

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN

FACULTE SNV/STU



Département d'Agronomie

Laboratoire d'Ecologie et de Gestion des Ecosystèmes naturels

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de

**Master**

Filière : Production végétale

**Thème**

Action de l'irrigation à base d'éléments trophiques sur la germination  
et la croissance du pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

Par :

**Melle BENHABIB Fatima Zohra**

Date de soutenance : juin 2021

Devant le jury :

|                        |           |            |                       |
|------------------------|-----------|------------|-----------------------|
| M. El-Haitoum Ahmed    | Président | M.C.A.     | Université de Tlemcen |
| M. Ghezlaoui B. Eddine | Examineur | Professeur | Université de Tlemcen |
| M. BenabadjiNoury      | Encadreur | Professeur | Université de Tlemcen |

**Année universitaire : 2020/2021**

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce travail, sans sa miséricorde, ce travail n'aurait jamais pu aboutir. Avant de présenter ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Mes remerciements vont tout d'abord à Monsieur le professeur **Benabadji Noury**, Docteur d'état et Professeur à l'Université de Tlemcen Aboubekr Belkaid, pour avoir accepté de diriger ce modeste travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées et ses encouragements. Ses critiques ont été très précieuses pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes parties.

Nous tenons d'autre part à exprimer nos vifs remerciements ;

- A Monsieur El-Haitoum Ahmed., Maître de conférences A (Faculté SNV/STU, Département d'agronomie) à l'Université de Tlemcen, qui a accepté de présider ce jury de soutenance ;

- À Monsieur Ghezlaoui B. Eddine, Professeur (Faculté SNV/STU, Département d'agronomie) et responsable de la formation Master à l'Université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie également toutes les personnes du laboratoire d'écologie et de gestion des écosystèmes naturels et sans oublier le personnel du laboratoire d'analyse des sols (LTPO) qui se trouve à Abou Tachfine, qui m'ont accompagnée tout au long de cette réalisation de ce manuscrit.

Enfin, un remerciement tout particulier à très chère grande famille pour leur aide et leur soutien moral depuis toujours, dans mes études et dans ma vie.

# Dédicaces

Au nom d'Allah le miséricordieux le très miséricordieux avant tout, je remercie Allah qui m'a éclairé le chemin et m'a permis d'aboutir au moment attendu.

Tout l'amour et le respect à mes chers parents et je souhaite que dieu les garde et les protège Inchaa Allah.

## Je dédie mon modeste travail

À mes très chers parents : Maman et Papa qui ont fait le possible pour moi, qui ont été toujours avec moi, franchement je ne peux pas exprimer autour de tous ce qui m'ont fait dès mon enfance jusqu'à ce moment.

A ma très chère sœur **Soumia** et ses petits-enfants que j'aime beaucoup, je lui exprime toute mon affection et ma tendresse.

A mes deux frères : **Mohamed** et **Ibrahim** qui m'ont énormément aidé et à qui je témoigne mon affection et ma profonde reconnaissance, que **Dieu** les protège.

A toute ma famille **Benhabib** et **Abou-Bekr**, qui ont toujours participé à me donner du courage et de la volonté dans mes études.

A ma très chère cousine que je j'aime beaucoup **Esma** pour laquelle je souhaite une longue et heureuse vie pleine de bonheur.

Je remercie également chaleureusement ma très chère collègue **Rania** pour l'ambiance cordiale et l'aide qu'elle m'a apportée à tout moment.

Que ce travail soit aussi le témoignage sincère et affectueux, de même qu'une profonde reconnaissance pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce document.

**FATIMA-ZOHRÀ**

# Liste des figures

|   |          |
|---|----------|
| <b>Figure N°1</b> : Photos de la plante pois chiche et des graines utilisées  | 09       |
| <b>Figure N°2</b> : Tige avec rameaux secondaires   | 13       |
| <b>Figure N°3</b> : Feuilles simples et composées   | 13       |
| <b>Figure N°4</b> : Fleur de pois chiche  | 14       |
| <b>Figure N°5</b> : Gousse de pois chiche   | 14       |
| <b>Figure N°6</b> : Types de graines de pois chiche   | 14       |
| <b>Figure N°7</b> : Cycle biologie de pois chiche: (1) Graine, (2) Germination, (3) Croissance, (4) Floraison, (5) Fructification   | 16<br>29 |
| <b>Figure N°8</b> : Photo du conductivimètre  | 32       |
| <b>Figure N°9</b> : Photos de la préparation des solutions mères  |          |
| <b>Figure N°10</b> : Dispositif expérimental de l'essai de germination du <u>Pois chiche</u> ( <i>Cicer arietinum</i> L.) dans les boîtes de pétrie« Produits »   | 33       |
| <b>Figure N°11</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différents concentration de $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$ en fonction du temps (semaines) | 35       |
| <b>Figure N°12</b> : Photos de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$                  | 36       |
| <b>Figure N°13</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différents concentration de $\text{KCl}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$ en fonction du temps  | 38       |
| <b>Figure N°14</b> : Photos de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de $\text{KCl}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$  | 39       |
| <b>Figure N°15</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différents concentration de $\text{MgNO}_3$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$ en fonction du temps   | 41       |
| <b>Figure N°16</b> : Photos de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de $\text{MgNO}_3$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$   | 42       |
| <b>Figure N°17</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différents concentration de $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$ en fonction du temps            | 44       |
| <b>Figure N°18</b> : Photos de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ à température froide $5^\circ\text{C}$ .                   | 45       |
| <b>Figure N°19</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différents concentration de $\text{KCl}$ à température ambiante $20^\circ\text{C}$ en fonction du temps  | 47       |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure N°20</b> : Photos de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>KCl</b> à température froide <b>5°C</b>  | 48 |
| <b>Figure N°21</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L dans différents concentrations de <b>MgNO<sub>3</sub></b> à température ambiante <b>20°C</b> en fonction du temps  | 50 |
| <b>Figure N°22</b> : Photo de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>MgNO<sub>3</sub></b> à température froide <b>5°C</b>  | 51 |
| <b>Figure N°23</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b> | 56 |
| <b>Figure N°24</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>KCl</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b>   | 58 |
| <b>Figure N°25</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>KCl</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b>   | 60 |
| <b>Figure N°26</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous unetempératurefroide <b>5°C</b>      | 62 |
| <b>FigureN°27</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>KCl</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température froide <b>5°C</b>   | 63 |
| <b>Figure N°28</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>MgNO<sub>3</sub></b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température froide <b>5°C</b>   | 65 |
| <b>FigureN°29</b> : Dispositif expérimental mené dans les pots (Graines de <i>Cicer arietinum</i> L.)   | 66 |
| <b>Figure N°30</b> : Pot de végétation contenant le <u>sol</u> et le <u>gravier</u>   | 69 |
| <b>Figure N°31</b> : Photo de préparation du sol  | 71 |
| <b>Figure N°32</b> : Photo de matériel utilisé pour l'analyse du sol  | 72 |
| <b>Figure N°33</b> : Photo de la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. avec la même concentration des produits différents après 6 semaines   | 72 |

**Figure N°34** : Germination des graines de *Cicer arietinum* L. avec différentes traitements ( $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$  et  $\text{MgNO}_3$ ) à température ambiante **20°C** 75

Certains photos ont été prise par nos soins alors que d'autre ont été pris directement à par des sites (Google).

# Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau N°1</b> : Légumineuses alimentaires cultivées en Algérie : leur importance en superficie, production et rendement (moyenne 2000- 2014) (M.A.D.R, 2015)  | 18 |
| <b>Tableau N°2</b> : Valeurs des eaux de traitements (CE, PO, pH, S.S.T) <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b>  | 26 |
| <b>Tableau N°3</b> : Valeurs des eaux de traitements (CE, PO, pH, S.S.T) <b>KCl</b>  | 27 |
| <b>Tableau N°4</b> : Valeurs des eaux de traitements (CE, PO, pH, S.S.T) <b>MgNO<sub>3</sub></b>   | 28 |
| <b>Tableau N°5</b> : Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> à température <b>20°C</b>   | 34 |
| <b>Tableau N°6</b> :Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>KCl</b> à température <b>20°C</b>  | 37 |
| <b>Tableau N°7</b> : Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>MgNO<sub>3</sub></b> à température <b>20°C</b>  | 40 |
| <b>Tableau N°8</b> : Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> à température <b>5°C</b>  | 43 |
| <b>Tableau N°9</b> : Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>KCl</b> à température <b>5°C</b>  | 46 |
| <b>Tableau N°10</b> : Germination des graines <i>Cicer arietinum</i> L. dans différentes concentrations de <b>MgNO<sub>3</sub></b> à température <b>5°C</b>  | 49 |
| <b>Tableau N°11</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b> | 55 |
| <b>Tableau N°12</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>KCl</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b>   | 57 |
| <b>Tableau N°13</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ <b>MgNO<sub>3</sub></b> ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température ambiante <b>20°C</b>                                    | 59 |
| <b>Tableau 14</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) sous une température froide <b>5°C</b>      | 61 |
| <b>Tableau N°15</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ <b>KCl</b> ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche  |    |

|  |    |
|--|----|
| <i>(Cicer arietinum)</i> sous une température froide <b>5°C</b>  | 63 |
| <b>Tableau N°16</b> : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ <b>MgNO<sub>3</sub></b> ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche <i>(Cicer arietinum)</i> sous une température froide <b>5°C</b> | 64 |
| <b>Tableau N°17</b> : Analyses du sol  | 70 |
| <b>Tableau N°18</b> : Pois sec et poids frais de <i>Cicer arietinum</i> L. en grammes après 6 semaines   | 73 |
| <b>Tableau N°19</b> : Germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L. avec la même concentration [C5] des différents produits à température ambiante <b>20°C</b>  | 74 |
| <b>Tableau N°20</b> : Taille des plantules de <i>Cicer arietinum</i> en centimètres après 6 semaines   | 76 |

# Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**cm** : Centimètres

**ED** : Eau du robinet

**NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O**: Orthophosphate dihydrogène de sodium

**KCl**: Chlorure de potassium

**MgNO<sub>3</sub>** : Nitrate de magnésium

**CE** : Conductivité électrique

**PO** : Pression osmotique

**S.S.T** : Sels solubles totaux

**Ha** : Hectare

**L** : Litre

**ml** : Millilitre

**mS**: Milli Siemens

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**qx** : Quintaux

**R** : Répétition

**Moy** : Moyenne

**a**: Pente de la droite de régression

**b**: Ordonnée à l'origine déterminée arithmétiquement par Y- ax

**[C]** : Concentration

## Résumé

Ce travail contribue à la recherche sur l'effet des concentrations croissantes sur la germination et également la croissance d'un taxon assez connu par les agronomes, il s'agit du pois chiche: *Cicer arietinum* L. appartenant à la famille des fabacées.

La germination et la croissance ont été soumises à des traitements, arrosage par des produits fertilisants, notamment, le  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (orthophosphate dihydrogène de sodium), le  $\text{KCl}$  (chlorure de potassium), et le  $\text{MgNO}_3$  (nitrate de magnésium) présentant les concentrations croissantes (1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 6g/l, 7g/l et 8 g/l).

Après avoir retenu les deux conditions de températures différentes ( $20^\circ\text{C}$  température ambiante et  $5^\circ\text{C}$  température froide du frigidaire), le taux de germination chez le pois chiche traité par le  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  atteint 70.8% à  $20^\circ\text{C}$  et 83.33 % à  $5^\circ\text{C}$  pour les faibles concentrations, par contre ce taux atteint pour les concentrations élevées 62.5% à  $20^\circ\text{C}$  et 79.16% à  $5^\circ\text{C}$ . Pour le deuxième traitement à base de  $\text{KCl}$ , la germination des graines évolue de 8.25% à 75% pour la première et la dernière semaine à  $20^\circ\text{C}$  et de 45.83% à 75% pour la dernière semaine à  $5^\circ\text{C}$ . En présence de la germination s'élève à 70% en présence d'une température  $20^\circ\text{C}$  et à 79,16% à température de  $5^\circ\text{C}$ , celles-ci pour les faibles concentrations (1g/l et 3g/l).

**Mots clés :** Germination, Pois chiche (*Cicer arietinum* L.),  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (Orthophosphate dihydrogène de sodium),  $\text{KCl}$  (Chlorure de potassium),  $\text{MgNO}_3$  (Magnésium de Nitrate).

### ملخص :

يساهم هذا العمل في البحث عن تأثير زيادة التركيزات على الإنبات وأيضاً نمو صنف معروف جيداً للمهندسين الزراعيين ، وهو الحمص: *Cicer arietinum* L. تعرض الإنبات والنمو للمعاملات ، الري بالأسمدة ، على وجه الخصوص ،  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (أورثوفوسفات الصوديوم ثنائي الهيدروجين) ،  $\text{KCl}$  (كلوريد البوتاسيوم) و  $\text{MgNO}_3$  (نترات المغنيسيوم) بتركيزات متزايدة (1 جم / لتر ، 2 جم / لتر ، 3 جم / لتر 4 جم / لتر ، 5 جم / لتر ، 6 جم / لتر ، 7 جم / لتر و 8 جم / لتر). بعد الاحتفاظ بظروف درجة الحرارة المختلفة (درجة الحرارة المحيطة 20 درجة مئوية ودرجة الحرارة الباردة 5 درجات مئوية في التلاجة) ، فإن معدل الإنبات في الحمص المعالج بـ  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  يصل إلى 70.8% عند 20 درجة مئوية و 83.33% عند 5 درجات مئوية للانخفاض. من ناحية أخرى ، بلغ هذا المعدل للتركيزات العالية 62.5% عند 20 درجة مئوية و 79.16% عند 5 درجات مئوية. بالنسبة للعلاج الثاني القائم على  $\text{KCl}$  ، تطورت إنبات البذور من 8.25% إلى 75% للأسبوع الأول والأخير عند 20 درجة مئوية ومن 45.83% إلى 75% للأسبوع الأخير عند 5 درجات مئوية. في وجود إنبات تبلغ نسبته 70% في وجود درجة حرارة 20 درجة مئوية و 79.16% عند درجة حرارة 5 درجات مئوية ، وهذه لتركيزات منخفضة (1 جم / لتر و 3 جم / لتر).  
**الكلمات المفتاحية:** إنبات ، حمص ( *Cicer arietinum* L.) ،  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (فوسفات ثنائي هيدروجين الصوديوم) ،  $\text{KCl}$  (كلوريد البوتاسيوم) ،  $\text{MgNO}_3$  (نترات المغنيسيوم).

## Abstract

This work contributes to the research on the effect of the increasing concentrations on the germination and also the growth of a taxon rather known by the agronomists, it is about the chickpea: *Cicer arietinum* L. belonging to the family of the fabaceae.

The germination and growth were subjected to treatments, watering by fertilizing products, namely,  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (sodium dihydrogen orthophosphate),  $\text{KCl}$  (potassium chloride), and  $\text{MgNO}_3$  (magnesium nitrate) with increasing concentrations (1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 6g/l, 7g/l and 8g/l).

After having retained the two different temperature conditions ( $20^\circ\text{C}$  room temperature and  $5^\circ\text{C}$  cold temperature of the refrigerator), the germination rate in chickpea treated with  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  reaches 70.8% at  $20^\circ\text{C}$  and 83.33% at  $5^\circ\text{C}$  for the low concentrations, on the other hand this rate reaches for the high concentrations 62.5% at  $20^\circ\text{C}$  and 79.16% at  $5^\circ\text{C}$ . For the second  $\text{KCl}$  treatment, seed germination increased from 8.25% to 75% for the first and last week at  $20^\circ\text{C}$  and from 45.83% to 75% for the last week at  $5^\circ\text{C}$ . In the presence of the germination rise to 70% at  $20^\circ\text{C}$  and 79.16% at  $5^\circ\text{C}$ , these for low concentrations (1g/l and 3g/l).

**Key words:** Germination, Chickpea (*Cicer arietinum* L.),  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (Sodium dihydrogen orthophosphate),  $\text{KCl}$  (Potassium chloride),  $\text{MgNO}_3$  (Magnesium nitrate).

# Sommaire

|   |    |
|---|----|
| <b>Introduction générale</b>                                    | 01 |
| <b>Chapitre I : Aperçu sur le taxon</b>                         | 06 |
| I.1. Nutrition des plantes                                      | 07 |
| I.1.1. Fertilisation  | 07 |
| I.1.2. Fertilisation minérale                                   | 08 |
| I.1.3. Fertilisation organique                                  | 08 |
| I.2. Bio morphologie du pois chiche                             | 09 |
| I.2.1. Généralités  | 09 |
| I.2.2. Origine  | 10 |
| I.2.3. Historique   | 10 |
| I.2.4. Morphologie  | 11 |
| I.2.5. Classification botanique                                 | 14 |
| I.2.6. Valeur nutritive de pois chiche                          | 16 |
| I.2.7. Importance du Pois Chiche                                | 17 |
| I.2.8. Exigences Culturelle du pois chiche                      | 19 |
| I.2.9. Exigences édaphologiques                                 | 19 |
| I.2.10. Exigences climatiques                                   | 20 |
| <b>Chapitre II: Germination in vitro</b>                        | 22 |
| II.1.Introduction   | 23 |
| II.2. Site  | 23 |
| II.3.Paramètres étudiés   | 23 |
| II.3.1. Taux de germination finale TGF (la faculté germinative) | 23 |
| II.3.2. Conductivité électrique CE                              | 24 |
| II.3.3. Pression osmotique                                      | 24 |
| II.3.4.pH   | 24 |
| II.3.5.S.S.T  | 25 |
| II.4. Matériels et méthodes                                     | 29 |
| II.4.1. Matériel  | 29 |
| II.4.2. Méthodologie  | 29 |
| II.5. Résultats et interprétations                              | 34 |
| II.6.Conclusion   | 52 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Chapitre III : Etude statistique des germinations</b> | 53 |
| III. 1. Introduction                                     | 54 |
| III. 2. Méthodologie                                     | 54 |
| III. 3. Résultats et interprétations à 20 °C             | 55 |
| III. 4. Conclusion                                       | 66 |
| <b>Chapitre IV : Germination dans les pots</b>           | 67 |
| IV.1.Introduction  | 68 |
| IV.2.Méthodologie  | 68 |
| IV.2.1.Matériel végétal                                  | 68 |
| IV.2.2. Substrat, préparation des semis                  | 68 |
| IV.3.Résultats et interprétations                        | 74 |
| IV.4. Conclusion   | 77 |
| <b>Conclusion générale</b>                               | 79 |
| <b>Bibliographie</b>                                     | 84 |

# **Introduction générale**

Le pois chiche (*Cicer arietinum*L) occupe une place importante parmi les légumineuses alimentaires en raison de sa valeur nutritionnelle, agronomique et économique. L'espèce *Cicer arietinum* occupe une grande place dans nos habitudes alimentaires, elle est de ce fait très demandée par la population. En Algérie, le pois chiche est la seconde légumineuse alimentaire après la fève et la féverole (Hamadache et Ait Abdallah, 1998) pour lesquelles d'importantes superficies sont réservées (Abdelguerfi-Laouar et *al.*, 2001a).

Le pois chiche est localisé particulièrement dans les régions montagneuses, il est cultivé sous conditions pluviales et généralement dans des zones à climat semi-aride (Abdelguerfi-Laouar et *al.*, 2001b). Le pois chiche est une excellente source de protéines pour les populations humaines avec une teneur de 25.3 % -28.9 % du poids du grain, riche également en fibres, en glucides complexes, en vitamines et en minéraux (Muehlbauer et Tullu, 1998; MacMichael, 2001).

Il est cultivé généralement pour les besoins familiaux comme c'est le cas dans la région de Tizi Ouzou. La vocation de cette région est loin d'être la culture de pois chiche mais il est important de signaler que cette culture reste indispensable à Bejaïa compte tenu des besoins de la population en cette espèce et de l'attachement (traditions) de certains agriculteurs au pois chiche dans des régions où il peut leur procurer un bon rendement (Anonyme5, 2000).

Le pois chiche est l'une des plus importantes légumineuses à graines dans le monde, il occupe la troisième position (Anonyme6, 2015 ; Anonyme7). Entre 1998 et 2006, le rendement moyen en graines du pois chiche est de 800 kg ha<sup>-1</sup>. Le continent Asiatique est le plus important producteur de pois chiche avec un taux de 91% (Upadhyaya *etal.*, 2001). Par ailleurs, les plus grands pays producteurs de cette espèce sont : l'Inde, la Turquie, le Pakistan, l'Australie, le Canada, le Mexique, l'Iran et l'Ethiopie. Les plus grands pays exportateurs de pois chiche sont : l'Australie, le Mexique, la Turquie, le Canada, les Etats-Unis

et l'Iran ; alors que les plus importants pays importateurs sont : l'Espagne, l'Algérie, le Bangladesh, l'Italie, l'Arabie Saoudite, la Jordanie, la Tunisie et le Royaume-Uni. La production du pois chiche dans les régions méditerranéennes est largement dépendante de la disponibilité en eau et en azote.

En effet, le pois chiche est une légumineuse riche en protéine et cultivée généralement en tête de rotation pour les reliquats d'azote qu'il laisse pour la culture suivante. Cette caractéristique n'est cependant pas toujours vérifiée, car les légumineuses (famille : Fabacées) ne fixent pas systématiquement l'azote de l'air, et pour le faire un certain nombre de conditions doivent être réunies (Ounane, 1998). Les légumineuses peuvent assurer la réalimentation azotée par deux voies ; la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique combiné du sol sont influencées différemment par les facteurs du milieu du fait de la localisation et de la nature des enzymes impliquées dans ce métabolisme (Said, 1987).

Le stress hydrique reste la principale contrainte limitant la production du pois chiche cultivé sous un régime pluvial (Saxena, 1987). Il dépend de plusieurs facteurs, entre autres les fréquences et la répartition des précipitations le long du cycle de la culture, l'évaporation et la capacité de stockage de l'eau dans le sol (Saxena, 1987).

La production du pois chiche dans les régions méditerranéennes est largement dépendante de la disponibilité en eau et en azote. Dans ces régions, le climat est caractérisé par une faible pluviométrie souvent mal répartie et une minéralisation rapide de la matière organique.

La fertilisation comme thématique de notre travail constitue le facteur faisant partie des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante (Christian Schvartz et *al.*, 2005), et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des

plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (Zidane, 1989).

D'après Silguy (1998), la fertilisation a pour objectif de maintenir ou d'augmenter la fertilité des sols et leur activité biologique aussi améliorer la croissance, la qualité des cultures et augmenter le rendement. Il s'agit de «nourrir le sol pour nourrir la plante» durant toute sa croissance, en privilégiant les engrais organiques qui sont transformés par les êtres vivants du sol avant d'être progressivement absorbables par les plantes. La fertilisation est un facteur incontestablement clé sur le plan agronomique (Moustafa, 1977).

Pour se développer, les plantes doivent prélever dans le milieu où nous les cultivons un certain nombre d'éléments à l'air, c'est ainsi qu'elles empruntent du gaz carbonique et de l'oxygène au sol, de l'eau, de l'air et des matières minérales ; mais nous ne considérons dans ce chapitre que les fournitures faites par le sol (Demlon, 1968).

La potasse influe sur l'équilibre floristique des prairies en favorisant le développement des légumineuses. Elle est facteur de santé de la plante et de qualité.

L'interaction des éléments qui vient d'être signalée pour la potasse existe aussi entre azote et acide phosphorique (accroissement de l'action de chacun des deux éléments) et même entre les principes fertilisants et les éléments secondaires (antagonisme magnésie-potasse) ou entre les principes fertilisants et les oligo-éléments (antagonisme phosphore-zinc, interaction favorable bore-potassium, etc.) (Doumerges et *al.*, 1985).

Notre travail se propose de contribuer à la recherche sur l'effet des concentrations croissantes sur la germination et également la croissance des plantules.

Pour tenter de répondre à cet ensemble de préoccupations, nous allons aborder successivement les chapitres :

- Aperçu sur le taxon ;
- Germination in-vitro ;
- Etude statistique de la germination ;
- Germination dans les pots.

Et enfin une conclusion sera suivie par des citations bibliographiques

# **Chapitre I : Aperçu sur le taxon**

(Pois chiche *Cicer arietinum* L.)

\*\*\*\*\*

## **I.1. Nutrition des plantes**

I.1.1. Fertilisation

I.1.2. Fertilisation minérale

I.1.3. Fertilisation organique

## **I.2. Bio morphologie du pois chiche**

I.2.1. Généralités

I.2.2. Origine

I.2.3. Historique

I.2.4. Morphologie

I.2.5. Classification botanique

I.2.6. Valeur nutritive de pois chiche

I.2.7. Importance du Pois Chiche

I.2.8. Exigences édaphologiques

I.2.9. Exigences climatiques

## Chapitre I : Aperçu sur le taxon

(Pois chiche *Cicer arietinum*L.)

### I.1. Nutrition des plantes

Pour se développer, les plantes ont besoin d'eau, de lumière, de carbone, d'oxygène et d'éléments minéraux. Les besoins de la plante évoluent au cours de sa vie. A chaque stade de son développement, elle doit trouver les éléments nécessaires, sous une forme assimilable. L'air fournit l'oxygène et le gaz carbonique, source du carbone, que la plante fixe grâce à la photosynthèse (Anonyme1, 1987).Le sol est un compartiment complexe, un carrefour multifonctionnel (Gobat et *al.*, 1998).Le sol sert de réserve eau, en matière organique et en éléments minéraux pour alimenter la plante. Aussi, il est l'endroit où les organismes décomposeurs prennent en charge la dégradation de toutes les matières organiques produites dans l'écosystème (Robert, 1996). Le sol représente un réservoir de matières organiques et minérales, il sert de support mécanique et nutritif aux êtres vivants (Gobat et *al.*, 1998).

#### I.1.1. Fertilisation

La Fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante (Christian Schvartz et *al.*,2005), et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (Zidane, 1989).

D'après Silguy (1998), la fertilisation a pour objectif de maintenir ou d'augmenter la fertilité des sols et leur activité biologique aussi améliorer la croissance, la qualité des cultures et augmenter le rendement. Il s'agit de «nourrir le sol pour nourrir la plante» durant toute sa croissance, en privilégiant

les engrais organiques qui sont transformés par les êtres vivants du sol avant d'être progressivement absorbables par les plantes.

### **I.1.2. Fertilisation minérale**

Les engrais minéraux sont des matériaux, naturels ou manufacturés, qui contiennent des éléments fertilisants essentiels pour la croissance et le développement normaux des plantes. Les engrais étant des substances destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a le plus besoin, c'est-à-dire l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) (Anonyme1,1987). Il existe donc des engrais azotés, des engrais phosphatés et des engrais potassiques. Dans une moindre mesure, il y a aussi des engrais soufrés, des fertilisants calciques et magnésiens et des engrais destinés à combler les carences en oligo-éléments (Anonyme2, 1987). La quantité d'azote, mais aussi la forme sous laquelle il est apporté et la date de ces apports sont des critères importants. Le phosphore permet un bon enracinement, une bonne résistance à la sécheresse et joue un rôle dans la maturation des fruits. Le potassium influe sur la concentration en vitamines, en minéraux, en sucres et sur la texture, la fermeté et la résistance au transport. De plus, l'équilibre entre les éléments nutritifs influe sur la composition en éléments minéraux : un excès de potassium réduira l'absorption de calcium et de magnésium. C'est non seulement la quantité d'éléments minéraux mais également l'équilibre entre ceux-ci qui détermine la qualité des récoltes.

### **I.1.3. Fertilisation organique**

Les matières organiques constituent une source en oligo-éléments (Soltner, 2005). Ces éléments sont utilisés par les plantes pour satisfaire leurs besoins au cours de leurs cycles de développement. Ainsi, elle favorise une bonne croissance des plantes. Les matières organiques sont le substrat énergétique des organismes hétérotrophes du sol (Balesdent, 1996), elles

incluent tous les organismes vivants du sol, ainsi que les restes d'organismes morts, dans leurs divers degrés de décomposition (Soco, 2009). La matière organique est un élément et produit majeure des processus biogéochimiques (Labanowski, 2004). Elle est un indicateur général de la qualité du sol (Dat, 2001).

### I.2. Bio morphologie du pois chiche

#### I.2.1. Généralités

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une plante de la famille des Fabacées (ou légumineuses), voisine du petit pois mais d'un genre botanique différent. Il est cultivé dans les régions méditerranéennes et produit une graine comestible. Il est connu par sa haute teneur en glucides assimilables et son centrage élevé en protéines végétales. Son nom latin d'espèce *arietinum* fait référence à la forme de la graine en tête de bélier (*aries*) flanquée de ses cornes. C'est un poids de la taille moyenne, rond et terminé en pointe. Il est très parfumé et conserve sa forme à la cuisson (environ 1 heure). Ses principaux constituants sont les lipides, les substances azotées, l'amidon, les sucres, les sels minéraux (phosphore, potassium, magnésium, calcium, sodium, silice), l'oxyde de fer, de l'arsenic, de l'asparagine, et les vitamines B et C (Laumont et Chevassus, 1956 ; Labdi, 1990).



**Figure N°1** :Photos de la plante pois chiche et des graines utilisées

### I.2.2. Origine

Le pois chiche est probablement originaire du Proche-Orient (Sud-est de la Turquie, Syrie) où trois espèces annuelles sauvages de pois chiches existent encore dans cette région. On dit souvent que le pois chiche a conquis l'Europe durant le moyen âge après que les croisés l'eurent redécouvert au Proche-Orient, mais sa culture et sa consommation sont en réalité attestées bien avant, au moins dès le IX<sup>ème</sup> siècle, par des sources écrites et archéologiques. Le pois chiche est arrivé en Inde il y a seulement deux siècles en passant d'abord par l'Afghanistan. Le nom hindi des pois chiche est Kabulichana (chana=pois chiche). Les variétés à petites graines sont appelées Desi (locale) (Kechache, 2005).

### I.2.3. Historique

Le pois chiche est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme depuis l'antiquité (Van Der Maesen, 1987). Pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est loin d'être une plante nouvelle. Des restes carbonisés découverts au Proche-Orient indiquent que cette espèce était cultivée au VII<sup>ème</sup> millénaire avant les céréales, le petit pois et la lentille (Vanier, 2005 ; Redden et Berger, 2007). Il est probablement originaire des régions de la Palestine actuelle et de la Syrie, car les données archéologiques rapportent des graines de formes cultivées de cette espèce à Ramad (près de Damas) et à Jéricho, qui sont anciennes de 9 200 et 8 500 ans. L'expansion de cette culture a été rapide dans les régions méditerranéennes, car il était cultivé en Égypte depuis au moins 6000 ans (Anonyme3, 1992). Les signes de sa domestication en Turquie remontent à environ 9 400 ans. Le nom latin du genre pois chiche est Cicer dérivé du grec antique Kickere (Anonyme2, 1992). Cependant, il est désigné aujourd'hui par plusieurs noms, chickpea, bengal gram, Gram, Egyptianpea, spanishpea, Chestnutbean (anglais), le pois chiche (français),

Chana(Inde), Homos (Arabe), Grao-de-bico (Portugal), Garbanzo ou Garvance (Espagnole).

### I.2.4. Morphologie

En Algérie, la culture des légumineuses et en particulier le pois chiche a un intérêt national, car elle doit permettre de satisfaire les besoins, réduire les importations et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (Saoud, 2013). En effet, cette culture occupe environ 33,32% de la superficie totale des légumineuses, avec un taux de production de 31,95% de la production nationale des légumineuses alimentaires.

La production nationale ne couvre en moyenne que 30% des besoins de la population. L'Algérie est contrainte d'importer entre 47000 et 56000 tonnes de pois chiche par an pour couvrir une demande constante de la population en croissance démographique continue (Saoud, 2013).

Muehlbauer et al, (1998), décrivent le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) comme étant une plante annuelle herbacée à l'aspect d'un petit buisson à port érigé, parfois arbustive. Elle est constituée par :

**Une tige** : de 30 à 60 cm de hauteur habituellement quadrangulaire qui se ramifie dès la base en 2 ou 3 rameaux secondaires. Elle porte des stipules incisées et dentées (Figure 2).

**Des feuilles** : composées imparipennées et comptent 10 à 15 folioles ovales à contour denté (Figure 3). Certains cultivars peuvent avoir des feuilles simples. Le feuillage est couvert de poils glandulaires excrétant des exsudats acides.

**Des racines** : de type pivotant avec une racine principale qui ne dépasse pas les 60 cm de profondeur et des racines latérales bien développées atteignant

2m. Les racines forment des nodosités grâce à la symbiose avec *Rhizobium ciceri*.

**Des fleurs :** en forme de papillon, caractéristique de la famille des papilionacées (Fabacées). Elles peuvent être blanches, roses et bleues violacées (figure 4). Elles sont isolées sur des pédoncules courts avec une corolle dépassant à peine le calice. Le pétale postérieur est très important : c'est l'étendard, il recouvre les deux pétales latéraux, recouvrant eux même ceux de la carène donnant ainsi une forme de papillon. Le calice est composé de cinq égales. Les fleurs sont hermaphrodites.

**Des fruits :** sous forme de gousses elliptiques de 2,43 à 4,47cm de long. Elles renferment une à deux graines, rarement plus. La gousse est d'abord verte puis devient jaune à maturité (figure 5)

**Les graines :** peuvent avoir un aspect globuleux avec une surface lisse ou rugueuse selon la couleur et la taille des graines à maturité, on distingue deux types de pois chiche cultivés :

Trois types de pois chiche ont connus : le type Kabuli à graines larges, arrondies, de couleur blanche à crème avec un poids de plus de 26 gr pour 100 graines; le type Desi à petites graines angulaires dont la couleur varie du crème au noir en passant par le marron, le jaune et le vert (Figure 6) et Gulabi intermédiaire.



**Figure N°2:** Tige avec rameaux secondaires (Anonyme4, 2010)



**Figure N°3:** Feuilles simples et composées (Anonyme4, 2010)



Figure N°4:Fleur de pois chiche



Figure N°5:Gousse de pois chiche



Figure N°6:Types de graines de pois chiche

### I.2.5. Classification botanique, description du cycle végétatif

Sur le plan taxonomique, la culture du pois chiche est classée comme suit (Messaili, 1995) :

**Embranchement :** *Spermaphytes*

**Sous – Embranchement :** *Angiospermes*

**Classe :** *Dicotylédones/Eudicots*

**Sous – Classe :** *Dialypétales*

**Ordre :** *Rosales*

**Famille :** *Légumineuses/ Fabacées*

**Sous – famille :** *Papilionacées*

**Genre :** *Cicer*

**Espèce :** *Cicer arietinum* L.

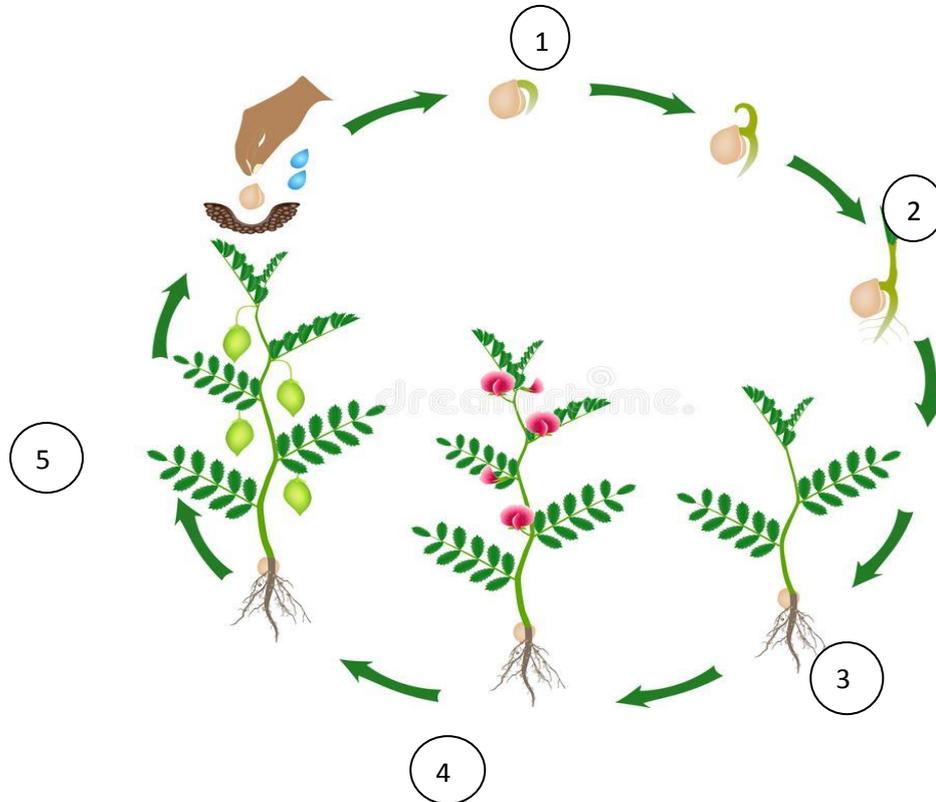
La germination du pois chiche est hypogée (les cotylédons restent souterrains), elle demande environ une semaine de plus que le pois surtout pour les variétés à grosses graines ou à tégument épais (Braune, 1988).

Le développement commence avec l'élongation d'une tige principale, les premières feuilles apparaissent au 3<sup>ème</sup> nœud et n'ont que l'équivalent d'écailles à la base des quelques bourgeons axillaires qui se développeront aussi haut que la tige principale et les ramifications primaires. Il peut apparaître une ou 4<sup>ème</sup> ramification primaire basale à l'aisselle de la 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> feuille normale (Ploux, 1985).

Si la jeune plantule est sectionnée à la levée, elle n'a plus la morphologie typique (pas de tige principale et les ramifications primaires épargnées poussent seules). Quand la jeune tige est sectionnée sous les feuilles écailleuses, la graine émet deux tiges à partir de bourgeons cotylédonaires.

La floraison est indéfini, elle commence aux nœuds inférieur de bas en haut (Sinha, 1980), chaque nœud ne porte qu'une fleur située sur un pédoncule.

Les premiers boutons floraux avortent prématurément en cas de temps froid ou couvert (Braune, 1988).



**Figure N°7 :** Cycle biologique de pois chiche : (1) Graine, (2) Germination, (3) Croissance, (4) Floraison, (5) Fructification.

### I.2.6. Valeur nutritive de pois chiche

Le pois chiche est une plante destinée à l'alimentation humaine. Sa valeur nutritive est importante grâce à ses grains qui sont riches en protéines, 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.2.7. Importance du Pois Chiche**

#### **I.2.7.1. Dans le monde**

Selon la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et en anglais (Food and Agriculture Organisation), les grands pays producteurs du pois chiche sont les suivants : L'Inde est non seulement le plus important de légumineuses alimentaires au monde, mais également le plus important consommateur. Le Canada est devenu en 2000-2001 un important exportateur de pois chiches, avec des exportations évaluées à 106 millions de dollars. La production mondiale est estimée à environ 7 millions de tonnes pour une superficie de 10 millions d'hectares, mais selon les estimations, les superficies étaient très limitées en 2003, elles étaient de l'ordre de 9900 ha jusqu'au 2006 ont atteint 10800 ha. Au cours de ces dernières années la production mondiale a connu des hauts et des bas allant de 6,7 million de tonnes (MT) en 2000-2001 à 9,5 MT en 1998-1999.

#### **I.2.7.2. Importance économique en Algérie**

La culture du pois chiche occupe la troisième place dans la production mondiale des légumineuses après la fève et le petit pois, dont l'Asie est le premier producteur avec une superficie de 10 159 000 ha (Rajesh, 2001). La superficie des terres cultivées en Algérie s'élève à 5 243 067 ha soit 2,22% de la superficie totale du pays. La culture du pois chiche occupe en Algérie seulement 0,63% de la superficie des terres cultivées soit 33 295 ha. La production nationale se situe entre 270 et 350 tonnes par an. Les principales zones de culture de pois chiche sont Sétif, Constantine et Guelma (est du pays), Sidi Bel Abbès, Témouchent, Mascara et Tlemcen (ouest du pays) (Anonyme3, 2015).

En Algérie, la culture des légumineuses en particulier le pois chiche à un intérêt national, car elle doit permettre de satisfaire les besoins, réduire les importations et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (Saoud, 2013). En effet, cette culture occupe environ 33,32% de la superficie totale des légumineuses, avec un taux de production de 31,95% de la production nationale des légumineuses alimentaires (Tableau 1).

**Tableau N°1:** Légumineuses alimentaires cultivées en Algérie : leur importance en superficie, production et rendement (moyenne 2000- 2014) (M.A.D.R, 2015)

| Légumes secs     | Superficie    |            | Production     |            | Rdt       |
|------------------|---------------|------------|----------------|------------|-----------|
|                  | Ha            | %          | Qx             | %          | Qx/ha     |
| Fèves-féveroles  | 34 421        | 48.01      | 305 249        | 51.41      | 8.81      |
| Pois-chiche      | 23 892        | 33.32      | 189 659        | 31.95      | 7.65      |
| Pois-sec         | 8.823         | 12.31      | 62 510         | 10.53      | 6.86      |
| Lentilles        | 2 996         | 4.18       | 25 206         | 4.25       | 7.11      |
| Haricots-secs    | 1 401         | 1.95       | 9 613          | 1.62       | 6.76      |
| Gesses-guerfalas | 162           | 0.23       | 1 290          | 0.22       | 7.58      |
| <b>Total</b>     | <b>71 695</b> | <b>100</b> | <b>593 529</b> | <b>100</b> | <b>45</b> |

### I.2.7.3. Importance agronomique et fertilité

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).

La fertilité des sols va favoriser l'installation d'autres plantes présentant un intérêt écologique par le recouvrement des zones arides et semi arides. Cet apport d'azote limite le recours aux engrais chimiques, ce qui réduit le coût de production et la pollution de l'environnement (Zaghouane et *al.*, 1995; Kichou, 2003).

### **I.2.8 Exigences culturales du pois chiche**

Le pois chiche est une plante à climat humide. La température optimale exigé varie entre 18C° et 29C° le jour et 20C° la nuit (Verret, 1982 et Girrad, 1985). Sa capacité d'absorption d'eau dans le sol s'effectue grâce à son système racinaire très développé (Duke, 1981). Cependant, comme la plupart des légumineuses à graines, le pois chiche est sensible aux facteurs de l'environnement ; il ne supporte pas les sols mal drainés qui favorisent le développement de maladies (Plancquaert et Wery, 1991).

Le pois chiche semble préférer les sols meubles, profonds, plus au moins argileux avec une bonne capacité de rétention (Melakhessou, 2007). Il ne supporte pas les sols mal drainés qui favorisent le développement des maladies cryptogamiques (Plancquaert et Wery, 1991). Les sols très calcaires sont à exclure, car ils donnent des gousses qui cuisent mal. Il supporte mal les sols salins. Le pH du sol favorable à cette culture se situe entre 6 et 9 (Melakhessou, 2007).

### **I.2.9. Exigences édaphologiques**

Le pois chiche semble préférer les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention (Molani et Chandra, 1970 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.2.9. Exigences climatiques

- **Températures**

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).

- **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 (Verghiset *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, quelque 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 (Verghiset *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.

- **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 l'anodulation, la fixation d'azote et la floraison (Lie, 1971 in Beddar, 1999). Les photopériodes prolongées et les températures élevées accélèrent les phases de développement végétatif.

# **Chapitre II : Germination in vitro**

## **II.1.Introduction**

## **II.2. Site**

## **II.3.Paramètres étudiés**

II.3.1. Taux de germination finale TGF (la faculté germinative)

II.3.2. Conductivité électrique CE

II.3.3. Pression osmotique

II.3.4.pH

II.3.5.S.S.T

## **II.4. Matériels et méthodes**

II.4.1. Matériel

II.4.2. Méthodologie

## **II.5. Résultats et interprétations**

## **II.6.Conclusion**

## Chapitre II : Germination in vitro

### II.1.Introduction

Nous avons délibérément choisi une gamme de concentrations de trois produits fertilisants, il s'agit de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ , de  $\text{KCl}$  et de  $\text{MgNO}_3$ ) comme suit : 1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 6g/l, 7g/l, 8g/l. L'expérience s'est produite sur une espèce végétale appartenant à la famille des fabacées (espèce annuelle à large consommation) avec des faibles concentrations pour ne pas léser ou encore ne pas altérer les individus végétaux en particulier concernant ce stade de démarrage de la germination. Que pouvons-nous attendre de cette expérience ? Les concentrations croissantes de ces produits pourront-ils montrer l'effet de la fertilisation sur ce stade biologique ? Pour essayer de répondre à ces questions nous aborderons :

- Site ;
- Paramètres étudiés ;
- Matériels et méthodes ;
- Résultats et interprétations ;
- Enfin une conclusion achèvera ce chapitre.

### II.2. Site

Nous avons effectué l'ensemble de l'expérience in vitro portant sur les germinations des graines de l'espèce dans le laboratoire d'Ecologie et de gestion des écosystèmes naturels.

### II.3. Paramètres étudiés

#### II.3.1. Taux de germination final TGF

C'est le pourcentage maximal de graines germées sur le nombre total de graines mises à germer, elle s'exprime en pourcentage (%).

**TGF= (nombre de graines germées / nombre de gaines mises à germer) ×100**

(Côme, 1970).

### **II.3.2. Conductivité électrique CE**

Elle est utilisée pour la mesure de la salinité des eaux et du sol exprimé en milli Siemens par centimètre (mS/cm) à **25°C** ou en millimhos /cm (Aubert, 1978).

Selon Michel, (2005), c'est l'évaluation de la capacité de l'électrolyte à conduire le courant électrique (CE) de la solution du sol rapportée à une température standard de **25°C**.

### **II.3.3. Pression osmotique**

Les solutions de traitements salés présentent une pression osmotique (P.O) la quelle est directement fonction de sa concentration en sels (Benabadji, 1977). Il existe en effet une relation de proportionnalité directe entre la **CE** la **PO**.

$$\boxed{PO = k \cdot CE}$$

(k=coefficient nature du sel 0.36)

### **II.3.4.pH**

C'est une mesure de la quantité d'ions d'hydrogène présents en solution aqueuse du sol, elle détermine l'acidité ou la basicité de ce milieu. Elle exprime des grandeurs selon une échelle de 0 à 14. Les valeurs inférieures à 7 indiquent une acidité et le contraire correspond à un caractère basique Baise(1990).

1 < pH < 5 Très acide.

5 < pH < 7 peu acide

pH = Neutre.

7 < pH < 8 peu alcalin.

### II.3.5.Eaux de traitement et S.S.T (sels solubles totaux)

La variable édaphique (SST) a été calculée en faisant la somme des sels solubles totaux. Elle est donnée par la relation suivante :

$$\boxed{\text{SST} = \text{CE} \times 5}$$

CE : Conductivité électrique

Les analyses des eaux utilisées pour les 3 sels utilisés (CE, PO, pH, S.S.T) sont consignés dans les tableaux ci-joint (Tableaux N°2, N°3 et N°4) :

**Tableau N°2 : Valeurs des eaux de traitement  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$**   
(CE, PO, pH, S.S.T)

| Concentration de<br>$\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ | Conductivité           |                                | pH   | S.S.T |
|--|------------------------|--------------------------------|------|-------|
|  | Electrique<br>(mS /cm) | Pression<br>Osmotique<br>(P.O) |      |       |
| C <sub>0</sub> Eau douce   |                        |                                | 6.80 |       |
| C <sub>1</sub> [1g/L]  | 1.5                    | 0.54                           | 6.5  | 7.5   |
| C <sub>2</sub> [2g/L]  | 1.4                    | 0.504                          | 6.5  | 7     |
| C <sub>3</sub> [3g/L]  | 1.5                    | 0.54                           | 6.5  | 7.5   |
| C <sub>4</sub> [4g/L]  | 1.2                    | 0.432                          | 6.5  | 6     |
| C <sub>5</sub> [5g/L]  | 1.5                    | 0.54                           | 6.5  | 7.5   |
| C <sub>6</sub> [6g/L]  | 2.6                    | 0.936                          | 6.5  | 13    |
| C <sub>7</sub> [7g/L]  | 3                      | 1.08                           | 6.5  | 15    |
| C <sub>8</sub> [8g/L]  | 3                      | 1.188                          | 6.5  | 16.5  |

**Tableau N°3 : Valeurs des eaux de traitement KCl**  
(CE, PO, pH, S.S.T)

| Concentration de<br><b>K Cl</b> | Conductivité<br>Electrique<br>(mS /cm) | Pression<br>Osmotique<br>(P.O) | pH   | S.S.T |
|---------------------------------|--|--------------------------------|------|-------|
| C <sub>0</sub> Eau douce        |  |                                | 6.80 |       |
| C <sub>1</sub> [1g/L]           | 2                                      | 0.72                           | 7.06 | 10    |
| C <sub>2</sub> [2g/L]           | 3.4                                    | 1.224                          | 7.06 | 17    |
| C <sub>3</sub> [3g/L]           | 4.7                                    | 1.692                          | 7.06 | 23.5  |
| C <sub>4</sub> [4g/L]           | 6.1                                    | 2.196                          | 7.06 | 30.5  |
| C <sub>5</sub> [5g/L]           | 7.1                                    | 2.556                          | 7.06 | 35.5  |
| C <sub>6</sub> [6g/L]           | 8.7                                    | 3.132                          | 7.06 | 43.5  |
| C <sub>7</sub> [7g/L]           | 10.1                                   | 3.636                          | 7.06 | 50.5  |
| C <sub>8</sub> [8g/L]           | 11.3                                   | 4.068                          | 7.06 | 56.5  |

**Tableau N°4** : Valeurs des eaux de traitement  $\text{MgNO}_3$

(CE, PO, pH, S.S.T)

| Concentration de<br><b>Mg NO<sub>3</sub></b> | Conductivité<br>Electrique<br>(mS /cm) | Pression<br>Osmotique<br>(P.O) | pH   | S.S.T |
|--|--|--------------------------------|------|-------|
| C <sub>0</sub> Eau douce                     |  |                                | 6.80 |       |
| C <sub>1</sub> [1g/L]                        | 1.5                                    | 0.54                           | 7.58 | 7.5   |
| C <sub>2</sub> [2g/L]                        | 1.9                                    | 0.684                          | 7.58 | 9.5   |
| C <sub>3</sub> [3g/L]                        | 2.5                                    | 0.9                            | 7.58 | 12.5  |
| C <sub>4</sub> [4g/L]                        | 2.8                                    | 1.008                          | 7.58 | 14    |
| C <sub>5</sub> [5g/L]                        | 3.7                                    | 1.332                          | 7.58 | 18.5  |
| C <sub>6</sub> [6g/L]                        | 4.2                                    | 1.512                          | 7.58 | 21    |
| C <sub>7</sub> [7g/L]                        | 4.3                                    | 1.548                          | 7.58 | 21.5  |
| C <sub>8</sub> [8g/L]                        | 5.5                                    | 1.98                           | 7.58 | 27.5  |



**Figure N°8 : Photo du Conductivimètre**

## II.4. Matériels et méthodes

### II.4.1. Matériels

- Boîtes de pétrie,
- Pipettes,
- Fioles,
- Mortier et pilon,
- dilutions
- Papier filtre,
- Produits :  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgNO}_3$
- Eau de robinet,
- Eau de javel,
- Réfrigérateur ( $5^\circ\text{C}$ )

### II.4.2. Méthodologie

#### II.4.2.1. Préparation des dilutions

- **Solutions mères**

La préparation des dilutions dans de l'eau distillée des solutions salines mères des produits  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (50g/l),  $\text{KCl}$  et de  $\text{MgNO}_3$ , (50g/l) a été effectuée comme suit :

-On a pris successivement 50g/l de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$  (orthophosphate dihydrogène de sodium) et 50g/l  $\text{KCl}$  (Potassium chlorure) et de  $\text{MgNO}_3$  (Magnésium de Nitrate),

-On a complété avec de l'eau distillée à 1000 ml (1 litre),

-Les trois préparations ont subi une dissolution puis un chauffage compte tenu de leur dureté.

- **Préparation des différentes concentrations :**

A partir des 3 solutions mères de 50g/l ( $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$  et de  $\text{MgNO}_3$ ), huit concentrations furent établies : 1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 6g/l, 7g/l, 8g/l.

### **II.4.2.2. Préparation des graines et semis**

Avant leur mise en germination, nous avons été amenés à sélectionner et trier les graines. Le choix a été porté sur les graines saines et ne présentant pas de lésions ou de blessures pouvant influencer négativement sur le déroulement du processus de germination.

Il a été procédé d'autre part au lavage et au rinçage successivement à l'eau courante et à l'eau de javel.

Pour éviter toute contamination avec le substrat de culture, les racines sont soigneusement rincées à l'eau courante.

Celles-ci sont ensuite séchées puis disposées en colonne linéairement au nombre de 8 et sont disposées à l'aide d'une pince stérilisée dans des boîtes de pétri de 10 cm de diamètre tapissée d'une couche de papier filtre stérile.

Cette germination a été suivie dans deux températures différentes (20°C, température ambiante et 5°C, température du réfrigérateur)

### **II.4.2.3. Arrosages avec les concentrations croissantes**

Nous avons été amenés à procéder à des arrosages réguliers ou presque (Concentrations des produit fertilisant) en fonction des besoins (a raison de deux ou trois fois par semaine).

L'expérimentation ou du moins l'arrosage des boîtes de pétrie par l'eau salée a été suivi par des essais témoins avec 2 répétitions chacune (arrosage à l'eau distillé).

Chaque traitement (concentration produit fertilisants) aussi bien pour le pois chiche répété 3 fois (3 boîte pétrie) a été conduit dans deux conditions de température ( $20^{\circ}\text{C}$  et  $5^{\circ}\text{C}$ ).

### II.4.2.4 .Mesures

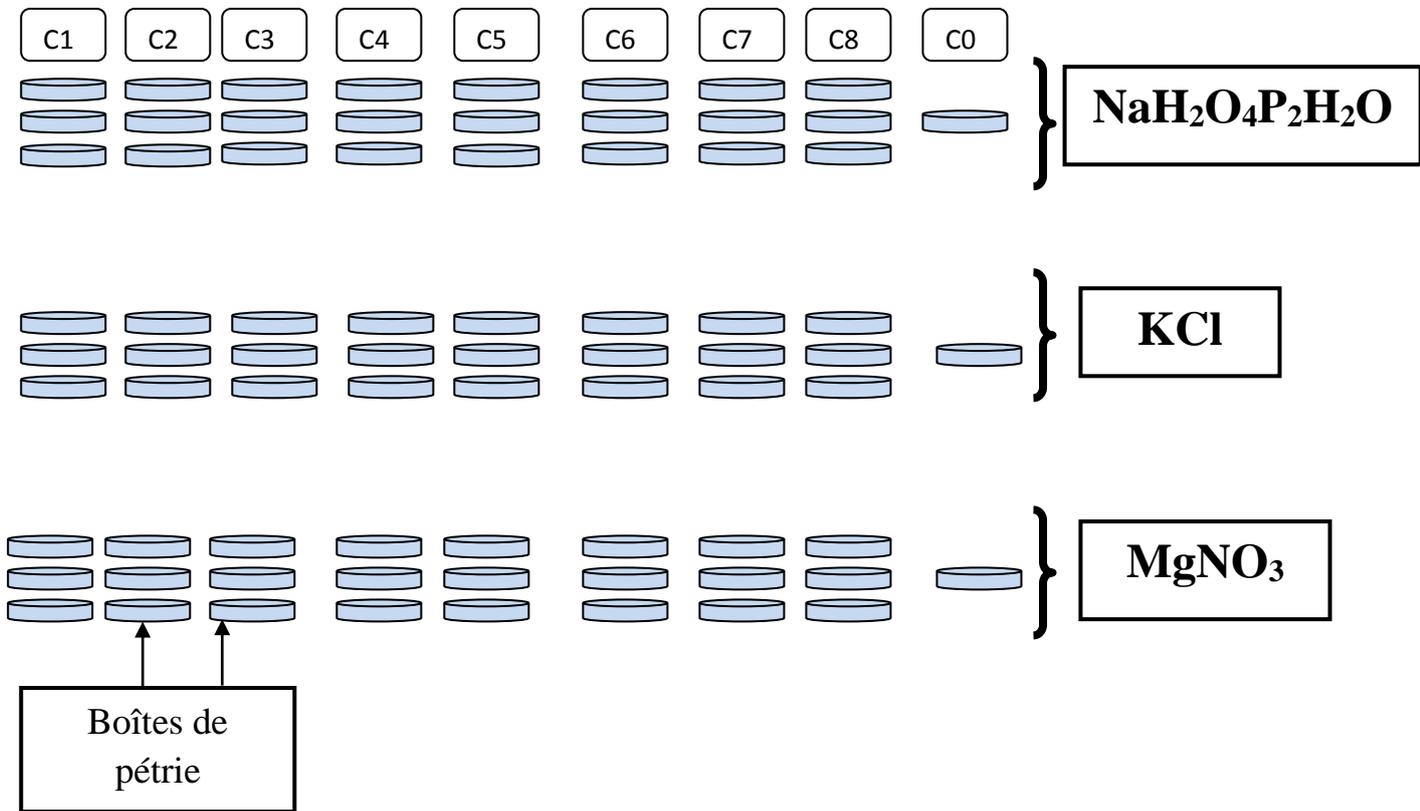
- **Taux de germination :**

La Cinétique de germination représente par l'évolution des % de germination cumulés en fonction du temps. Cette dite cinétique est établie à partir des taux cumule de graine germées notamment la variation du taux de germination en fonction du temps.

La longueur de la partie aérienne est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm) du collet à l'apex de latige.



**Figure N°9 :** Photos de la préparation des solutions mères



**Figure 10** : Dispositif expérimental de l'essai de germination du Pois chiche (*Cicer arietinum* L.) dans les boîtes de pétrie

« Produits »

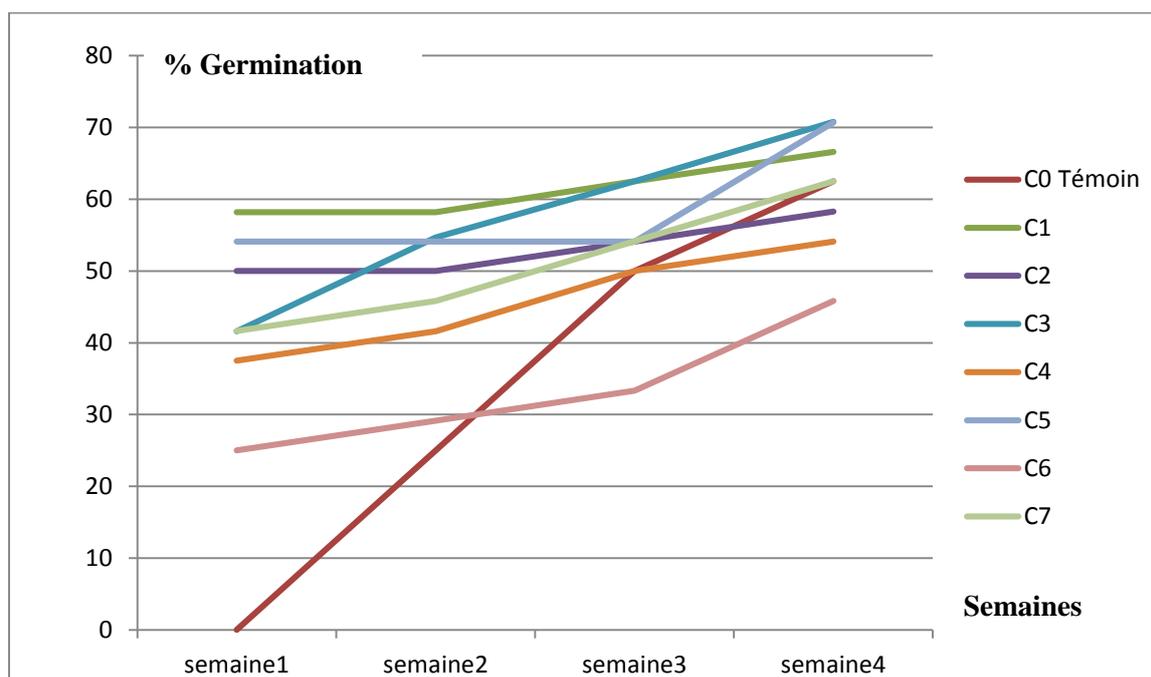
## II.5. Résultats et interprétation

- A 20C°

**Tableau N°5 : Germination des graines *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O à température 20°C**

| Temps<br>Concentrations  |               | 1 ère semaine  |                |                |              | 2 ème semaine  |                |                |              | 3 ème semaine  |                |                |              | 4 ème semaine  |                |                |              | Ecart type |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
|                          |               | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          |            |
| C <sub>1</sub><br>[1g/l] | <b>Nombre</b> | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>     | 5              | 6              | 5              | <b>5.33</b>  | //////     |
|                          | <b>%</b>      | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.2</b>  | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.2</b>  | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b>  | 62.5           | 75             | 62.5           | <b>66.6</b>  | //////     |
| C <sub>2</sub><br>[2g/l] | <b>Nombre</b> | 3              | 3              | 6              | <b>4</b>     | 3              | 3              | 6              | <b>4</b>     | 4              | 3              | 6              | <b>4.33</b>  | 4              | 4              | 6              | <b>4.66</b>  | 1.29       |
|                          | <b>%</b>      | 37.5           | 37.5           | 75             | <b>50</b>    | 37.5           | 37.5           | 75             | <b>50</b>    | 50             | 37.5           | 75             | <b>54.1</b>  | 50             | 50             | 75             | <b>58.3</b>  | //////     |
| C <sub>3</sub><br>[3g/l] | <b>Nombre</b> | 3              | 4              | 3              | <b>3.33</b>  | 3              | 5              | 3              | <b>3.66</b>  | 6              | 5              | 4              | <b>5</b>     | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 1.18       |
|                          | <b>%</b>      | 37.5           | 50             | 37.5           | <b>41.6</b>  | 37.5           | 62.5           | 37.5           | <b>45.7</b>  | 75             | 62.5           | 50             | <b>62.5</b>  | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.8</b>  | //////     |
| C <sub>4</sub><br>[4g/l] | <b>Nombre</b> | 2              | 4              | 3              | <b>3</b>     | 2              | 5              | 3              | <b>3.33</b>  | 3              | 5              | 4              | <b>4</b>     | 3              | 5              | 5              | <b>4.33</b>  | 0.68       |
|                          | <b>%</b>      | 25             | 50             | 37.5           | <b>37.5</b>  | 25             | 62.5           | 37.5           | <b>41.6</b>  | 37.5           | 62.5           | 50             | <b>50</b>    | 37.5           | 62.5           | 62.5           | <b>54.1</b>  | //////     |
| C <sub>5</sub><br>[5g/l] | <b>Nombre</b> | 5              | 5              | 3              | <b>4.33</b>  | 5              | 5              | 3              | <b>4.33</b>  | 5              | 5              | 3              | <b>4.33</b>  | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 1.02       |
|                          | <b>%</b>      | 62.5           | 62.5           | 37.5           | <b>54.1</b>  | 62.5           | 62.5           | 37.5           | <b>54.1</b>  | 62.5           | 62.5           | 37.5           | <b>54.1</b>  | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.7</b>  | //////     |
| C <sub>6</sub><br>[6g/l] | <b>Nombre</b> | 00             | 4              | 2              | <b>2.66</b>  | 00             | 5              | 2              | <b>2.33</b>  | 00             | 5              | 3              | <b>2.66</b>  | 3              | 5              | 3              | <b>3.66</b>  | 1.83       |
|                          | <b>%</b>      | 00             | 50             | 25             | <b>25</b>    | 00             | 62.5           | 25             | <b>29.16</b> | 00             | 62.5           | 37.5           | <b>33.33</b> | 37.5           | 62.5           | 37.5           | <b>45.83</b> | //////     |
| C <sub>7</sub><br>[7g/l] | <b>Nombre</b> | 5              | 2              | 3              | <b>3.33</b>  | 6              | 2              | 3              | <b>3.66</b>  | 6              | 4              | 3              | <b>4.33</b>  | 7              | 4              | 4              | <b>5</b>     | 1.55       |
|                          | <b>%</b>      | 62.5           | 25             | 37.5           | <b>41.66</b> | 75             | 25             | 37.5           | <b>45.83</b> | 75             | 50             | 37.5           | <b>54.16</b> | 87.5           | 50             | 50             | <b>62.5</b>  | //////     |
| C <sub>8</sub><br>[8g/l] | <b>Nombre</b> | 1              | 1              | 2              | <b>1.3</b>   | 3              | 2              | 2              | <b>2.33</b>  | 3              | 2              | 4              | <b>3</b>     | 6              | 3              | 5              | <b>4.66</b>  | 0.68       |
|                          | <b>%</b>      | 12.5           | 12.5           | 25             | <b>16.66</b> | 37.5           | 25             | 25             | <b>29.16</b> | 37.5           | 25             | 50             | <b>37.5</b>  | 75             | 37.5           | 62.5           | <b>58.33</b> | //////     |
| C <sub>0</sub><br>E. D.  | <b>Nombre</b> | 00             |                |                | <b>00</b>    | 2              |                |                | <b>2</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     | 5              |                |                | <b>5</b>     | 1.91       |
|                          | <b>%</b>      | 00             |                |                | <b>00</b>    | 25             |                |                | <b>25</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | 62.5           |                |                | <b>62.5</b>  | //////     |

**R= Répétition Moy = Moyenne E.D=Eau du robinet**



**Figure N°11 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différents concentration de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  à température ambiante  $20^\circ\text{C}$  en fonction du temps (semaines)

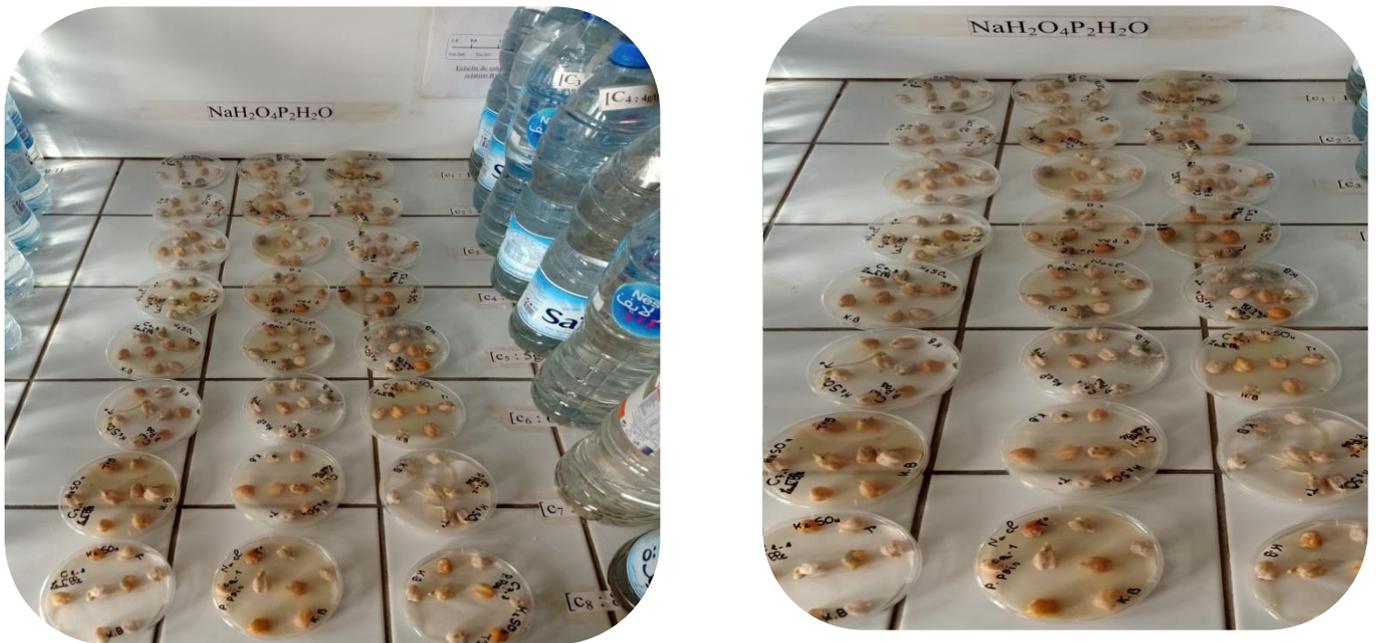
Nous sommes en présence d'une évolution du taux de germination croissant à travers les semaines. Les traitements (C6 -6g/l et C5-5g/l de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ) en sont responsables, les pourcentages varient entre 25% (pourcentage minimal) et 70.7% (pourcentage maximum).

Les autres concentrations (1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 6g/l, 7g/l) se situent dans la gamme moyenne, en effet le pourcentage de germination, passe de 29.16% à 66.6% entre la première et la quatrième semaine soit une élévation de plus de 50%, ce qui peut être considéré comme une différence très significative.

Les taux de germination les moins élevés sont ceux de 6g/l de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ , les seuils ne dépassent pas les 45.8%, nous n'avons même pas la moitié de graines ayant germé ce qui est assez surprenant d'ailleurs, les valeurs sont dans ce cas sont maintenues à leur niveau le plus bas. Il s'agit là

d'une concentration (C6 -6g/l), celle-ci ne semble pas influencer d'une manière positive ce stade végétatif embryonnaire.

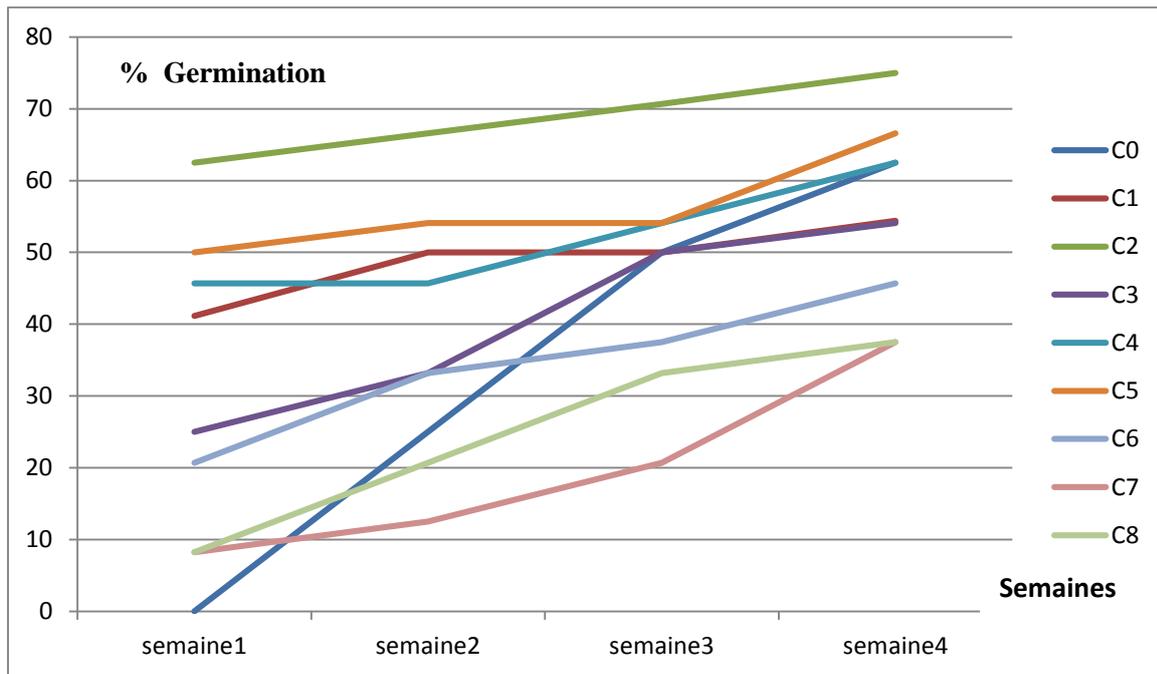
Les différences entre les répétitions (nombre de graines germées) sont assez significatives avec des valeurs qui oscillent entre 0.48 (pour le traitement 1g/l) et 1.83 (Pour le traitement 6g/l). D'une répétition à l'autre le taux de germination accuse une certaine fluctuation due probablement à des manipulations mal conduites.



**Figure N°12 :** Photos de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  à température ambiante  $20^\circ\text{C}$

**Tableau N°6 : Germination des graines *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de KCl à température 20°C**

| Temps<br>Concentrations  |        | 1 ère semaine  |                |                |             | 2 ème semaine  |                |                |             | 3 ème semaine  |                |                |             | 4 ème semaine  |                |                |             | Ecart type |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                          |        | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         |            |
| C <sub>1</sub><br>[1g/l] | Nombre | 4              | 3              | 3              | <b>3.33</b> | 5              | 3              | 4              | <b>4</b>    | 5              | 3              | 4              | <b>4</b>    | 5              | 3              | 5              | <b>4.33</b> | 0.86       |
|                          | %      | 50             | 37.5           | 37.5           | <b>41.6</b> | 62.5           | 37.5           | 50             | <b>50</b>   | 62.5           | 37.5           | 50             | <b>50</b>   | 62.5           | 37.5           | 62.5           | <b>54.1</b> | ////       |
| C <sub>2</sub><br>[2g/l] | Nombre | 5              | 7              | 3              | <b>5</b>    | 5              | 7              | 4              | <b>5.33</b> | 5              | 7              | 5              | <b>5.66</b> | 5              | 7              | 6              | <b>6</b>    | 1.25       |
|                          | %      | 62.5           | 87.5           | 37.5           | <b>62.5</b> | 62.5           | 87.5           | 50             | <b>66.6</b> | 62.5           | 87.5           | 62.5           | <b>70.7</b> | 62.5           | 87.5           | 75             | <b>75</b>   | ////       |
| C <sub>3</sub><br>[3g/l] | Nombre | 00             | 3              | 3              | <b>2</b>    | 2              | 5              | 3              | <b>2.66</b> | 4              | 5              | 3              | <b>4</b>    | 4              | 5              | 4              | <b>4.33</b> | 1.38       |
|                          | %      | 00             | 37.5           | 37.5           | <b>25</b>   | 25             | 62.5           | 37.5           | <b>33.2</b> | 50             | 62.5           | 37.5           | <b>50</b>   | 50             | 62.5           | 40             | <b>54.1</b> | ////       |
| C <sub>4</sub><br>[4g/l] | Nombre | 4              | 3              | 4              | <b>3.66</b> | 4              | 3              | 4              | <b>3.66</b> | 4              | 4              | 5              | <b>4.33</b> | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>    | 0.81       |
|                          | %      | 50             | 37.5           | 50             | <b>45.7</b> | 50             | 37.5           | 50             | <b>45.7</b> | 50             | 50             | 62.5           | <b>54.1</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b> | ////       |
| C <sub>5</sub><br>[5g/l] | Nombre | 5              | 3              | 4              | <b>4</b>    | 6              | 3              | 4              | <b>4.33</b> | 6              | 3              | 4              | <b>4.33</b> | 6              | 5              | 5              | <b>5.33</b> | 1.11       |
|                          | %      | 62.5           | 37.5           | 50             | <b>50</b>   | 75             | 37.5           | 50             | <b>54.1</b> | 75             | 37.5           | 50             | <b>54.1</b> | 75             | 62.5           | 62.5           | <b>66.6</b> | ////       |
| C <sub>6</sub><br>[6g/l] | Nombre | 2              | 00             | 3              | <b>1.66</b> | 2              | 1              | 5              | <b>2.66</b> | 3              | 1              | 5              | <b>3</b>    | 3              | 3              | 5              | <b>3.66</b> | 1.58       |
|                          | %      | 25             | 00             | 37.5           | <b>20.7</b> | 25             | 12.5           | 62.5           | <b>33.2</b> | 37.5           | 12.5           | 62.5           | <b>37.5</b> | 37.5           | 37.5           | 62.5           | <b>45.8</b> | ////       |
| C <sub>7</sub><br>[7g/l] | Nombre | 1              | 1              | 00             | <b>0.66</b> | 1              | 2              | 00             | <b>1</b>    | 3              | 2              | 00             | <b>1.66</b> | 3              | 2              | 4              | <b>3</b>    | 1.25       |
|                          | %      | 12.5           | 12.5           | 00             | <b>8.25</b> | 12.5           | 25             | 00             | <b>12.5</b> | 37.5           | 25             | 00             | <b>20.7</b> | 37.5           | 25             | 50             | <b>37.5</b> | ////       |
| C <sub>8</sub><br>[8g/l] | Nombre | 2              | 00             | 00             | <b>0.66</b> | 2              | 3              | 00             | <b>1.66</b> | 2              | 4              | 2              | <b>2.66</b> | 2              | 4              | 3              | <b>3</b>    | 1.35       |
|                          | %      | 25             | 00             | 00             | <b>8.25</b> | 25             | 37.5           | 00             | <b>20.7</b> | 25             | 50             | 25             | <b>33.2</b> | 25             | 50             | 37.5           | <b>37.5</b> | ////       |
| C <sub>0</sub><br>E. D.  | Nombre | 00             |                |                | <b>00</b>   | 2              |                |                | <b>2</b>    | 4              |                |                | <b>4</b>    | 5              |                |                | <b>5</b>    | 1.91       |
|                          | %      | 00             |                |                | <b>00</b>   | 25             |                |                | <b>25</b>   | 50             |                |                | <b>50</b>   | 62.5           |                |                | <b>62.5</b> |            |



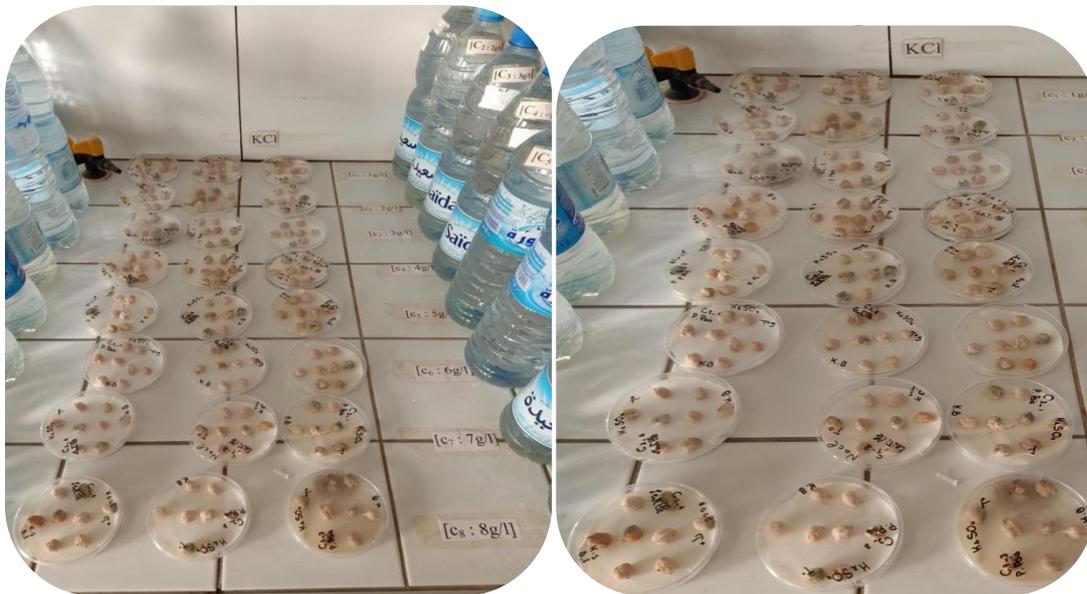
**Figure N°13 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différents concentration de **KCl** à température ambiante **20°C** en fonction du temps

Le tableau N°6 affiche une variation du pourcentage de germination en fonction des semaines notamment pour les traitements (C7 [7g/l] et C2 [2g/l] de **KCl**. Il est à remarquer que cet élément trophique comportant le potassium (K) a permis d'observer des taux de germination qui diffèrent considérablement, de 8.25% à 75% dans le temps (première à la dernière semaine), c'est-à-dire un écart de l'ordre de 70% entre les pourcentages minimums et maximums relevés.

Les traitements qui se positionnent entre les minimums et les maximums (1g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 6g/l, 8g/l) permettent de relever sur ce stade juvénile de la plante des taux qui oscillent entre la première et la quatrième semaine de 8.25% à 66.6%, c'est là une différence très significative où l'effet de l'élément potassium semble agir favorablement sur ce démarrage végétatif.

Le traitement de 7g/l du produit **KCl** ne dépassent pas les 37.5% pour cette quantité. L'effet trophique n'a pas été significatif, 7g/l est une quantité assez élevée. Nous aurions attendu une germination à la hauteur de nos attentes, malheureusement ce fut l'inverse.

Nous avons une différence significative, nous passons du simple au double, les chiffres obtenus sur la germination varient entre 0.81 (Pour le traitement 4g/l) et 1.58 (Pour le traitement 6g/l). Cet écart trouve son explication dans les opérations ou manipulations, une hypothèse assez fondée !

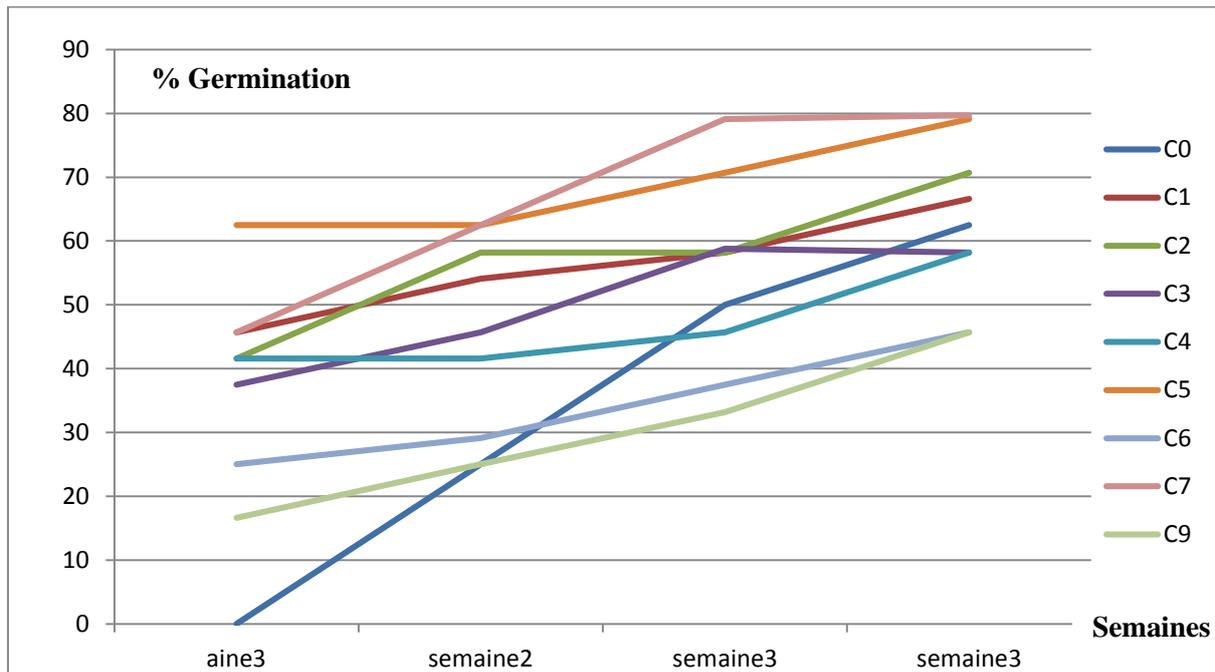


**Figure N°14** : Photos de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de **KCl** à température ambiante 20°C

## Chapitre II : Germination in vitro

**Tableau N°7 : Germination des graines *Cicer arietinum* L .dans différentes concentrations de MgNO<sub>3</sub> à température 20°C**

| Temps<br>Concentrations  |        | 1 ère semaine  |                |                |             | 2 ème semaine  |                |                |             | 3 ème semaine  |                |                |             | 4 ème semaine  |                |                |             | Ecart type |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-------------|------------|
|                          |        | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy         |            |
| C <sub>1</sub><br>[1g/l] | Nombre | 4              | 1              | 6              | <b>3.66</b> | 4              | 3              | 6              | <b>4.33</b> | 4              | 4              | 6              | <b>4.66</b> | 5              | 4              | 7              | <b>5.33</b> | 1.55       |
|                          | %      | 50             | 12.5           | 75             | <b>45.7</b> | 50             | 37.5           | 75             | <b>54.1</b> | 50             | 50             | 75             | <b>58.2</b> | 62.5           | 50             | 87.5           | <b>66.6</b> | ////       |
| C <sub>2</sub><br>[2g/l] | Nombre | 4              | 2              | 4              | <b>3.33</b> | 6              | 2              | 6              | <b>4.66</b> | 6              | 2              | 6              | <b>4.66</b> | 7              | 4              | 6              | <b>5.66</b> | 1.75       |
|                          | %      | 50             | 25             | 50             | <b>41.6</b> | 75             | 25             | 75             | <b>58.2</b> | 75             | 25             | 75             | <b>58.2</b> | 87.5           | 50             | 75             | <b>70.8</b> | ////       |
| C <sub>3</sub><br>[3g/l] | Nombre | 2              | 3              | 4              | <b>3</b>    | 2              | 5              | 4              | <b>3.66</b> | 3              | 5              | 5              | <b>4.33</b> | 3              | 5              | 6              | <b>4.66</b> | 1.25       |
|                          | %      | 25             | 37.5           | 50             | <b>37.5</b> | 25             | 62.5           | 50             | <b>45.7</b> | 37.5           | 62.5           | 62.5           | <b>58.8</b> | 37.5           | 62.5           | 75             | <b>58.3</b> | ////       |
| C <sub>4</sub><br>[4g/l] | Nombre | 3              | 2              | 5              | <b>3.33</b> | 3              | 2              | 5              | <b>3.33</b> | 3              | 3              | 5              | <b>3.66</b> | 3              | 5              | 6              | <b>4.66</b> | 1.29       |
|                          | %      | 37.5           | 25             | 62.5           | <b>41.6</b> | 37.5           | 25             | 62.5           | <b>41.6</b> | 37.5           | 37.5           | 62.5           | <b>45.7</b> | 37.5           | 62.5           | 75             | <b>58.2</b> | ////       |
| C <sub>5</sub><br>[5g/l] | Nombre | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>    | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>    | 5              | 6              | 6              | <b>5.66</b> | 6              | 7              | 6              | <b>6.33</b> | 0.64       |
|                          | %      | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b> | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b> | 62.5           | 75             | 75             | <b>70.7</b> | 75             | 87.5           | 75             | <b>79.1</b> | ////       |
| C <sub>6</sub><br>[6g/l] | Nombre | 3              | 3              | 00             | <b>2</b>    | 3              | 4              | 00             | <b>2.33</b> | 3              | 4              | 2              | <b>3</b>    | 5              | 4              | 2              | <b>3.66</b> | 1.47       |
|                          | %      | 37.5           | 37.5           | 00             | <b>25</b>   | 37.5           | 50             | 00             | <b>29.1</b> | 37.5           | 50             | 25             | <b>37.5</b> | 62.5           | 50             | 25             | <b>45.8</b> | ////       |
| C <sub>7</sub><br>[7g/l] | Nombre | 5              | 2              | 4              | <b>3.66</b> | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>    | 5              | 7              | 7              | <b>6.33</b> | 5              | 7              | 7              | <b>6.33</b> | 1.43       |
|                          | %      | 62.5           | 25             | 50             | <b>45.7</b> | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b> | 62.5           | 87.5           | 87.5           | <b>79.1</b> | 62.5           | 87.5           | 87.5           | <b>79.1</b> | ////       |
| C <sub>8</sub><br>[8g/l] | Nombre | 1              | 1              | 2              | <b>1.33</b> | 3              | 1              | 2              | <b>2</b>    | 4              | 1              | 3              | <b>2.66</b> | 6              | 2              | 3              | <b>3.66</b> | 1.42       |
|                          | %      | 12.5           | 12.5           | 25             | <b>16.6</b> | 37.5           | 12.5           | 25             | <b>25</b>   | 50             | 12.5           | 12.5           | <b>33.2</b> | 75             | 25             | 37.5           | <b>45.8</b> | ////       |
| C <sub>0</sub><br>E. D.  | Nombre | 00             |                |                | <b>00</b>   | 2              |                |                | <b>2</b>    | 4              |                |                | <b>4</b>    | 5              |                |                | <b>5</b>    | 1.91       |
|                          | %      | 00             |                |                | <b>00</b>   | 25             |                |                | <b>25</b>   | 50             |                |                | <b>50</b>   | 62.5           |                |                | <b>62.5</b> | ////       |



**Figure N°15 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différents concentration de  $MgNO_3$  à température ambiante  $20^{\circ}C$  en fonction du temps

Ce tableau nous permet de constater une certaine variation du pourcentage de germination en fonction des semaines notamment pour les traitements (C8 [8g/l] et C7 [8g/l] de  $MgNO_3$ ) qui augmentent remarquablement de 16.6% à 79.1% de la première à la dernière semaine. Les taux de germination accusent dans ce cas-là une différence de 70%.

Les autres traitements qui se placent entre les minimums et les maximums (1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 6g/l, ...) influencent positivement ou presque ce stade juvénile de la plante, en effet les taux oscillent entre la première et la quatrième semaine de 25% à 70.8% (60% d'augmentation), une réponse très significative de cet élément fertilisant qui est l'azote contenu dans la molécule de  $MgNO_3$ , connu pour son action très prisée sur la végétation.

Le » traitement 8g/l du produit  $MgNO_3$  donne un résultat de 45.8% à la quatrième semaine. Les pourcentages durant les semaines précédentes sont maintenus à leur plus bas niveau. L'effet fertilisant aurait pu montrer un meilleur pourcentage de germination avec 8g/l. Que s'est-il passé ?

On passe là également du simple au double même si les écarts relevés à travers les traitements sont peu élevées dans ces différences entre les valeurs répétées (3fois) des taux de germination, 0.64 (Pour le traitement 5g/l) et 1.75 (Pour le traitement 2g/l).



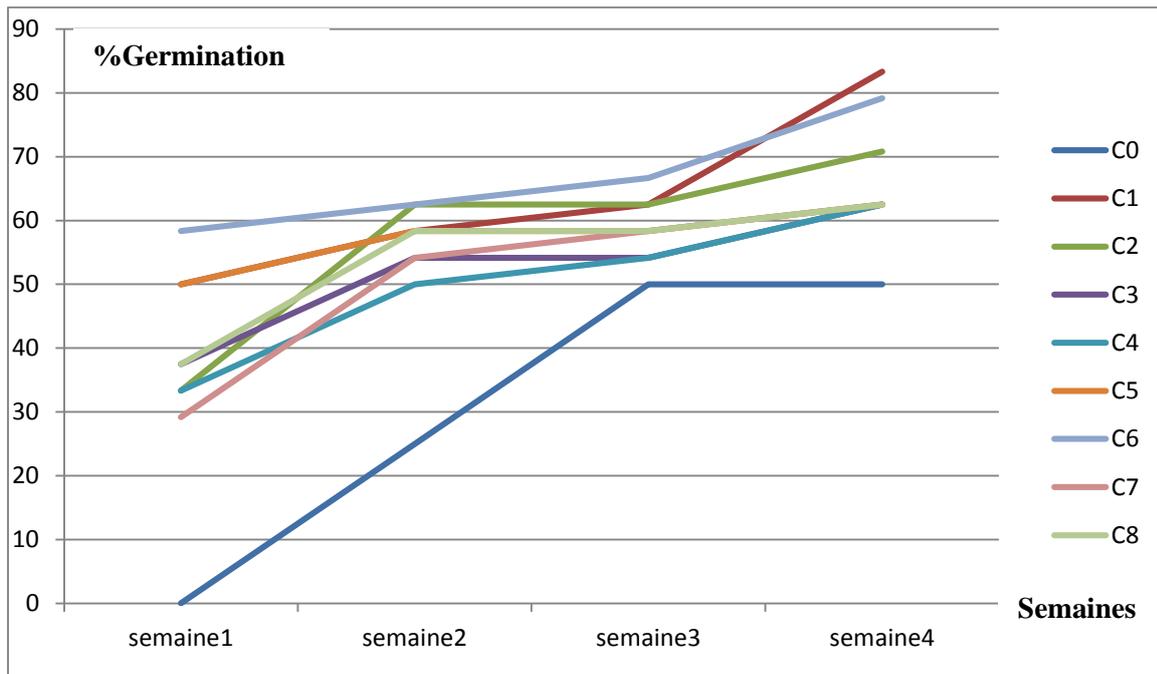
**Figure N°16 :** Photos de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $MgNO_3$  à température ambiante  $20^{\circ}C$

## Chapitre II : Germination in vitro

• A 5C°

**Tableau N°8** : Germination des graines *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  à température 5°C

| Temps          |             | 1 ère semaine  |                |                |              | 2 ème semaine  |                |                |              | 3 ème semaine  |                |                |              | 4 ème semaine  |                |                |              | Ecart type |
|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
| Concentrations |             | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | /////      |
| C <sub>1</sub> | Nombre      | 3              | 4              | 5              | <b>4</b>     | 4              | 5              | 5              | <b>4.66</b>  | 4              | 6              | 5              | <b>5</b>     | 7              | 6              | 7              | <b>6.66</b>  | 1.18       |
|                | [1g/l]<br>% | 37.5           | 50             | 62.5           | <b>50</b>    | 50             | 62.5           | 62.5           | <b>58.33</b> | 50             | 75             | 62.5           | <b>62.5</b>  | 87.5           | 75             | 87.5           | <b>83.33</b> | /////      |
| C <sub>2</sub> | Nombre      | 3              | 2              | 3              | <b>2.66</b>  | 6              | 4              | 5              | <b>5</b>     | 6              | 4              | 5              | <b>5</b>     | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 1.31       |
|                | [2g/l]<br>% | 37.5           | 25             | 37.5           | <b>33.33</b> | 75             | 50             | 62.5           | <b>62.5</b>  | 75             | 50             | 62.5           | <b>62.5</b>  | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.83</b> | /////      |
| C <sub>3</sub> | Nombre      | 4              | 4              | 1              | <b>3</b>     | 5              | 5              | 3              | <b>4.33</b>  | 5              | 5              | 3              | <b>4.33</b>  | 5              | 6              | 4              | <b>5</b>     | 1.27       |
|                | [3g/l]<br>% | 50             | 50             | 12.5           | <b>37.5</b>  | 62.5           | 62.5           | 37.5           | <b>54.16</b> | 62.5           | 62.5           | 37.5           | <b>54.16</b> | 62.5           | 75             | 50             | <b>62.5</b>  | /////      |
| C <sub>4</sub> | Nombre      | 2              | 3              | 3              | <b>2.66</b>  | 4              | 4              | 4              | <b>4</b>     | 5              | 4              | 4              | <b>4.33</b>  | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>     | 0.91       |
|                | [4g/l]<br>% | 25             | 37.5           | 37.5           | <b>33.33</b> | 50             | 50             | 50             | <b>50</b>    | 62.5           | 50             | 50             | <b>54.16</b> | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b>  | /////      |
| C <sub>5</sub> | Nombre      | 3              | 5              | 4              | <b>4</b>     | 3              | 5              | 6              | <b>4.66</b>  | 3              | 5              | 6              | <b>4.66</b>  | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>     | 1.11       |
|                | [5g/l]<br>% | 37.5           | 62.5           | 50             | <b>50</b>    | 37.5           | 62.5           | 75             | <b>58.33</b> | 37.5           | 62.5           | 75             | <b>58.33</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b>  | /////      |
| C <sub>6</sub> | Nombre      | 4              | 4              | 6              | <b>4.66</b>  | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>     | 5              | 5              | 6              | <b>5.33</b>  | 5              | 7              | 7              | <b>6.33</b>  | 1.02       |
|                | [6g/l]<br>% | 50             | 50             | 75             | <b>58.33</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b>  | 62.5           | 62.5           | 75             | <b>66.66</b> | 62.5           | 87.5           | 87.5           | <b>79.16</b> | /////      |
| C <sub>7</sub> | Nombre      | 2              | 4              | 1              | <b>2.33</b>  | 4              | 4              | 5              | <b>4.33</b>  | 4              | 4              | 6              | <b>4.66</b>  | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>     | 1.38       |
|                | [7g/l]<br>% | 25             | 50             | 12.5           | <b>29.16</b> | 50             | 50             | 62.5           | <b>54.16</b> | 50             | 50             | 75             | <b>58.33</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b>  | /////      |
| C <sub>8</sub> | Nombre      | 4              | 2              | 3              | <b>3</b>     | 7              | 3              | 4              | <b>4.66</b>  | 7              | 3              | 4              | <b>4.66</b>  | 7              | 4              | 4              | <b>5</b>     | 1.64       |
|                | [8g/l]<br>% | 50             | 25             | 37.5           | <b>37.5</b>  | 87.5           | 37.5           | 50             | <b>58.33</b> | 87.5           | 37.5           | 50             | <b>58.33</b> | 87.5           | 50             | 50             | <b>62.5</b>  | /////      |
| C <sub>0</sub> | Nombre      | 00             |                |                | <b>00</b>    | 2              |                |                | <b>25</b>    | 4              |                |                | <b>4</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     | 1.65       |
| E. D.          | %           | 00             |                |                | <b>00</b>    | 25             |                |                | <b>25</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | /////      |



**Figure N°17 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différents concentrations de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  à température ambiante  $20^\circ\text{C}$  en fonction du temps

Le taux de germination croît linéairement à travers les semaines. Les traitements (C4 -4g/l et C1-1g/l de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ) en sont responsables, les pourcentages varient entre 33.33% (pourcentage minimal) 83.33% (pourcentage maximum) de la première à la dernière semaine.

Les autres concentrations (2g/l, 3g/l, 5g/l, 6g/l, 7g/l, 8g/l) se situent dans la gamme moyenne, en effet le pourcentage de germination, évolue de 33.33% à 79.16% (soit une augmentation de deux fois plus) entre la première et la quatrième semaine soit une élévation de plus de 50%, la différence est très significative.

Les taux de germination les moins élevés sont ceux de 4g/l de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ , les valeurs varient et sont maintenus à leur niveau le plus bas à travers les semaines pour s'achever à 62.5% à la fin de l'expérience (quatrième semaine) avec le traitement (C4 -4g/l).

L'écart type calculé pour ces répétitions (nombre de graines germées) est assez significatif avec des valeurs qui oscillent entre 0.91 (Pour le traitement 4g/l) et 1.164 (Pour le traitement 8g/l).

Il est à remarquer que d'une répétition à l'autre le taux de germination affiche une certaine variation due probablement à des manipulations mal conduites.

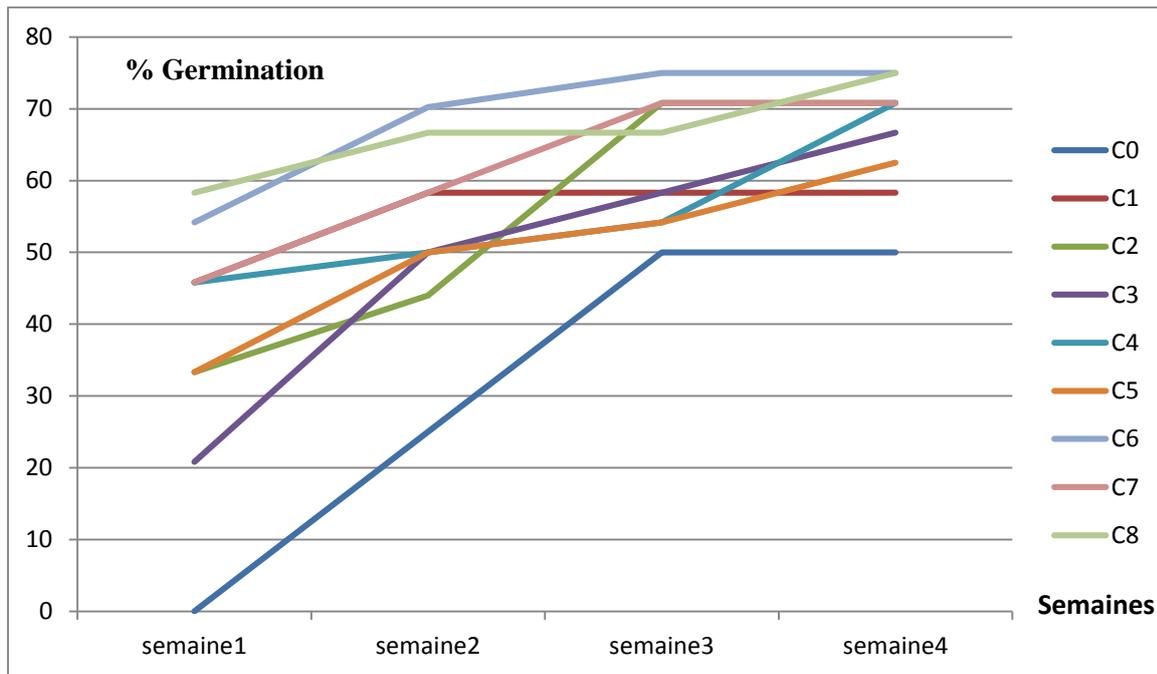


**Figure N°18 :** Photos de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  à température froide  $5^\circ\text{C}$

## Chapitre II : Germination in vitro

**Tableau N°9** : Germination des graines *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de **KCl** à température **5°C**

| Temps<br>Concentrations  |        | 1 ère semaine  |                |                |              | 2 ème semaine  |                |                |              | 3 ème semaine  |                |                |              | 4 ème semaine  |                |                |              | Ecart type |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
|                          |        | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | My           | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          |            |
| C <sub>1</sub><br>[1g/l] | Nombre | 2              | 5              | 4              | <b>3.66</b>  | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 0.86       |
|                          | %      | 25             | 62.5           | 50             | <b>45.83</b> | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.33</b> | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.33</b> | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.33</b> | ////       |
| C <sub>2</sub><br>[2g/l] | Nombre | 4              | 1              | 3              | <b>2.66</b>  | 6              | 6              | 4              | <b>5.33</b>  | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 1.51       |
|                          | %      | 50             | 12.5           | 37.5           | <b>33.33</b> | 75             | 75             | 50             | <b>44</b>    | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.83</b> | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.83</b> | ////       |
| C <sub>3</sub><br>[3g/l] | Nombre | 00             | 2              | 3              | <b>1.66</b>  | 5              | 4              | 3              | <b>4</b>     | 5              | 4              | 5              | <b>4.66</b>  | 5              | 4              | 7              | <b>5.33</b>  | 1.70       |
|                          | %      | 00             | 25             | 37.5           | <b>20.83</b> | 62.5           | 50             | 37.5           | <b>50</b>    | 62.5           | 50             | 62.5           | <b>58.33</b> | 62.5           | 50             | 87.5           | <b>66.66</b> | ////       |
| C <sub>4</sub><br>[4g/l] | Nombre | 2              | 3              | 6              | <b>3.66</b>  | 3              | 3              | 6              | <b>4</b>     | 4              | 3              | 6              | <b>4.33</b>  | 5              | 5              | 7              | <b>5.66</b>  | 1.55       |
|                          | %      | 25             | 37.5           | 75             | <b>45.83</b> | 37.5           | 37.5           | 75             | <b>50</b>    | 50             | 37.5           | 75             | <b>54.16</b> | 62.5           | 62.5           | 87.5           | <b>70.83</b> | ////       |
| C <sub>5</sub><br>[5g/l] | Nombre | 1              | 4              | 3              | <b>2.66</b>  | 3              | 4              | 5              | <b>4</b>     | 3              | 4              | 6              | <b>4.33</b>  | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>     | 1.35       |
|                          | %      | 12.5           | 50             | 37.5           | <b>33.33</b> | 37.5           | 50             | 62.5           | <b>50</b>    | 37.5           | 50             | 75             | <b>54.16</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b>  | ////       |
| C <sub>6</sub><br>[6g/l] | Nombre | 3              | 5              | 5              | <b>4.33</b>  | 4              | 7              | 6              | <b>5.66</b>  | 5              | 7              | 6              | <b>6</b>     | 5              | 7              | 6              | <b>6</b>     | 1.18       |
|                          | %      | 37.5           | 62.5           | 62.5           | <b>54.16</b> | 50             | 87.5           | 75             | <b>70.23</b> | 62.5           | 87.5           | 75             | <b>75</b>    | 62.5           | 87.5           | 75             | <b>75</b>    | ////       |
| C <sub>7</sub><br>[7g/l] | Nombre | 5              | 4              | 2              | <b>3.66</b>  | 5              | 4              | 5              | <b>4.66</b>  | 5              | 6              | 6              | <b>5.66</b>  | 5              | 6              | 6              | <b>5.66</b>  | 1.11       |
|                          | %      | 62.5           | 50             | 25             | <b>45.83</b> | 62.5           | 50             | 62.5           | <b>58.33</b> | 62.5           | 75             | 75             | <b>70.83</b> | 62.5           | 75             | 75             | <b>70.83</b> | ////       |
| C <sub>8</sub><br>[8g/l] | Nombre | 7              | 2              | 5              | <b>4.66</b>  | 7              | 3              | 6              | <b>5.33</b>  | 7              | 3              | 6              | <b>5.33</b>  | 7              | 4              | 7              | <b>6</b>     | 1.79       |
|                          | %      | 87.5           | 25             | 62.5           | <b>58.33</b> | 87.5           | 37.5           | 75             | <b>66.66</b> | 87.5           | 37.5           | 75             | <b>66.66</b> | 87.5           | 50             | 87.5           | <b>75</b>    | ////       |
| C <sub>0</sub>           | Nombre | 00             |                |                | <b>00</b>    | 2              |                |                | <b>2</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     | 1.65       |
| E. D.                    | %      | 00             |                |                | <b>00</b>    | 25             |                |                | <b>25</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | ////       |



**Figure N°19 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différents concentrations de **KCl** à température ambiante **20°C** en fonction du temps

Le tableau N°9 affiche des pourcentages de germination qui varient en fonction des semaines notamment pour les traitements (C1 [1g/l] et C6 [6g/l] de KCl. L'élément trophique comportant le potassium (K) a permis d'obtenir des taux de germination qui diffèrent considérablement, de 45.83% à 75% dans le temps (première à la dernière semaine), c'est-à-dire un écart assez significatif de l'ordre de 25 % entre les pourcentages minimums et maximums relevés. La germination démarre timidement pour terminer avec des pourcentages atteignant les 75%.

Les valeurs minimales et maximales des traitements (2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 7g/l, 8g/l) font remarquer des fluctuations des taux de germination qui oscillent entre la première et la quatrième semaine de 20.83% à 70.83%, c'est là une différence très significative où l'effet potassium (élément trophique) semble agir favorablement sur la levée de dormance.

Le traitement de 1g/l du produit **KCl** ne dépasse pas les 58.33% pour cette quantité à la quatrième semaine. L'effet trophique n'a pas été significatif, 1g/l est une quantité assez faible, elle ne peut pas élever suffisamment les taux de germination.

L'écart type montre une différence significative, on passe du simple au double, les chiffres obtenus sur la germination varient entre 0.86 (Pour le traitement 1g/l) et 1.79 (Pour le traitement 8g/l). Cet écart non négligeable peut en effet s'expliquer dans les opérations ou manipulations (graines ayant pourries), une hypothèse à vérifier !

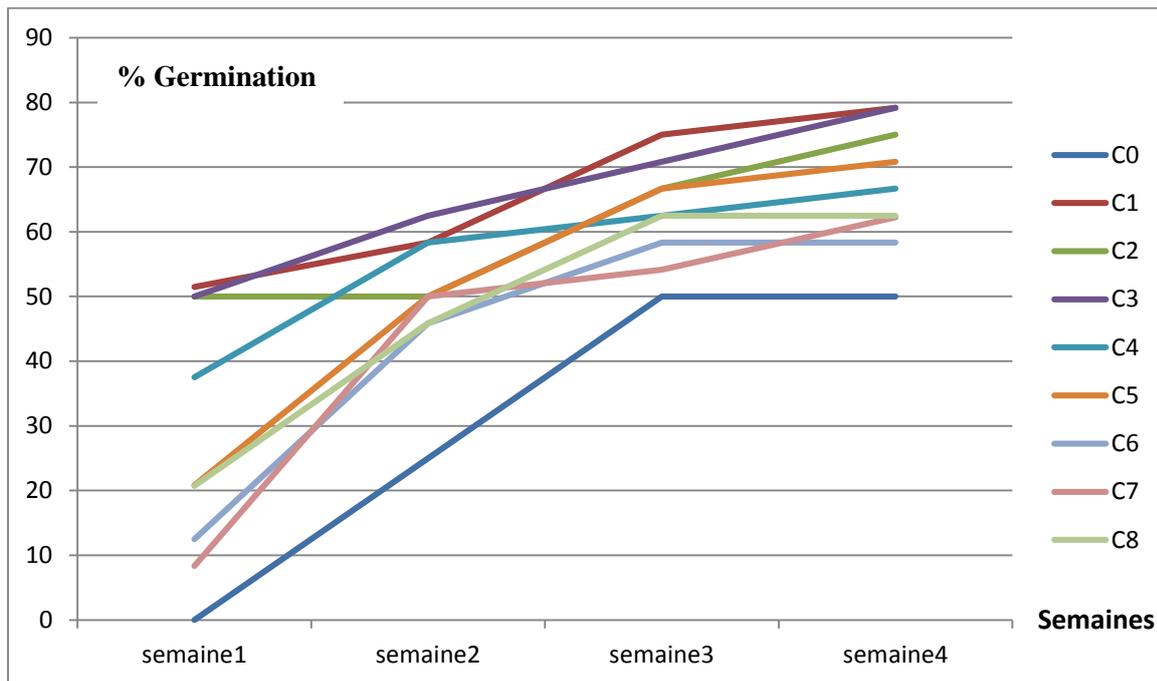


**Figure N°20** : Photos de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de **KCl** à température froide 5C°

## Chapitre II : Germination in vitro

**Tableau N°10** : Germination des graines *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $MgNO_3$  à température 5°C

| Temps<br>Concentrations  |        | 1 ère semaine  |                |                |              | 2 ème semaine  |                |                |              | 3 ème semaine  |                |                |              | 4 ème semaine  |                |                |              | Ecart type |
|--------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
|                          |        | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          | R <sub>1</sub> | R <sub>2</sub> | R <sub>3</sub> | Moy          |            |
| C <sub>1</sub><br>[1g/l] | Nombre | 5              | 3              | 2              | <b>3.33</b>  | 5              | 5              | 4              | <b>4.66</b>  | 5              | 6              | 7              | <b>6</b>     | 6              | 6              | 7              | <b>6.33</b>  | 1.43       |
|                          | %      | 62.5           | 37.5           | 25             | <b>51.5</b>  | 62.5           | 62.5           | 50             | <b>58.33</b> | 62.5           | 75             | 87.5           | <b>75</b>    | 75             | 75             | 87.5           | <b>79.16</b> | //////     |
| C <sub>2</sub><br>[2g/l] | Nombre | 4              | 3              | 5              | <b>4</b>     | 4              | 3              | 5              | <b>4</b>     | 5              | 5              | 6              | <b>5.33</b>  | 5              | 6              | 7              | <b>6</b>     | 1.14       |
|                          | %      | 50             | 37.5           | 62.5           | <b>50</b>    | 50             | 37.5           | 62.5           | <b>50</b>    | 62.5           | 62.5           | 75             | <b>66.66</b> | 62.5           | 75             | 87.5           | <b>75</b>    | //////     |
| C <sub>3</sub><br>[3g/l] | Nombre | 3              | 6              | 3              | <b>4</b>     | 4              | 6              | 5              | <b>5</b>     | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 6              | 6              | 7              | <b>6.33</b>  | 1.23       |
|                          | %      | 37.5           | 75             | 37.5           | <b>50</b>    | 50             | 75             | 62.5           | <b>62.5</b>  | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.83</b> | 75             | 75             | 87.5           | <b>79.16</b> | //////     |
| C <sub>4</sub><br>[4g/l] | Nombre | 2              | 5              | 2              | <b>3</b>     | 3              | 5              | 6              | <b>4.66</b>  | 4              | 5              | 6              | <b>5</b>     | 5              | 5              | 6              | <b>5.33</b>  | 1.07       |
|                          | %      | 25             | 62.5           | 25             | <b>37.5</b>  | 37.5           | 62.5           | 75             | <b>58.33</b> | 50             | 62.5           | 75             | <b>62.5</b>  | 62.5           | 62.5           | 75             | <b>66.66</b> | //////     |
| C <sub>5</sub><br>[5g/l] | Nombre | 3              | 1              | 1              | <b>1.66</b>  | 5              | 5              | 2              | <b>4</b>     | 6              | 5              | 5              | <b>5.33</b>  | 6              | 6              | 5              | <b>5.66</b>  | 1.81       |
|                          | %      | 37.5           | 12.5           | 12.5           | <b>20.83</b> | 62.5           | 62.5           | 25             | <b>50</b>    | 75             | 62.5           | 62.5           | <b>66.66</b> | 75             | 75             | 62.5           | <b>70.83</b> | //////     |
| C <sub>6</sub><br>[6g/l] | Nombre | 00             | 1              | 2              | <b>1</b>     | 2              | 4              | 5              | <b>3.66</b>  | 4              | 5              | 5              | <b>4.66</b>  | 4              | 5              | 5              | <b>4.66</b>  | 1.70       |
|                          | %      | 00             | 12.5           | 25             | <b>12.5</b>  | 25             | 50             | 62.5           | <b>45.83</b> | 50             | 62.5           | 62.5           | <b>58.33</b> | 50             | 62.5           | 62.5           | <b>58.33</b> | //////     |
| C <sub>7</sub><br>[7g/l] | Nombre | 00             | 1              | 1              | <b>0.66</b>  | 3              | 5              | 4              | <b>4</b>     | 3              | 6              | 4              | <b>4.33</b>  | 4              | 6              | 5              | <b>5</b>     | 1.89       |
|                          | %      | 00             | 12.5           | 12.5           | <b>8.33</b>  | 37.5           | 62.5           | 50             | <b>50</b>    | 37.5           | 75             | 50             | <b>54.16</b> | 50             | 75             | 62.5           | <b>62.5</b>  | //////     |
| C <sub>8</sub><br>[8g/l] | Nombre | 1              | 2              | 2              | <b>1.66</b>  | 2              | 4              | 5              | <b>3.66</b>  | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>     | 5              | 5              | 5              | <b>5</b>     | 1.51       |
|                          | %      | 12.5           | 25             | 25             | <b>20.73</b> | 25             | 50             | 62.5           | <b>45.83</b> | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b>  | 62.5           | 62.5           | 62.5           | <b>62.5</b>  | //////     |
| C <sub>0</sub>           | Nombre | 00             |                |                | <b>00</b>    | 2              |                |                | <b>2</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     | 4              |                |                | <b>4</b>     |            |
| E. D.                    | %      | 00             |                |                | <b>00</b>    | 25             |                |                | <b>25</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | 50             |                |                | <b>50</b>    | //////     |



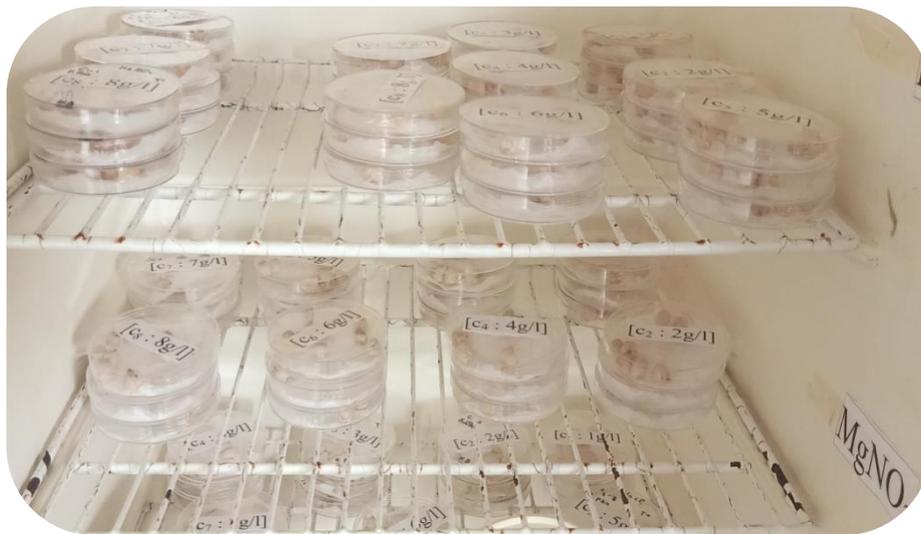
**Figure N°21 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $MgNO_3$  à température ambiante  $20^\circ C$  en fonction du temps

Une certaine variation du pourcentage de germination en fonction des semaines notamment pour les traitements (C6 [6g/l] et C1 [1g/l] de  $MgNO_3$ ) qui engendrent de grandes élévations qui varient de 12.5% à 79.16%, de la première à la dernière semaine. La différence est significative soit 6 fois plus.

Les traitements minimums et les maximums (2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l, 7g/l, 8g/l,) assurent une remarquable germination, en effet les pourcentages oscillent entre la première et la quatrième semaine de 8.33% à 75% (60% d'augmentation), une réponse très significative de cet élément fertilisant qui est l'azote contenu dans la molécule de  $MgNO_3$ , connu pour son action positive sur la végétation.

Le traitement 6g/l du produit  $MgNO_3$  donne un résultat dépassant la moyenne 58.33% à la quatrième semaine. Les pourcentages des autres semaines précédentes sont maintenus à leur plus bas niveau. L'effet de l'azote contenu dans la molécule aurait pu montrer hélas un meilleur pourcentage de germination avec 6g/l. On peut se poser des questions ?

On passe là également du simple au triple même si les écarts relevés à travers les traitements sont considérables dans ces différences entre les valeurs répétées (3fois) des taux de germination, 1.07 (Pour le traitement 4g/l) et 1.89 (Pour le traitement 7 g/l).



**Figure N°22** : Photo de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. dans différentes concentrations de  $MgNO_3$  à température froide 5°C

### II.6. Conclusion

Effectuées en conditions de températures différentes ( $20^{\circ}\text{C}$  température ambiante et  $5^{\circ}\text{C}$  température froide du frigidaire), le taux de germination chez le pois chiche traité par le  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  atteint 70.8% à  $20^{\circ}\text{C}$  et 83.33 % à  $5^{\circ}\text{C}$ . Pour le deuxième traitement à base de  $\text{KCl}$ , la germination des graines diffère dans le temps considérablement, de 8.25% à 75% pour la première et la dernière semaine à  $20^{\circ}\text{C}$  et de 45.83% à 75% dans le temps là aussi de la première à la dernière semaine à  $5^{\circ}\text{C}$ . Le dernier traitement base de magnésium et surtout d'azote  $\text{MgNO}_3$ , la germination s'élève à 70% en présence d'une température  $20^{\circ}\text{C}$  et à 79,16% à température de  $5^{\circ}\text{C}$ . Le plus bas niveau de germination est obtenu durant les semaines précédentes. L'élément fertilisant aurait pu se manifester et montrer de ce fait un meilleur pourcentage de germination en particulier en présence de la plus forte concentration : 8g/l.

# **Chapitre III : Etude statistique des germinations**

## **III. 1. Introduction**

## **III. 2. Méthodologie**

## **III. 3. Résultats et interprétations à 20 °C**

## **III. 4. Conclusion**

## Chapitre III : Etude statistique des germinations

### III. 1. Introduction

Dans le langage couramment utilisé un échantillon est un spécimen unique (**Jolicoeur, 1991** cité par **Bensaber, 2017**). Les travaux menés sur l'échantillonnage ont toujours concerné non seulement les quantifications in-situ mais aussi in vitro (germination, mesures organographiques de la hauteur et du nombre de feuilles).

L'approche biométrique demeure de nos jours un domaine incontournable pour traiter les données en biologie en général et la physiologie en particulier. Les chercheurs préconisent l'observation visuelle et les mesures in-situ ou in-vitro.

Dans le cas de notre expérimentation sur ce stade de démarrage des graines, on se pose des questions comme par exemple existe-il des relations linéaires entre les pourcentages de graines germées et le traitement en question (arrosage avec des concentrations de produits fertilisants **NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O**, **KCl** et **MgNO<sub>3</sub>**) ? La solution pourra en effet venir au fur et à mesure, car nous sommes presque obligés de fournir l'élément de réponse.

### III. 2. Méthodologie

Il est connu que l'analyse statistique, demeure en biométrie une méthode relativement efficace pour mettre en évidence le degré de corrélation ou relation, qui existe entre les différents paramètres mesurés ( $Y_i$  et  $X_i$ ). A ce propos, on a déterminé des corrélations entre les couples de données des pourcentages de germination entre le petit pois en fonction de différentes concentrations croissantes de **NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O** (Ortho phosphate dihydrogène sodium) de **KCl** (chlorure de potassium) et de **MgNO<sub>3</sub>** (Nitrate de magnésium). On calcule le **coefficient de corrélation (R)** et fait ressortir **la droite de régression d'équation :**

$$Y = aX + b$$

Où :

- **a** = la pente de la droite de régression
- **b** = l'ordonnée à l'origine déterminée arithmétiquement par  $Y - aX$

On peut tracer graphiquement les droites correspondantes (**droites de régression**) pour chacune des traitements, car le coefficient de corrélation (R) indique dans quelle mesure la relation, si elle existe, peut être représentée par une droite (Demolon, 1968).

En effet, Demolon (1968) précise que la représentation graphique des résultats, met en évidence le degré de liaison (corrélation) qui peut exister entre deux caractères

$$r = \frac{\sum \alpha X \cdot \alpha Y}{\sqrt{\sum (\alpha X)^2 \sum (\alpha Y)^2}}$$

Plus R (formule ci-dessus) s'approche de +ou - 1, plus le degré de corrélation est élevé.

### III. 3. Résultats et interprétations à 20 °C

#### Produits

- **NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O**(Ortho phosphate dihydrogène sodium)

**Tableau N°11:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (***Cicer arietinum***) sous une température ambiante **20°C**

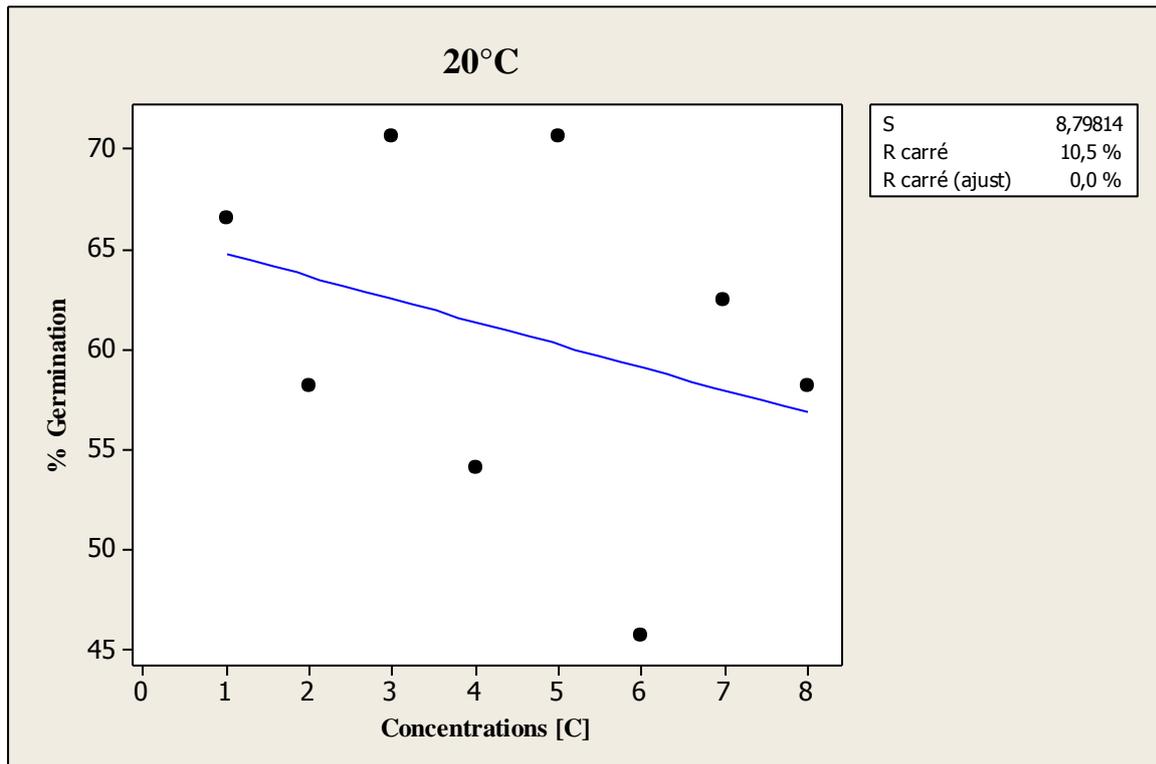
| Concentrations [C] | [C 1] | [C 2] | [C 3] | [C 4] | [C 5] | [C 6] | [C 7] | [C 8] |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % Germination      | 66.6  | 58.2  | 70.7  | 54.1  | 70.7  | 45.7  | 62.5  | 58.2  |

S = 8,79814

P=0.434

% Germination = - 1,139 Concentrations [C] + 65,96

$$Y = - 1.139 x + 65.96$$



**Figure N°23** : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température ambiante  $20^\circ\text{C}$

- La corrélation est négative ( $r = - 0.31$ ) avec une valeur assez faible entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  sous une température ambiante de  $20^\circ\text{C}$  (Tableau 11 et figure 23). Les valeurs des constantes sont :

### Chapitre III : Etude statistique des germinations

---

$a = -1.39$  (pente de la droite) et  $b = 65.96$  (ordonnée à l'origine)

Les graines de pois chiche germent dans ce cas et répondent aux traitements (concentrations croissantes du  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ) même si elles affichent une relative réponse en milieu ambiant ( $20^\circ\text{C}$ ).

- **KCl** (Chlorure de potassium)

**Tableau N°12:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**KCl**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température ambiante  $20^\circ\text{C}$

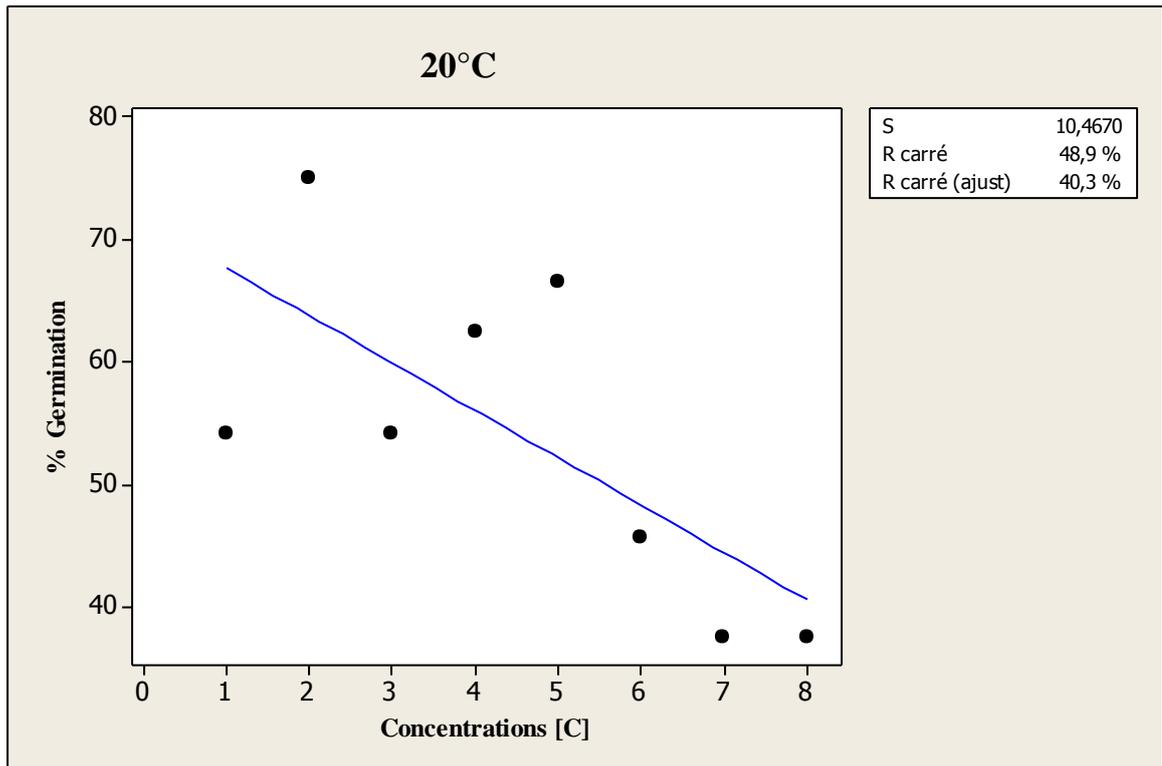
| Concentrations [C] | [C 1] | [C 2] | [C 3] | [C 4] | [C 5] | [C 6] | [C 7] | [C 8] |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % Germination      | 54.1  | 75    | 54.1  | 62.5  | 66.6  | 45.7  | 37.5  | 37.5  |

**S = 10,4670**

**P=0.054**

$$\% \text{ Germination} = - 3,867 \text{ Concentrations [C]} + 71,53$$

$$Y = - 3.867 x + 71.53$$



**Figure N°24:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**KCl**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température ambiante **20°C**

- La corrélation est négative ( $r = - 0.69$ ) avec une valeur assez forte entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes de **KCl** sous une température ambiante de **20°C** (Tableau 12 et figure 24) Les valeurs des constantes sont :

$a = -3.869$  (pente de la droite) et  $b = 71.53$  (ordonnée à l'origine)

Les graines de pois chiche germent et répondent aux différents traitements favorablement indépendamment des concentrations croissantes du **KCl** en milieu ambiant (**20°C**).

- **MgNO<sub>3</sub> (Nitrate de magnésium)**

**Tableau N°13:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**MgNO<sub>3</sub>**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température ambiante **20°C**

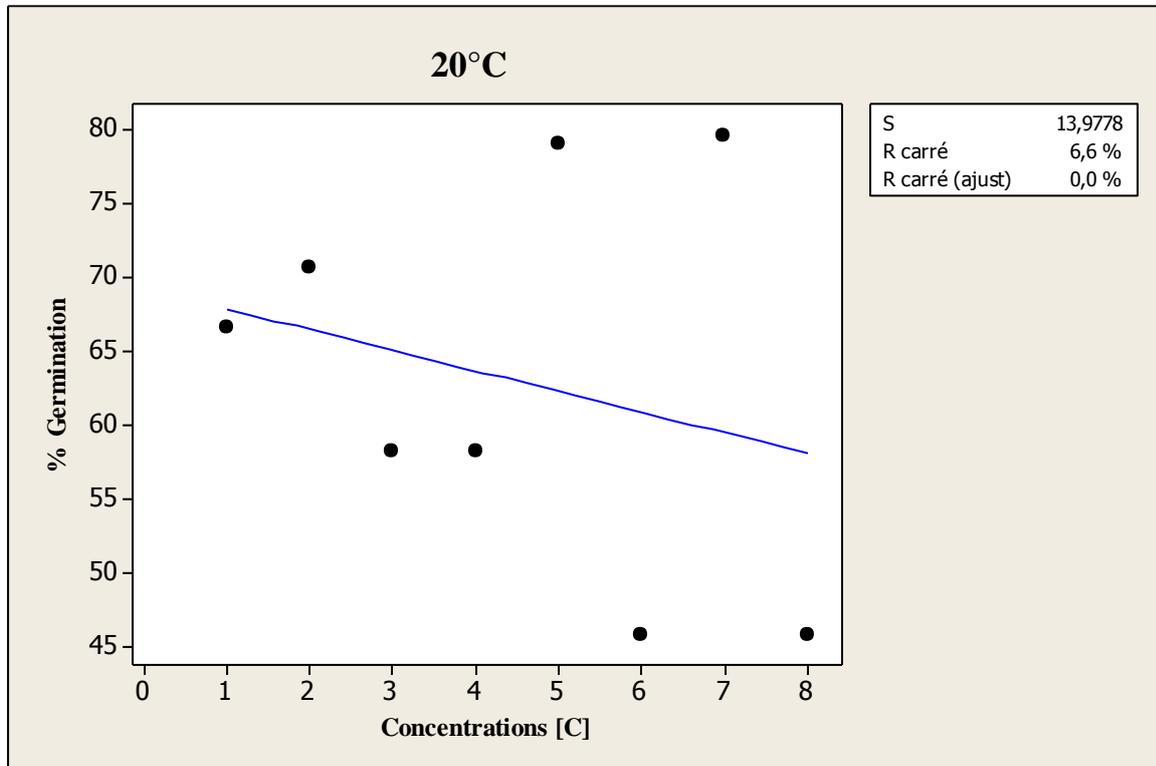
| Concentrations [C] | [C 1] | [C 2] | [C 3] | [C 4] | [C 5] | [C 6] | [C 7] | [C 8] |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % Germination      | 66.6  | 70.7  | 58.2  | 58.2  | 79.1  | 45.7  | 79.7  | 45.7  |

$$S = 13,9778$$

$$P = 0.539$$

$$\% \text{ Germination} = - 1,404 \text{ Concentrations [C]} + 69,30$$

$$Y = - 1.404 x + 69.30$$



**Figure N°25** : Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [KCl] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température ambiante 20°C

- Plus les pourcentages de germination diminuent plus les concentrations augmentent de  $MgNO_3$  sous une température ambiante de 20°C. Négative, en effet la relation exprimée à travers la corrélation est moins élevée par rapport aux traitements précédents avec une valeur ( $r = - 0.25$ ) (Tableau 13 et figure 25). Les valeurs des constantes sont :

$a = -1.404$  (pente de la droite) et  $b = 69.30$  (ordonnée à l'origine)

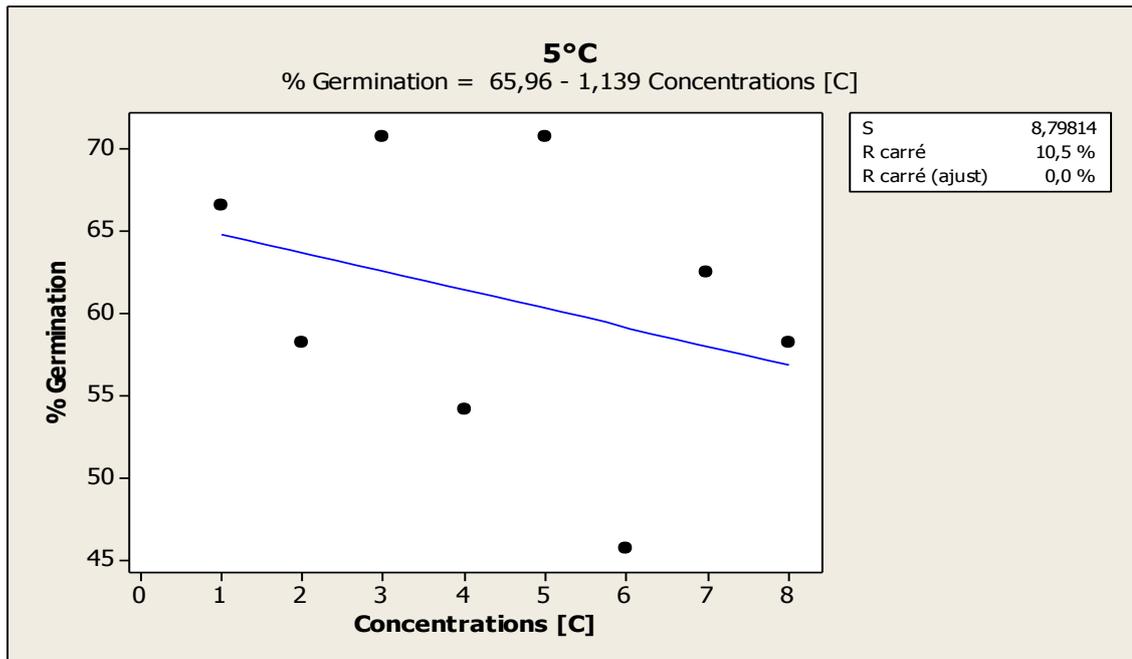
Les graines de pois chiche semblent être indifférentes aux variations des concentrations, elles germent et répondent aux traitements favorablement devant les concentrations croissantes de  $\text{MgNO}_3$  en milieu ambiant ( $20^\circ\text{C}$ ). Cette situation peut trouver son explication par la présence d'un élément fertilisant indispensable aux végétaux cultivés, il s'agit bien entendu de l'azote contenu dans le  $\text{MgNO}_3$ .

### Produits

- $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (Ortho phosphate dihydrogène sodium)

**Tableau N°14:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide  $5^\circ\text{C}$

| Concentrations [C] | [1g/l] | [2g/l] | [3g/l] | [4g/l] | [5g/l] | [6g/l] | [7g/l] | [8g/l] |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % Germination      | 66.6   | 58.2   | 70.7   | 54.1   | 70.7   | 45.7   | 62.5   | 58.2   |



**Figure N°26:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide  $5^\circ\text{C}$

- Nous avons une corrélation négative avec une valeur assez faible ( $r = -0.10$ ) entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  sous une température ambiante de  $5^\circ\text{C}$  (Tableau 14 et figure 26). Les valeurs des constantes sont :

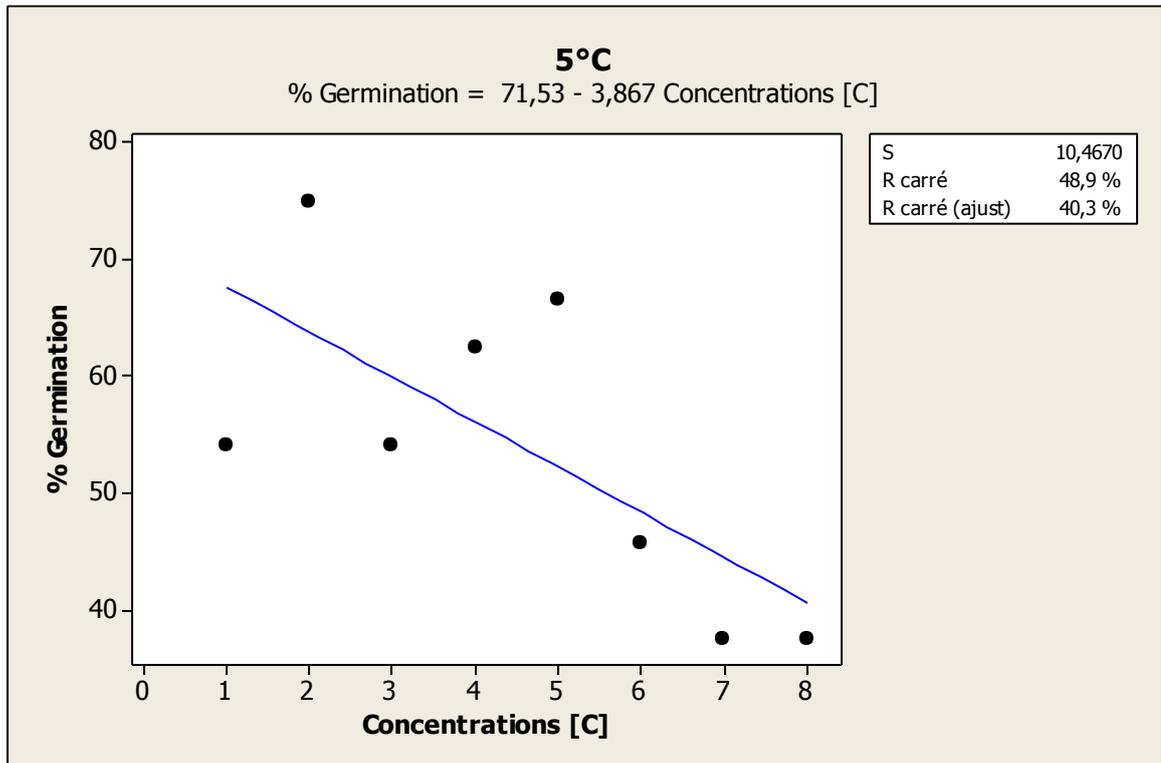
$a = -1.139$  (pente de la droite) et  $b = 65.96$  (ordonnée à l'origine)

Les graines de pois chiche répondent plus ou moins favorablement aux traitements (concentrations croissantes de cet élément trophique : le phosphore :  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ) en milieu ambiant ( $5^\circ\text{C}$ ). Même si la corrélation n'est pas significative nous enregistrons des pourcentages de germination du pois chiche appréciables qui varient de 47.5 à 70.7%.

- **KCl**(Chlorure de potassium)

**Tableau N°15:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**KCl**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide **5°C**

| Concentrations [C] | [1g/l] | [2g/l] | [3g/l] | [4g/l] | [5g/l] | [6g/l] | [7g/l] | [8g/l] |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % Germination      | 54.1   | 75     | 54.1   | 62.5   | 66.6   | 45.7   | 37.5   | 37.5   |



**Figure N°27:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**KCl**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide **5°C**

- Nous avons une corrélation négative assez significative ( $r = - 0.48$ ) entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes de **KCl** sous une température ambiante de **5°C** (Tableau 15 et figure 27). Les valeurs des constantes sont :

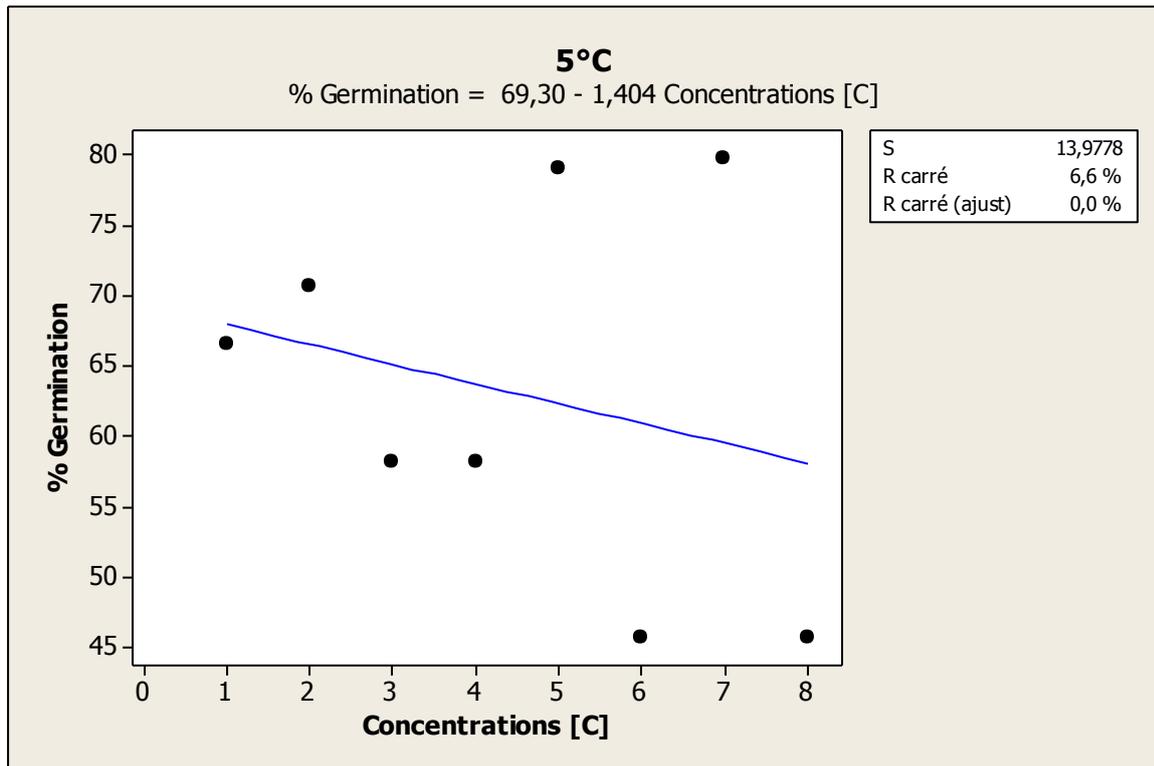
$a = - 3.867$  (pente de la droite) et  $b = 71.53$  (ordonnée à l'origine)

Les graines de pois chiche répondent favorablement aux traitements (concentrations croissantes de cet élément trophique : le potassium **KCl**) en milieu ambiant (**5°C**). La germination enregistre des pourcentages de germination appréciables variant ainsi de 37.5 à 70%.

- **MgNO<sub>3</sub> (Nitrate de magnésium)**

**Tableau N°16:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [**MgNO<sub>3</sub>**] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide **5°C**

| Concentrations [C] | [1g/l] | [2g/l] | [3g/l] | [4g/l] | [5g/l] | [6g/l] | [7g/l] | [8g/l] |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % Germination      | 66.6   | 70.7   | 58.2   | 58.2   | 79.1   | 45.7   | 79.7   | 45.7   |



**Figure N°28:** Corrélations entre les concentrations de produit fertilisant [ $\text{MgNO}_3$ ] et les pourcentages de germination (quatrième semaine) des graines de Pois chiche (*Cicer arietinum*) sous une température froide  $5^\circ\text{C}$

- Nous avons ici une corrélation relativement élevée, elle est négative avec une valeur assez faible ( $r = - 0.25$ ) entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes de  $\text{MgNO}_3$  sous une température ambiante de  $5^\circ\text{C}$  (Tableau 16 et figure 28). Les valeurs des constantes sont :

$a = - 1.139$  (pente de la droite) et  $b = 65.96$  (ordonnée à l'origine)

- Les graines de pois chiche répondent plus ou moins favorablement aux traitements (concentrations croissantes de cet élément fertilisant l'azote, contenu dans le :  $\text{MgNO}_3$ ) en milieu ambiant ( $5^\circ\text{C}$ ). Les pourcentages de germination atteignent des niveaux appréciables dépassant la presque les 50% qui oscillent de 45.7 à 79.7%.

### III. 4. Conclusion

En conclusion on peut dire que les relations ou les corrélations avec R qui varient considérablement d'un traitement à l'autre même si les différences ne sont pas trop significatives. Les valeurs de R possèdent toutes une corrélation négative entre les pourcentages de germination et les concentrations croissantes dans l'ensemble des traitements avec les produits dans les deux milieux (**5°C et 20°C**). Les valeurs de R varient entre - 0.00 et 0.69 (germination en fonction des produits) pour les deux séries de traitements des deux milieux. Nous avons pu remarquer également que les produits utilisés n'ont pas eu d'impact sur les germinations ou n'ont pas répondu linéairement dans ou dans l'autre milieu.

# **Chapitre IV : Germination dans les pots**

## **IV.1.Introduction**

## **IV.2.Méthodologie**

IV.2.1.Matériel végétal

IV.2.2. Substrat, préparation des semis

## **IV.3.Résultats et interprétations**

## **IV.4. Conclusion**

## Chapitre IV : Germination dans les pots

### IV.1.Introduction

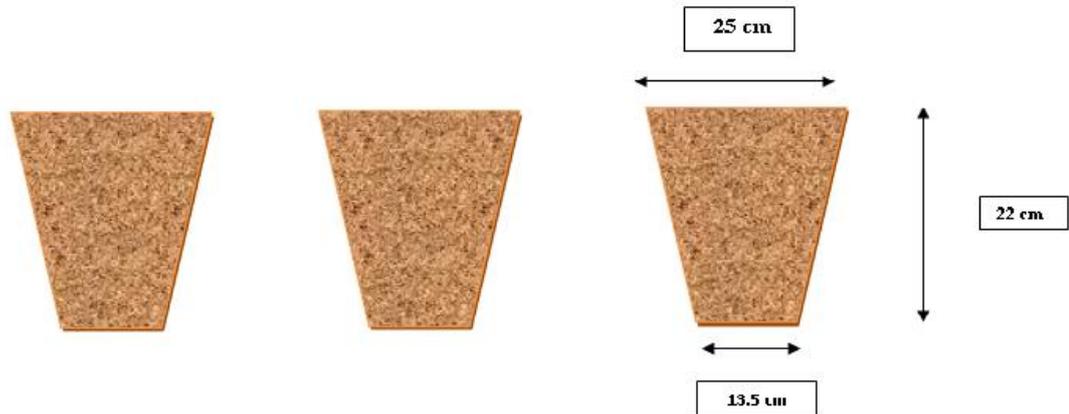
A travers cette expérience qui consiste à combiner et le sel et les conditions de culture (substrat sol pris en considération) pour suivre les taux germinatifs, il a été procédé à la mise en terre (ramené des champs limitrophes, commune de Mansourah) des graines installés dans les pots (Figure 29 et 30). Ce choix ou encore cette façon de voir ces deux stades germinatifs et de croissance juvénile évoluer, qui ne semble pas être le meilleur ou peut être encore discuté. Ce type d'essais dans la plupart des cas sont conduits dans substrats-sol stériles (vermiculite, ou encore en hydroponique). Au niveau de ces pots de végétation, les arrosages ne sont pas suffisamment répétés (10 graines par pot de végétation). Les détails de ce dispositif sont décrits dans la partie dédiée à la méthodologie. Les résultats peuvent-ils montrer des variations significatives en utilisant les trois produits trophiques ?

### IV.2.Méthodologie

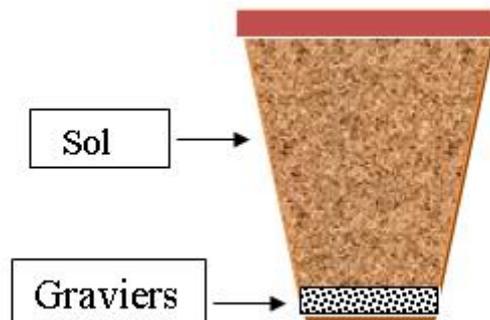
#### IV.2.1. Matériel végétal

Les graines de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) utilisées dans notre expérience proviennent des denrées stockées disponibles dans les commerces.

#### IV.2.2. Substrat, préparation des semis



**Figure N°29** : Dispositif expérimental mené dans les pots  
(Graines de *Cicer arietinum* L.)



**FigureN°30** : Pot de végétation contenant le sol et le gravier

Le sol pris en considération provient des champs de cultures prélevé dans la commune de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) ayant les caractéristiques suivantes :

**Tableau N°17 : Analyses du sol**

| Types d'analyses   | Résultats     | Interprétations  | Méthodes d'analyses          |
|--|---------------|------------------|------------------------------|
| <b>Granulométrie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• % Argiles</li> <li>• % Limons</li> <li>• % Sables</li> </ul> | 6<br>31<br>63 | Limo-<br>sableux | <b>Sédiment métrique</b>     |
| <b>pH (eau)</b>  | 8.90          | Alcalin          | <b>Electrométrique</b>       |
| <b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>  | 11.20         | Moyen            | <b>Calcimètre de Bernard</b> |
| <b>Couleur selon Munsell</b>   | 7.5YR 4/3     |                  | <b>SoilcolorChart</b>        |
| <b>Conductivité électrique (Ms / cm)</b>   | 0.2           | Peu salé         | <b>Extrait 1/5</b>           |
| <b>Matière organique (%)</b>   | 5.212         | Elevée           | <b>Méthode d'Anne (1945)</b> |

Ce substrat homogène a été prélevé au niveau de la rhizosphère (horizons explorés par les systèmes racinaires) dans les champs de grandes cultures, où les espèces légumières sont cultivées, notamment les pois chiche. Il s'agit d'un sol de texture limono-argilo-sableuses, faiblement alcalin peu salé. Il contient une charge assez forte en CaCO<sub>3</sub> (11.20%) et un taux de matière organique moyen (5.212%).

Le sol est ensuite épandu à l'air libre pour subir un séchage naturel avant d'être introduit dans des pots tapissés de gaze stérile en bas pour faciliter l'élimination des eaux d'arrosage en excédent (22 cm de hauteur et 25cm de diamètre du haut et 13.5 cm de diamètre à la base).

## Chapitre IV : Germination dans les pots

---

Les graines subissent une désinfection à l'hypochlorite de sodium (eau de javel) pendant 5 minutes puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée pour éliminer les traces de chlore.

Les graines de pois chiche à raison de 4 pot ont été semées dans ces pots au nombre de 10 (arrosés avec des concentrations de produits fertilisant de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$  et  $\text{MgNO}_3$  [C5g/l]). Dans un milieu ambiant  $20^\circ\text{C}$ . Nous avons suivi cette expérience durant 6 semaines pour comptabiliser la germination et mesurer la taille des plantules au stade juvénile



**Figure N°31** : Photos de préparation du sol



Figure N°32 : Photos du matériel utilisé pour l'analyse du sol



Figure N°33 : Photo de la germination des graines de *Cicer arietinum* L. avec la même concentration des produits différents après 6 semaines

D'autre part nous nous sommes intéressées à la mesure des poids frais et secs pour déterminer le taux de matière sèche. Trois plante/ pot sélectionnées au hasard ont été retenus pour cette mesure (différence pondérale exprimée en grammes).

**Tableau N°18** : Poids sec et poids frais de *Cicer arietinum* L. en grammes après 6 semaines

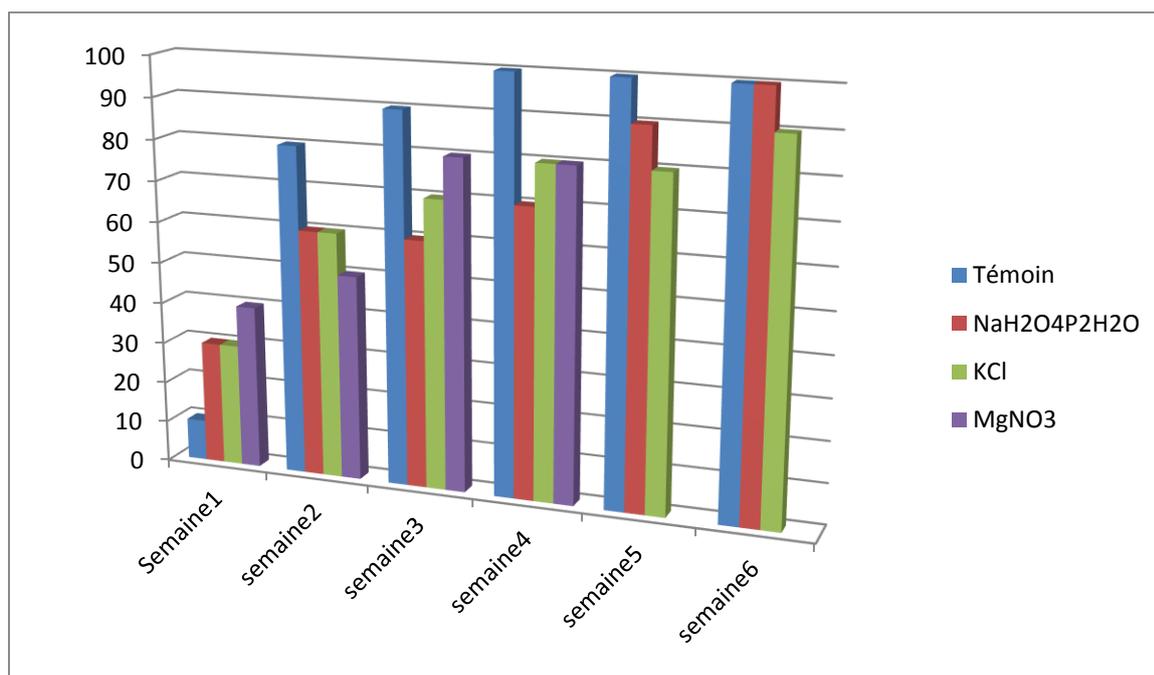
|  | <b>Poids frais (P1)</b> | <b>Poids sec (P2)</b> | <b>Différence<br/>P1 – P2</b> |
|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Témoin</b>  | 0.97                    | 0.055                 | 0.915                         |
| <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> | 0.467                   | 0.044                 | 0.423                         |
| <b>KCl</b>   | 0.113                   | 0.056                 | 0.057                         |
| <b>MgNO<sub>3</sub></b>  | 0.271                   | 0.085                 | 0.186                         |

**IV.3.Résultats et interprétations**

**Tableau N°19** : Germination des graines de *Cicer arietinum* L. avec la même concentration [C5] des différents produits à température ambiante **20°C**

|                                 |    | 1 <sup>ère</sup> Sem. |     | 2 <sup>ème</sup> Semaine |     | 3 <sup>ème</sup> Semaine |     | 4 <sup>ème</sup> Semaine |      | 5 <sup>ème</sup> Semaine |      | 6 <sup>ème</sup> Semaine |      |
|---------------------------------|----|-----------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|
| Type de traitement              |    | Nbr                   | %   | Nbr                      | %   | Nbr                      | %   | Nbr                      | %    | Nbr                      | %    | Nbr                      | %    |
| EAU                             | C0 | 1                     | 10% | 8                        | 80% | 9                        | 90% | 10                       | 100% | 10                       | 100% | 10                       | 100% |
| Témoin                          |    |                       |     |                          |     |                          |     |                          |      |                          |      |                          |      |
| NaH <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | C5 | 3                     | 30% | 6                        | 60% | 6                        | 60% | 7                        | 70%  | 9                        | 90%  | 10                       | 100% |
| P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O |    |                       |     |                          |     |                          |     |                          |      |                          |      |                          |      |
| KCl                             | C5 | 3                     | 30% | 6                        | 60% | 7                        | 70% | 8                        | 80%  | 8                        | 80%  | 9                        | 90%  |
| MgNO <sub>3</sub>               | C5 | 4                     | 40% | 5                        | 50% | 8                        | 80% | 8                        | 80%  | 9                        | 90%  | 9                        | 90%  |

**Nbr: Nombre**



**Figure N°34 :** Germination des graines de *Cicer arietinum* L. avec différentes traitements ( $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$  et  $\text{MgNO}_3$ ) à température ambiante  $20^\circ\text{C}$

Les graines germent pour tous les traitements trophiques administrés. Les pourcentages évoluent différemment selon les produits utilisés. L'eau du robinet (témoin) nous permet de remarquer un certain temps de latence du moins dans le début (10%) avant que se déclenche la germination, celle-ci a du mal à s'amorcer. Le pourcentage germinatif s'élève au fil du temps pour atteindre respectivement 80%, 90% et 100% pour certains à la quatrième semaine.

Le  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  agit sur le processus germinatif d'une manière peu significative de la première à la quatrième semaine (30% à 70%). La cinétique obtenue par le  $\text{KCl}$  influence la germination presque d'une façon identique où les pourcentages sont peu différents de ceux obtenus avec le traitement précédent, les taux en effet passent de 30% (première semaine) à 80% (quatrième semaine). Il est à constater que le produit  $\text{MgNO}_3$  permet une germination remarquable où les taux fluctuent entre 40% (première semaine) à 80% (quatrième semaine), soit une élévation significative (de 2 fois plus) et enfin 90% lors de la dernière semaine. Ce produit comporte de l'azote et du

## Chapitre IV : Germination dans les pots

magnésium, deux éléments fertilisants indispensables pour l'ensemble des stades biologiques de la plante et en particulier celui de ce stade juvénile entre autre la germination.

**Tableau N°20 :** Taille des plantules de *Cicer arietinum* en centimètres après 6 semaines

| Types<br>De traitement   |              | Taille des plantes (cm) après 6 semaines |                 |         |
|--|--------------|--|-----------------|---------|
|  |              | Valeur minimale                          | Valeur maximale | Moyenne |
| <b>Eau de robinet</b>  | C0           | 2  | 9.5             | 5.75    |
| <b>NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O</b> | C5<br>[5g/l] | 1  | 16              | 8.5     |
| <b>KCl</b>   | C5<br>[5g/l] | 1.5                                      | 16              | 8.75    |
| <b>MgNO<sub>3</sub></b>  | C5<br>[5g/l] | 1  | 10.5            | 5.75    |

Le nombre de feuilles relevé pour l'ensemble des traitements s'élève à 84. Les tailles les plus élevées sont obtenus pour les produits  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{KCl}$  traitées par la concentration [C5] où les tailles atteignent respectivement 8.15 cm et 8.75cm. Enfin l'autre produit  $\text{MgNO}_3$  permet d'obtenir une croissance plus faible que les autres (5.75 cm).

### IV.4. Conclusion

Pour conclure on peut dire que ces produits ne modifient pas le schéma morphogénétique des plantes puisque le nombre de feuilles des plantes traitées (70) est légèrement différent de ceux obtenus par les traitements témoins (15). Ces produits utilisés comprennent les éléments trophiques indispensables (l'azote  $\text{MgNO}_3$ , le phosphore  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  et la potasse  $\text{KCl}$ ) à la germination, la croissance et également la production (un stade végétatif à tester à l'avenir dans d'éventuels travaux de ce genre).

Il ressort que la concentration des produits expérimentés relie automatiquement l'arrêt de la croissance au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Greenway et Munns, 1980 in Parida et Das, 2005**).

La production de matière sèche varie d'un traitement à l'autre. La valeur la plus élevée est recueillie avec le traitement de  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (8.5g), ce qui n'est pas le cas pour les autres où les seuils ne dépassent pas les 6g. L'interprétation nous amène à accuser systématiquement les éléments trophiques ou éléments fertilisants, les uns et les autres agissent différemment. Le produit contenant le phosphore est celui qui a donné la meilleure production de matière sèche.

La fertilisation d'autre part une qui à notre avis est une phase nécessaire et incontournable dans le maintien ou l'augmentation de la fertilité des sols sans oublier leur activité biologique et l'amélioration de la croissance, la qualité des cultures et enfin l'augmentation des rendements d'une manière générale (Silguy 1998).

# **Conclusion générale**

Ce travail sur les éléments trophiques ramenés sous forme d'arrosage (variations des concentrations où les produits utilisés sont dissouts dans l'eau  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$  et  $\text{MgNO}_3$ ) retenus peut nous interpeler en matière de fertilisation. En effet plusieurs auteurs soulignent ou montrent l'intérêt de l'apport d'éléments fertilisants, il s'agit des macros et des micros éléments. Il y a d'abord l'azote provenant de la minéralisation de l'humus stable : en moyenne 70kg d'azote nitrique doit être épandu durant l'année et mis à la disposition des différentes cultures. Mais à quelle époque de l'année ? S'il y a synchronisme avec les besoins de la plante, c'est parfait, sinon une partie de cet azote sera certainement gaspillée. L'azote peut être libéré par l'humification de la matière organique fraîche, notamment les résidus des récoltes précédentes, le fumier et les engrais verts.

Un apport de matière organique riche en carbone déclenche l'activité des microbes qui la décomposeront en faisant appel à l'azote minéral du milieu. Puis, lorsqu'une partie du carbone aura disparu, l'activité microbienne ralentira et les corps microbiens formés minéraliseront à leur tour en restituant au sol l'azote qu'ils avaient temporairement bloqué. Ainsi se poursuit dans le sol une double évolution en sens contraire : minéralisation de l'azote organique et réorganisation de l'azote nitrique. On enregistre donc dans le sol une nette concurrence entre les microbes vitrificateurs et les microbes réorganisateurs.

La teneur totale des sols en acide phosphorique ( $\text{p}_2\text{O}_5$ ) varie de 0.02 à 0.10%. Les principales sources du phosphore dans le sol sont : Les minéraux et roches riches en phosphore qui approvisionnent le sol en phosphore inorganique, les débris végétaux, l'humus et les débris de micro- organisme du sol qui l'approvisionnent en phosphore organique. Donc, le phosphore se présente dans le sol sous forme tant inorganique qu'organique. L'une et l'autre constituent des sources importantes de phosphore pour les plantes. Cependant, on ne possède guère de renseignement sur les quantités relatives de ces deux genres de

composés dans les différents sols. Il est évident qu'une étude du phosphore du sol ne saurait être complète sans un bref examen de ces deux genres de composé

Le rôle essentiel de la potasse est la régulation des fonctions de la plante auxquelles elle participe activement, ce qui explique sa forte concentration dans les tissus jeunes (en plein croissance). Par sa présence la potasse peut aussi favoriser la synthèse des glucides et leur accumulation dans certains organes de réserve. C'est pourquoi certaines plantes, riches en glucides, comme la pomme de terre, la betterave, Lavigne, la pomme, etc... répondent particulièrement bien à l'apport d'engrais potassique. Il semblerait que toutes les plantes qu'on cultive pour leurs racines répondent bien ou presque aux applications du potassium.

D'une manière générale elle exerce un effet pondérateur sur l'excès d'azote due sur le phosphore et elle est donc particulièrement importante dans un engrais ternaire. Elle est nécessaire pour l'assimilation chlorophyllienne, le magnésium d'une manière marquée permet également cette forme de fixation notamment dans sa structure moléculaire.

La potasse elle, diminue aussi la transpiration de la plante, de ce fait elle permet une économie d'eau dans les tissus. Les feuilles de plantes qui souffrent d'une carence de potassium ont une apparence sèche et flétri sur leurs bords et leur surface est irrégulièrement chlorotique.

Que peut-on dire au terme de ce travail réparti sur plus de trois mois pour la première expérience et plus de 06 semaines pour la seconde expérience en condition in-vitro. Tout au long des expérimentations basées sur l'irrigation dans l'objectif étant de suivre l'évolution de la germination des graines et la croissance aérienne des petites plantules de pois chiche. L'arrosage à base d'éléments trophiques ou produits  $\text{NaH}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{H}_2\text{O}$  (orthophosphate dihydrogène de sodium),  $\text{KCl}$  (chlorure de potassium),  $\text{MgNO}_3$  (Nitrate de Magnésium) a été

effectué pour suivre aussi la croissance et le nombre de feuilles produites du pois chiche (*Cicer arietinum*).

Effectuées en conditions de températures différentes (**20°C** température ambiante et **5°C** température froide du frigidaire), le taux de germination chez le **pois chiche** traité par le **NaH<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O** atteint 70.8% à **20°C** et 83.33 % à **5°C** pour les faibles concentrations, par contre ce taux atteint pour les concentrations 62.5% à **20°C** et 79.16% à **5°C**. Pour le deuxième traitement à base de **KCl**, la germination des graines diffère dans le temps considérablement, de 8.25% à 75% pour la première et la dernière semaine à **20°C** et de 45.83% à 75% dans le temps là aussi de la première à la dernière semaine à **5°C**. Le dernier traitement où nous avons utilisé ce réactif fertilisant à base de magnésium et surtout d'azote **MgNO<sub>3</sub>**. La germination s'élève à 70% en présence d'une température **20°C** et à 79,16% à température de **5°C**, celles-ci pour les faibles concentrations (1g/l et 3g/l). Dans les fortes concentrations (4g/l à 8g/l) nous enregistrons 79.1% à **20° C** et 70.83% à **5° C**. Le plus bas niveau de germination est obtenu durant les semaines précédentes. Nous sommes en présence d'une situation paradoxale en effet l'élément fertilisant aurait pu afficher un meilleur pourcentage de germination en présence d'une concentration élevée : 8g/l.

L'approche statistique à partir de la méthode des moindres carrés nous montre que les relations ou les corrélations ( $r$ ) entre les concentrations et les taux de germination varient considérablement d'un traitement à l'autre même si les différences ne sont pas trop significatives. Les valeurs de  $r$  possèdent toutes une corrélation négative dans l'ensemble des traitements avec les produits dans les deux milieux (**5°C** et **20°C**). Les valeurs de  $r$  varient entre - 0.00 et 0.69 (germination en fonction des produits) pour les deux séries de traitements des deux milieux, le niveau de signification est relativement élevé.

Peut-on remarquer entre autre que les produits utilisés n'ont pas eu l'impact souhaité ou qu'on attendait sur les germinations ou n'ont pas répondu

dans l'un ou l'autre milieu ? Il nous paraît utile de proposer des études futures où il serait à notre avis utile de modifier ou rajouter d'autres produits fertilisants ou considérés comme tels. La question que l'on pourrait se poser est quels sont ces produits ou engrais chimiques à quelles doses à utiliser dans l'arrosage de ce genre de graines ?

# **Références Bibliographiques**

- Abdelguerfi-Laouar M., Hamdi N., Bouzid H., Zidouni F., Laib M., Bouzid L et Zine F.,** 2001a-Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation, état des ressources phylogénétiques et cas du pois chiche à Bejaia. 3<sup>e</sup> journées scientifiques de l'INRA .Bejaïa
- Abdelguerfi-Laouar M., Zine F., Bouzid L., Laib M. et Kadri A.,** 2001b-Characterisation préliminaire de quelques cultivars de *Cicer arietinum*L collectés dans la région de TiziOuzou. Revue INRA, N°7:51-65.
- Abdelguerfi-Laouar M.1., Bouzid L.1., Zine F.1., Hamdi N.2., Bouzid H.et Zidouni F. ,** 2001 -Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Bejaia. Revue de la Recherche Agronomique (INRAA) : 31-42.
- Anonyme.,** 1981- Food loss prevention in crops, Bulletin n°43, Rome.
- Anonyme .,** 1982-Céréaliculture. Revue N°14. I.D.G ,C : 2-7
- Anonyme1.,** 1987- Guide sur les engrais et la nutrition des plantes. Bulletin FAO Engrais et Nutrition Vegetal. Rome.
- Anonyme2.,**1987- Thematic Evaluation of aquaculture. Joint study by UNDP, Norwegian Ministry of Development Cooperation, Rome, 85p.
- Anonyme5.,**2000-Haricot sec-valeurs nutritive sur saveurs du monde.
- Anonyme.,** 2002-Les légumineuses au Moyen-Orient et en Afrique du Nord Bulletin bimensuel, F.A .O, Vol.15, N°5.
- Anonyme4.,** 2010-  
WWW.aqmrc.org consulté le 01-11-2010.
- Anonyme6.,**2015-Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 11. 08- 16.
- Aubert Guy.,**1980-Observation sur les caractéristiques la dénomination et la classification des sols dits (salés) ou salsodiques. Cahier d'ORSTOM, série pédologie.XX, 1 : 73 -78.
- Azout B ., Anthelue B et Benali S .,** 1980-Technologie des légumes secs et valeur nutritionnelle des produits traités. Polycopie. Inst.Nat. Agronomique El-Harrach, Alger.
- Balesdent J.,** 1996-Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France, INRA, Paris, pp 245-260.
- Barouche S. et Boularas S.,**2015- Evaluation de l'effet de deux fertilisants chimiques et d'un bio fertilisant sur la croissance végétative du pois chiche (*Cicer arietinum*). Mém. Master. Biotechn. Prot. Vég. Univ. Bordj Bou Arreridj, pages 48-71.

- 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.Mém. Ing. Agron., Sétif : 81 p.
- Benabadji N.**, 1977-Etude expérimentale de la croissance et de la production de tomate sous l'action des concentrations différentes de NaCl et d'apports d'amendements. ThèseIng.. INA. Institut National Agronomique. 69 pages + annexes.
- Benbarek K., Boujelben A., Hannachi C.H. etBoubaker M.**, 2009- Criblage et performances agronomiques de 45 génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) Soumis à un régime hydrique limité. *Base* en ligne. Numéro 3, volume 13, 381-393.
- Bensaber M.**, 2017-Les vergers d'oranges, situation et l'état des lieux dans les régionsd'Hennaya (Wilaya de Tlemcen).Mém.Master.Univ. Tlemcen. 80p.
- Chatterton B.**, 1986- Crubating desertification in the winter rain fall regions of North Africa and the middle East. Outlook in agriculture Vol.10, N°18, Pergamon United King Dom.
- Cousin R. etBannerot H.**, 1992- Amélioration des espècesvégétalescultivées. INRA Editions. Paris, France : 173-188.
- Dat.**, 2001- Guide de fertilisation des cultures, Agriculture Pêches et Aquaculture, Canada, 34p.
- Demelou A.**, 1968-Principe d'agronomie, croissance des végétaux cultures. Ed. Dunod.590p.
- Doumergives Y., Dreyfus B., Diem H.G et Duroux E.**, 1985-Fixation de l'azote et l'agriculture tropicale. La recherche. Vol.16. Manuel N°162 :22-31.
- Duke J.A.**, 1981-Handbook of legume of world économique importance. Plenum press .New York.USA.199-265.
- Gobat J.M., Aragno M.etMatthey W.**, 1998 -Le sol vivant. Lausanne: presse polytechniques et universitaires romandes. 519 p.
- Heller R.**, 1981- Physiologie végétale 1.Nutrition 2° édit. Ed. Masson & Cie. Paris, 301 p.
- Heller R.**, 1990-Physiologie végétale. Tome2 : développement 4°édit .Ed. Masson&Cie. Paris.
- Henri R.**, 1959- Productivité de la terre, fertilisation et rentabilité. Ed. Flammarion, Paris.535p
- 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.

- Jestin L.**, 1992-Amélioration des espèces végétales cultures. Ed. INRA. Paris : 13-21.
- Labanowski J.**, 2004- Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation, THESE de Doc. En Chimie & Microbiologie de l'eau, Univ. De Limoges, 209 p.
- Labdi M.**, 1990 - Chickpea in Algeria. 137-140p, in Saxina, N. P.; Saxina, M C.; Jouhansen, C.; Virmani, S M.; and Harris, H. Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa region. ICARDA-ICRISAT. 262p.
- Lasnier Lachaise L.**, 1973- Agronomie manuelle. Ed. Flammarion.347p.
- Laumonier R.**, 1986- cultures légumineuses et maraichère. Tome III-Encyclopédie agricole
- Laumont P et Chevassus A.**, 1956- Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie. Institut agricole d'Algérie. Maison-carree Alger.24p.
- Merzoug A.**, 2015-Importance de la fusariose vasculaire du Pois (*Pisum sativum* L) dans l'ouest Algérien : pouvoir pathogène, races physiologiques et compatibilité végétative chez *Fusarium oxysporium* subsp : pisi et essai de lutte biologique. Thèse. Doc. En Sciences Faculté SNV /STU. Univ. Mostaganem, 235p.
- Melakhessou Z.**, 2007-Étude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois-chiche d'hiver (*Cicer arietinum* L.) variété ILC 3279, cas Sinapis arvensis. Université El Hadj Lakhdar-Batna. Faculté des sciences; Département d'Agronomie. Mémoire de Magister en sciences agronomiques.
- Mesaili, B.**, 1995-Botanique: Systématique des spermaphytes. Ed. O. P. U (Office des Publications Universitaires). 91 p.
- Michel C, et al .**, 2005- Sols et environnement Dunod, Paris : 620p
- Moustafa B.**, 1977- Contribution à l'amélioration de la fertilité d'un sol sableux par l'incorporation de sciures du bois de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) et d'Eucalyptus (*Eucalyptus canaldulensis*). Mem. Mag. Univ. Sidi Bel-Abbes.74p.
- Muehlbauer F.J., and Tullu A.**, 1998- *Cicer arietinum* L. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York.
- Ounane S.M., Bacha F. et Irekti H.**, 2000- Effet du stress thermique sur la nutrition azotée chez le pois chiche (*Cicer arietinum* ). Vol. N°21.
- Pitrat M. et Foury C.**, 2003- Histoires de légumes des origines à l'orée du XXI le siècle. Rev. INRA Ed., 410p.
- Plancquaert PH. et Wery J.**, 1991-Le pois chiche : Culture et utilisation. Brochure Ed. ITCF, Paris, France: 11 p.

- Plancqaert P., Wery J.,** 1991- Le pois chiche : Culture – Utilisation, Publications sur les protéagineux. ITCF. Paris. 12p.
- Ploux, G.,**1985- Contribution à l'étude de la formation du rendement chez le pois chiche (*Cicerarietinum*L.): influence du génotype et du milieu. Thèse D.A.A. ENSA (Montpellier).
- Quittet E.,** 1967- Agriculture, Tonne II.15<sup>e</sup>édition., Dunod, Paris.178p.
- Rajesh P.N.,** 2001- Chickpea genomics: BAC library construction, Resistance gene analog (RGA) mapping and tagging double-podded trait. A thesis submitted to the University of Pune for the Degree of doctor of philosophy. Plant Molecular Biology Division of Biochemical Sciences National Chemical Laboratory Pune 411 008 (India). 144p.
- Redden R. J and Berger J.D.,** 2007-History and origin of chickpea. Chickpeabreedingandmanagement. ISBN-13 : 978 1 846932145.
- RicherdMolard D.,** 1978- Caractères génétique de la microflore des graines et principales altération qui en résultent. Ed. Anonyme : 254-258.
- Robert M.,** 1996 –Lesol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, 244 p.
- Sadji H.,** 2017- Effets de la salinité et du phosphore sur la physiologie du pois chiche (*Cicer arietinum* L). Thèse Doctorat en Biologie et Physiologie Végétale. Univ. USTHB.
- Saxena M.C.,** 1987-Agronomy of chickpea. insaxena M.C. and Singh K.B. The Chickpea. Wallingford,UK, CAB International: 207-232
- Saxena M.C. and Singh K.B.,** 1987- Agronomy of chickpea.eds. *The chickpea.* Wallingford, UK: CAB International: 207-232.
- Seck M.A.,** 1993- Essais de fertilisation organique avec les bois dans les cuvettes maraichères de niayes (Sevegal). Actes 4<sup>e</sup> colloque international sur les bois rameaux fragments : 36-41. Univ. Laval Québec
- Soco.,** 2009- Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols:Processus de dégradation des sols,N<sup>o</sup>: 3, 4p
- Soltner.,** 2005-Les bases de la production végétale: tome 1 le sol et son amélioration. Soltner ,472 p.
- 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: 121-144.

**Vander Maesen J.G.**, 1987- Origin, history and taxonomy of chickpea. In: The chickpea (Eds.: M.C. Saxena and K.B. Singh). CAB International, London, UK.

**Vanier P.**, 2005 –Le pois chiche au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique et Écologie et environnement. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF). Univ. Laval

**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**: 249-256

**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. Série Séminaires CIHEAM, Paris: 77-85.

**Zaghouane O., Kada M. A. M., Sidennas R.**, 1995-Les légumineuses alimentaires en Algérie: situation actuelle et perspectives. ITGC Editions El-Harrach –Alger, 136p.

**Zuanf H.**, 1982-La fertilisation des cultures légumineuses. CIFL, 393p.