1875	4,354167	1,850521	0,094577
Erreur	34	80,0000	2,352941		
Total	50	179,2941			

**Annexes 34 :** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 48H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C

Effet	période	Germination 48H SS	Germination 48H MS	Germination 48H F	Germination 48H p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	7,25000	0,805556	0,684722	0,717295
Erreur	34	40,00000	1,176471		
Total	50	56,35294			

**Annexes 35:** germination à l'intérieur d'un champ électromagnétique après 72H des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C

Effet	Période	Germination 72H SS	Germination 72H MS	Germination 72H F	Germination 72H p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	4,52083	0,502315	0,948817	0,497456
Erreur	34	18,00000	0,529412		
Total	50	26,98039			

**Annexes 36 :** Effet du champ électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90 /13 C.

Effet	période	[chlorophylle] SS	[chlorophylle] MS	[chlorophylle] F	[chlorophylle] p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	53,5593	5,951032	1,939995	0,079146
Erreur	34	104,2967	3,067550		
Total	50	201,5763			

**Annexes 37 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 4jours de plantation)

Effet	Période	Croissance 4JRS SS	Croissance 4JRS MS	Croissance 4JRS F	Croissance 4JRS p
Interception	0				
Intensité	0				
Temps	0				
Intensité*temps	9	9,58333	1,064815	1,357639	0,245513
Erreur	34	26,66667	0,784314		
Total	50	44,98039			

**Annexes 38 :** Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 25jours de plantation)

Effet	Période	Croissance 25JRS SS	Croissance 25JRS MS	Croissance 25JRS F	Croissance 25JRS p
Interception	0				
Intensité	0				
Temps	0				
Intensité*temps	9	146,1875	16,24306	2,307509	0,037929
Erreur	34	239,3333	7,03922		
Total	50	417,6863			

**Annexes 39** : Effet du champ électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C (après 39jours de plantation)

Effet	période	Croissance 39JRS SS	Croissance 39JRS MS	Croissance 39JRS F	Croissance 39JRS p
Interception	0				
Intensité	0				
Temps	0				
Intensité*temps	9	334,417	37,15741	2,285920	0,039604
Erreur	34	552,667	16,25490		
Total	50	1169,647			

**Annexes 40** : effet du champ électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP90/13 C

Effet	Période	Longueur de racine SS	Longueur de racine MS	Longueur de racine F	Longueur de racine p
Interception	0				
Intensité	0				
temps	0				
Intensité*temps	9	40,7550	4,528330	3,146168	0,007262
Erreur	34	48,9367	1,439316		
Total	50	108,1998			

**Annexes 41** : effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche après 24H (tableau de l'homogénéité) FLIP 90/13 C

Intensité	Temps	germination 24H Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
I3	T2	1,333333	****		
I4	T3	2,666667	****	****	
I4	T4	3,000000	****	****	****
I4	T1	3,000000	****	****	****
I0	T0	3,333333	****	****	****
I2	T1	3,333333	****	****	****
I3	T4	3,333333	****	****	****
I2	T2	3,666667	****	****	****
I2	T3	3,666667	****	****	****
I1	T4	4,000000	****	****	****
I2	T4	4,000000	****	****	****
I1	T2	4,666667		****	****
I3	T3	4,666667		****	****
I4	T2	4,666667		****	****
I1	T1	5,000000		****	****
I1	T3	5,666667			****
I3	T1	5,666667			****

**Annexes 42** : Effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 48H (tableau de l'homogénéité)

Intensité	Temps	germination 48h Moyenne	Groupe 1
I3	T1	7,666667	****
I3	T4	7,666667	****
I4	T3	7,666667	****
I0	T0	7,666667	****
I4	T4	7,666667	****
I1	T2	8,000000	****
I1	T4	8,333333	****
I3	T2	8,333333	****
I2	T1	8,666667	****
I4	T2	8,666667	****
I4	T1	8,666667	****
I3	T3	8,666667	****
I2	T4	9,000000	****
I2	T3	9,000000	****
I2	T2	9,000000	****
I1	T1	9,000000	****
I1	T3	9,333333	****

**Annexes 43 : effet des champs électromagnétique sur la germination des grains du pois chiche FLIP 90/13 C après 72H (tableau de l'homogénéité)**

Intensité	Temps	germination 72h Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
I4	T4	8,33333	****		
I4	T1	8,66667	****	****	
I2	T1	9,00000	****	****	****
I4	T2	9,00000	****	****	****
I1	T1	9,00000	****	****	****
I2	T2	9,33333	****	****	****
I1	T2	9,33333	****	****	****
I1	T3	9,33333	****	****	****
I4	T3	9,33333	****	****	****
I3	T4	9,33333	****	****	****
I3	T3	9,33333	****	****	****
I0	T0	9,33333	****	****	****
I1	T4	9,66667		****	****
I2	T3	9,66667		****	****
I3	T2	9,66667		****	****
I2	T4	10,00000			****
I3	T1	10,00000			****

**Annexes 44 : Effet de champs électromagnétique sur la concentration de chlorophylle des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C**

Intensité	Temps	Concentration de chlorophylle moyenne	Groupe1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
I4	T3	1,048040	****			
I1	T1	3,163966	****	****		
I3	T4	3,918458	****	****	****	
I4	T2	3,947257	****	****	****	
I3	T2	4,014810		****	****	
I3	T3	4,179332		****	****	
I1	T3	4,770063		****	****	****
I2	T3	5,097380		****	****	****
I3	T1	5,106468		****	****	****
I4	T4	5,163960		****	****	****
I2	T1	5,403003		****	****	****
I0	T0	5,549524		****	****	****
I1	T2	5,587767		****	****	****
I2	T4	5,813021		****	****	****
I4	T1	6,100799			****	****
I1	T4	6,480847			****	****
I2	T2	7,211482				****

**Annexes 45** : Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 4 jours de plantation

Intensité	Temps	croissance 4JRS Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
I4	T2	0,666667	****		
I2	T4	1,333333	****	****	
I4	T4	1,666667	****	****	
I2	T1	2,000000	****	****	****
I4	T1	2,333333		****	****
I1	T1	2,333333		****	****
I3	T2	2,333333		****	****
I4	T3	2,333333		****	****
I3	T1	2,333333		****	****
I3	T3	2,666667		****	****
I3	T4	2,666667		****	****
I2	T3	2,666667		****	****
I2	T2	2,666667		****	****
I1	T4	2,666667		****	****
I1	T3	2,666667		****	****
I0	T0	2,666667		****	****
I1	T2	3,333333			****

**Annexes 46** : Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 25jours de plantation

Intensité	temps	croissance 25JRS Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
I1	T1	28,66667	****		
I2	T4	28,66667	****		
I1	T2	29,66667	****	****	
I4	T2	29,66667	****	****	
I1	T3	31,00000	****	****	****
I4	T4	31,00000	****	****	****
I0	T0	31,33333	****	****	****
I3	T1	31,66667	****	****	****
I3	T2	31,66667	****	****	****
I4	T3	31,66667	****	****	****
I4	T1	31,66667	****	****	****
I3	T4	33,00000	****	****	****
I3	T3	33,00000	****	****	****
I2	T3	33,33333		****	****
I2	T1	33,66667		****	****
I2	T2	35,00000			****
I1	T4	35,00000			****

**Annexes 47** : Effet de champs électromagnétique sur la croissance des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C après 39 jours de plantation

Intensité	Temps	croissance 39jrs Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
I4	T3	38,66667	****				
I3	T1	39,33333	****				
I4	T2	39,33333	****				
I1	T1	39,66667	****	****			
I4	T4	40,33333	****	****	****		
I2	T4	42,33333	****	****	****	****	
I0	T0	42,66667	****	****	****	****	
I1	T3	43,00000	****	****	****	****	****
I1	T2	43,00000	****	****	****	****	****
I4	T1	43,33333	****	****	****	****	****
I3	T2	44,33333	****	****	****	****	****
I3	T3	45,33333	****	****	****	****	****
I2	T1	46,33333		****	****	****	****
I2	T2	47,00000			****	****	****
I1	T4	48,00000				****	****
I2	T3	49,66667					****
I3	T4	49,66667					****

**Annexes 48** : Effet de champs électromagnétique sur la longueur des racines des plantes du pois chiche FLIP 90/13 C

Intensité	Temps	Longueur des racines Moyenne	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
I2	T4	6,66667	****				
I3	T4	6,66667	****				
I4	T2	6,83333	****				
I1	T1	7,00000	****	****			
I4	T1	7,25000	****	****	****		
I1	T3	7,41667	****	****	****		
I2	T3	7,83667	****	****	****	****	
I2	T1	8,16667	****	****	****	****	
I0	T0	8,25000	****	****	****	****	
I3	T3	8,33333	****	****	****	****	
I4	T3	8,50000	****	****	****	****	
I2	T2	8,50000	****	****	****	****	
I1	T2	8,91667		****	****	****	****
I3	T2	9,00000			****	****	****
I4	T4	9,16667			****	****	****
I3	T1	9,66667				****	****
I1	T4	10,58333					****