



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE: SCIENCES**

**DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : CHOURFI Nour elimane**

**DOMAINE :SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : AMELIORATION DES PLANTES**

### **Thème**

**Contribution à l'amélioration de la germination et  
croissance de pois chiche (*Cicer arietinum* L.)  
Par l'exploitation des résidus liquides de produit  
homologué ( Bio super) et produite naturel ( lactosérum)**

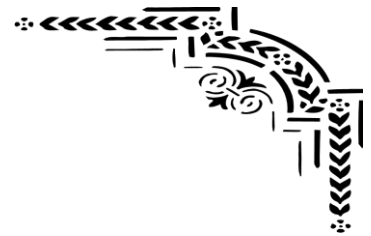
#### **Jury de soutenance :**

| <b>Nom et Prénom</b> | <b>Grade</b> | <b>qualité</b> |
|----------------------|--------------|----------------|
| KADDOURI A.          | Président    | MCA            |
| OUAISSA N.           | Examineur    | MAA            |
| SARIDI A.            | Encadreur    | MCB            |

**Promotion : Juin2025**



# Dédicaces





À Toi, ô Seigneur des cieux et de la terre,

Toi qui as guidé chacun de mes pas, éclairé mes nuits  
d'incertitude et fortifié mon âme dans les épreuves. Que  
soient loués Ton nom et Ta générosité infinie.

À mon père bien-aimé,

À l'âme pure de ma mère chérie,  
partie trop tôt, mais dont l'amour continue d'emplir  
mon cœur et d'orienter mes rêves.

Que Dieu lui accorde Sa miséricorde et la comble de Sa  
lumière éternelle.

À mes sœurs, fidèles confidentes,

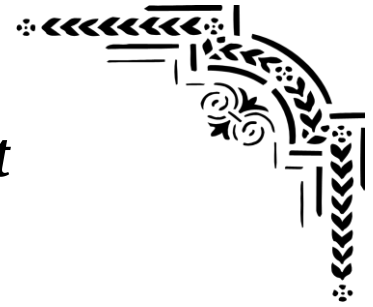
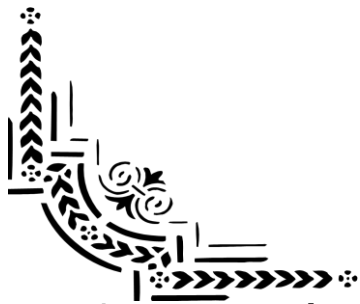
À mes nièces, étincelles de bonheur dans mon existence,

À mon frère, pilier discret de mes jours,

Et tout particulièrement à Mohamed, mon frère et ami,  
ton soutien silencieux a été mon refuge dans les  
moments de doute.

À vous tous, je dédie ces lignes, humble fruit d'années  
d'efforts, avec un amour profond et une reconnaissance  
qui ne sauraient être pleinement exprimés par des mots

*Nour elimane*



## **Remerciement**

*Avant toute chose , nous tenons à remercier « Allah » qui nous adonnés la force et la volonté pour terminer ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, maitre **Saridi Abdelkader**, pour ses efforts, ses conseils précieux et son accompagnement constant qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.*

*Un remerciement tout particulier à Mme Rennan Zahra, pour son soutien moral et scientifique, ainsi que pour sa bienveillance tout au long de ce parcours.*

*Je remercie également tous les ingénieurs du laboratoire pour leur aide, leur disponibilité et leur accompagnement durant mes travaux pratiques.*

*Mes sincères remerciements vont aussi à mes chers membres du jury Monsieur **Kaddouri** et madame **Ouaissa** pour avoir accepté de juger ce mémoire, et pour leurs remarques pertinentes et enrichissantes qui ont permis d'améliorer la qualité de ce travail*

.....

### **Contribution à l'amélioration de la germination et croissance de pois chiche (*Cicer arietinum* .L) par l'exploitation des résidus liquides de produit homologué ( bio super ) et produit naturel ( lactosérum)**

#### **Résumé :**

Dans une démarche de promotion de l'agriculture durable, cette étude vis l'évaluer de l'effet de biostimulants et biofertilisants — naturels (lactosérum) ou homologués (Bio Super) — sur la germination et la croissance du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). L'expérimentation a été menée en conditions contrôlées, avec l'application de solutions biologiques sur un sol ensemencé, et a porté sur divers paramètres : taux de germination, hauteur des plantules, diamètre de tige, nombre de feuilles, poids frais et poids sec.

Les résultats ont révélé un effet significatif mais négatif sur la germination : le témoin affichait un taux de 43,33 %, contre seulement 1,15 % pour les traitements avec biostimulants. En revanche, les effets sur les paramètres morphologiques post-germinatifs ont été statistiquement non significatifs, bien que quelques variations numériques aient été.

Par ailleurs, les analyses physico-chimiques du sol ont montré une augmentation significative de la conductivité électrique (indiquant une accumulation de sels solubles), ainsi qu'une légère alcalinisation du sol, particulièrement avec le lactosérum. Le taux de calcaire total, quant à lui, a légèrement diminué.

Ces observations suggèrent que les biostimulants testés influencent principalement les premiers stades du développement, mais que leur efficacité post-germination reste limitée et dépendante de nombreux facteurs environnementaux. Une optimisation des doses et des conditions d'application est donc nécessaire pour garantir une utilisation efficiente et durable.

**Mots-clés :** *Cicer arietinum* L., biostimulants, biofertilisants, germination, croissance, lactosérum.

### **Contribution to the improvement of germination and growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) through the use of liquid residues from an approved product (Bio Super) and a natural product (whey)**

#### **Abstract :**

As part of a sustainable agriculture approach, this study aims to evaluate the effect of biostimulants and biofertilizers—either natural (whey) or approved (Bio Super)—on the germination and growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.). The experiment was conducted under controlled conditions, with the application of biological solutions to sown soil, and focused on various parameters: germination rate, seedling height, stem diameter, number of leaves, fresh weight, and dry weight.

The results revealed a significant but negative effect on germination: the control showed a germination rate of 43.33%, compared to only 1.15% for treatments with biostimulants. In contrast, the effects on post-germination morphological parameters were statistically non-significant, although some numerical variations were observed.

Furthermore, physicochemical analyses of the soil showed a significant increase in electrical conductivity (indicating an accumulation of soluble salts), as well as a slight alkalization of the soil, particularly with whey. The total limestone content, however, slightly decreased.

These observations suggest that the tested biostimulants primarily influence the early stages of development, but their post-germination efficacy remains limited and dependent on numerous environmental factors. Therefore, optimization of doses and application conditions is necessary to ensure efficient and sustainable use.

**Keywords:** *Cicer arietinum* L., biostimulants, biofertilizers, germination, growth, whey.

" مساهمة في تحسين إنبات ونمو نبات الحمص (*Cicer arietinum* L.) من خلال استغلال المخلفات السائلة لمنتج مُعتمد (Bio Super) ومنتج طبيعي (مصل الحليب – اللاكتوسيروم )

**ملخص** في إطار تعزيز الزراعة المستدامة، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير المحفزات الحيوية (biostimulants) و/أو الأسمدة الحيوية — (biofertilisers) الطبيعية (مصل اللبن) أو المعتمدة (Bio Super) على إنبات ونمو الحمص (*Cicer arietinum* L.). أجريت التجربة في ظروف مضبوطة، مع تطبيق المحاليل البيولوجية على تربة مزروعة، وركزت على معايير مختلفة: معدل الإنبات، ارتفاع الشتلات، قطر الساق، عدد الأوراق، الوزن الطازج، والوزن الجاف.

كشفت النتائج عن تأثير كبير ولكنه سلبي على الإنبات : حيث أظهرت مجموعة التحكم معدل إنبات بلغ 43,33% مقابل 1,15% فقط للمعاملات باستخدام المحفزات الحيوية . في المقابل، كانت التأثيرات على المعايير المورفولوجية بعد الإنبات غير ذات دلالة إحصائية، على الرغم من وجود بعض الاختلافات الرقمية.

علاوة على ذلك أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة زيادة ملحوظة في التوصيل الكهربائي (مما يشير إلى تراكم الأملاح الذائبة)، بالإضافة إلى قلوية طفيفة للتربة، خاصة مع مصّل اللبن . أما محتوى الكلس الكلي، فقد انخفض بشكل طفيف.

تشير هذه الملاحظات إلى أن المحفزات الحيوية المختبرة تؤثر بشكل أساسي على المراحل الأولى من النمو، ولكن فعاليتها بعد الإنبات تظل محدودة وتعتمد على العديد من العوامل البيئية . ولذلك، فإن تحسين الجرعات وظروف التطبيق ضروري لضمان استخدام فعال ومستدام.

**الكلمات المفتاحية:** الحمص (*Cicer arietinum* L.)، المحفزات الحيوية، الأسمدة الحيوية، الإنبات، النمو، مصّل اللبن.

Dédicaces

Remerciement

INTRODUCTION.....1

CHAPITRE I :POIS CHICHE (Cicer arietinum L.)

I.1. GENERALITES SUR LES LEGUMINEUSES ..... 4

I.2. HISTORIQUE ET ORIGINE ..... 4

I.3. DESCRIPTION DE PLANTE ..... 4

I.4. LE CYCLE DE CROISSANCE DU POIS CHICHE.....5

I.4.1. La période végétative ..... 5

I.4.2. La période de reproduction ..... 5

I.5.TAXONOMIE DE LA PLANTE POIS CHICHE .....6

I.6. TYPES DE POIS CHICHE ..... 6

I.6.1. Type Kabuli .....6

I.6.2. Le type Desi..... 7

I.7. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRODUCTION DU POIS CHICHE..... 7

I.7.1. Dans le monde..... 7

I.7.2. En Algérie..... 8

I.8. LES ZONES DE CULTURE DU POIS CHICHE EN ALGERIE ..... 9

I.9. LES PRINCIPAUX VARIETÉS DE POIS CHICHE CULTIVÉES EN ALGERIE ..... 10

I.10. IMPRTANCE DE POIS CHICHE ..... 11

I.10.1. Importance agronomique ..... 11

I.10.2. Importance économique..... 12

Chapitre II :LES RESIDUS LIQUIDES DES MATIERES ORGANIQUES

II.1. GÉNÉRALITE SUR LES RESIDUS LLIQUIDES DES MATIERES ORGANIQUES 14

II.2. LES COMPOSANTS DES RESIDUS LIQUIDES..... 14

II.2.1. Acides aminés..... 14

# **Table des matières**

---

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| II.2.2. Extraits d'algues marines .....                           | 14 |
| II.2.3. Micro-organismes bénéfiques.....                          | 14 |
| II.2.5. Substances chimiques toxiques .....                       | 15 |
| II.3. SOURCES ET TYPES DES RESIDUS LIQUIDES .....                 | 15 |
| II.3.1. Eaux usées domestiques .....                              | 15 |
| II.3.2. Effluents agroalimentaires.....                           | 15 |
| II.3.3. Lisiers et purins .....                                   | 15 |
| II.3.4. Digestats liquides.....                                   | 15 |
| II.3.5. Eaux de lavage agricoles .....                            | 16 |
| II.3.6. Boues liquides des stations d'épuration .....             | 16 |
| II.4. EXEMPLES DES PRODUITS HOMOLOGUES ISSUS DES RESIDUS LIQUIDES |    |
| II.4.1. Micro-organismes Efficaces (EM) .....                     | 16 |
| II.4.2. Biofertilisants.....                                      | 16 |
| II.4.3. Biostimulants.....                                        | 17 |
| II.4.4. Comparatif des Produits Biologiques en Agriculture.....   | 17 |
| II.5. PROPRIÉTÉS DES RESIDUS LIQUIDES .....                       | 18 |
| II.5.1. Amélioration de la Fertilité des Sols .....               | 19 |
| II.5.2. Réduction de l'Utilisation des Engrais Chimiques .....    | 19 |
| II.5.3. Stimulation de l'Activité Biologique du Sol.....          | 19 |
| II.6. LES RISQUES DE CERTAINS RESIDUS LIQUIDES .....              | 20 |
| II.6.1. Les eaux résiduaires urbaines .....                       | 20 |
| II.6.2. Les eaux résiduaires industrielles .....                  | 20 |
| Chapitre III :Matériel et Méthodes                                |    |
| III.2. MATÉRIELS BIOLOGIQUES UTILISÉS.....                        | 23 |
| III.3. CONDITIONS EXPÉRIMENTALES .....                            | 24 |
| III.4. LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL .....                           | 24 |
| III.5. LA CONDUITE DE CULTURE LES MÉTHODES APPLIQUÉES .....       | 24 |

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| III.6. LES PARAMETRES MESURES .....                      | 26   |
| III.6.1. Les paramètres du sol .....                     | 26   |
| III.6.1.1. Mesure du PH.....                             | 26   |
| III.6.1.2. Mesure la conductivité électrique (CE).....   | 27   |
| III.6.1.3. Dosage de calcaire total du sol .....         | 27   |
| III.6.2. Les paramètres morphologiques des plantes ..... | 28   |
| III.6.2.1. Hauteur des plantes (cm).....                 | 28   |
| III.6.2.2. Diamètre de tige (mm) .....                   | 28   |
| III.6.2.3. Nombre des feuilles.....                      | 29   |
| III.6.2.4. Poids frais total (tiges + feuilles).....     | 29   |
| III.6.2.5. Poids sec des tiges et des feuilles .....     | 29   |
| III.7. LES ANALYSES STATISTIQUES .....                   | 30   |
| CHAPITRE IV :RESULTATS ET DESSCUTIONS                    |      |
| IV.1. RESULTATS.....                                     | 31   |
| IV.1.1. Le pourcentage de germination.....               | 31   |
| IV.1.2. La hauteur des plants.....                       | 31   |
| IV.1.3. Le diamètre de tige.....                         | 32   |
| IV.1.4. Poids frais des plants.....                      | 32   |
| IV.1.5. Nombre des feuilles par plant .....              | 32   |
| IV.1.6 Poids frais des feuilles.....                     | 33   |
| IV.1.7 . Poids frais des tiges.....                      | 33   |
| IV.1.8. Poids sec totale de la plante .....              | 33   |
| IV.1.9. Poids sec des feuilles.....                      | 34   |
| IV.1.10. Poids sec des tiges.....                        | 34   |
| IV.1.11. Les analyses du sol.....                        | 34   |
| I.1.DISCUSION.....                                       | 40 . |
| CONCLUSION.....                                          | 41   |

# ***Table des matières***

---

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES.....44

ANNEXES

## Liste des tableaux

---

| <b>Numéro de tableau</b> | <b>Titre</b>                                                                                | <b>page</b> |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tableau 01</b>        | <b>Les principaux pays producteurs de pois chiche en 2023</b>                               | <b>07</b>   |
| <b>Tableau 02</b>        | <b>Evolution des superficies, des productions et de rendement du pois chiche en Algérie</b> | <b>08</b>   |
| <b>Tableau 03</b>        | <b>Principales zones de culture de pois chiche en Algérie</b>                               | <b>09</b>   |
| <b>Tableau 04</b>        | <b>Caractéristiques des principales variétés de pois chiche cultivées en Algérie</b>        | <b>10</b>   |
| <b>Tableau 05</b>        | <b>Comparaison des principaux produits biologiques utilisés en agriculture</b>              | <b>18</b>   |
| <b>Tableau 06</b>        | <b>pourcentage de germination de pois chiche chez les différents traitements</b>            | <b>31</b>   |
| <b>Tableau 07</b>        | <b>la hauteur des plantules de pois chiche (cm).</b>                                        | <b>31</b>   |
| <b>Tableau 08</b>        | <b>le diamètre des plantules de pois chiche (mm).</b>                                       | <b>32</b>   |
| <b>Tableau 09</b>        | <b>le poids frais des plantules de pois chiche (g).</b>                                     | <b>32</b>   |
| <b>Tableau 10</b>        | <b>nombre de feuilles par plant.</b>                                                        | <b>32</b>   |
| <b>Tableau 11</b>        | <b>poids frais des feuilles (g)</b>                                                         | <b>33</b>   |
| <b>Tableau 12</b>        | <b>poids frais des tiges (g)</b>                                                            | <b>33</b>   |
| <b>Tableau 13</b>        | <b>poids sec total des plants (g)</b>                                                       | <b>33</b>   |
| <b>Tableau 14</b>        | <b>poids sec des feuilles (g)</b>                                                           | <b>34</b>   |
| <b>Tableau 15</b>        | <b>poids sec des tiges (g).</b>                                                             | <b>34</b>   |
| <b>Tableau 16</b>        | <b>les paramètres chimiques du sol avant et après culture</b>                               | <b>34</b>   |

## Liste des figure

---

| <b>Numéro de<br/>tableau</b> | <b>Titre</b>                                         | <b>page</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figure 01</b>             | <b>Description de la plante du pois chiche</b>       | <b>04</b>   |
| <b>Figure 02</b>             | <b>Les grains de pois chiche</b>                     | <b>23</b>   |
| <b>Figure 03</b>             | <b>les produits naturel et homologué</b>             | <b>23</b>   |
| <b>Figure 04</b>             | <b>Le dispositif expérimental</b>                    | <b>24</b>   |
| <b>Figure 05</b>             | <b>Application de produit naturel et homologue</b>   | <b>24</b>   |
| <b>Figure 06</b>             | <b>test de germination</b>                           | <b>25</b>   |
| <b>Figure 07</b>             | <b>les plantules de pois chiche</b>                  | <b>25</b>   |
| <b>Figure 08</b>             | <b>Mesure de pH du sol .</b>                         | <b>26</b>   |
| <b>Figure 09</b>             | <b>Mesure de la conductivité électrique (CE).</b>    | <b>27</b>   |
| <b>Figure 10</b>             | <b>dosage de calcaire total dans le sol.</b>         | <b>27</b>   |
| <b>Figure 11</b>             | <b>mesure de la hauteur des plantes pois chiche.</b> | <b>28</b>   |
| <b>Figure 12</b>             | <b>La diamètre de plante pois chiche</b>             | <b>28</b>   |
| <b>Figure 13</b>             | <b>Mesure de poids frais.</b>                        | <b>29</b>   |

## Liste des abréviations

---

INRAE : Institut Nationale Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement.

WHO: world Health organization.

FAO: Food and Agriculture organization.

MADR : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural.

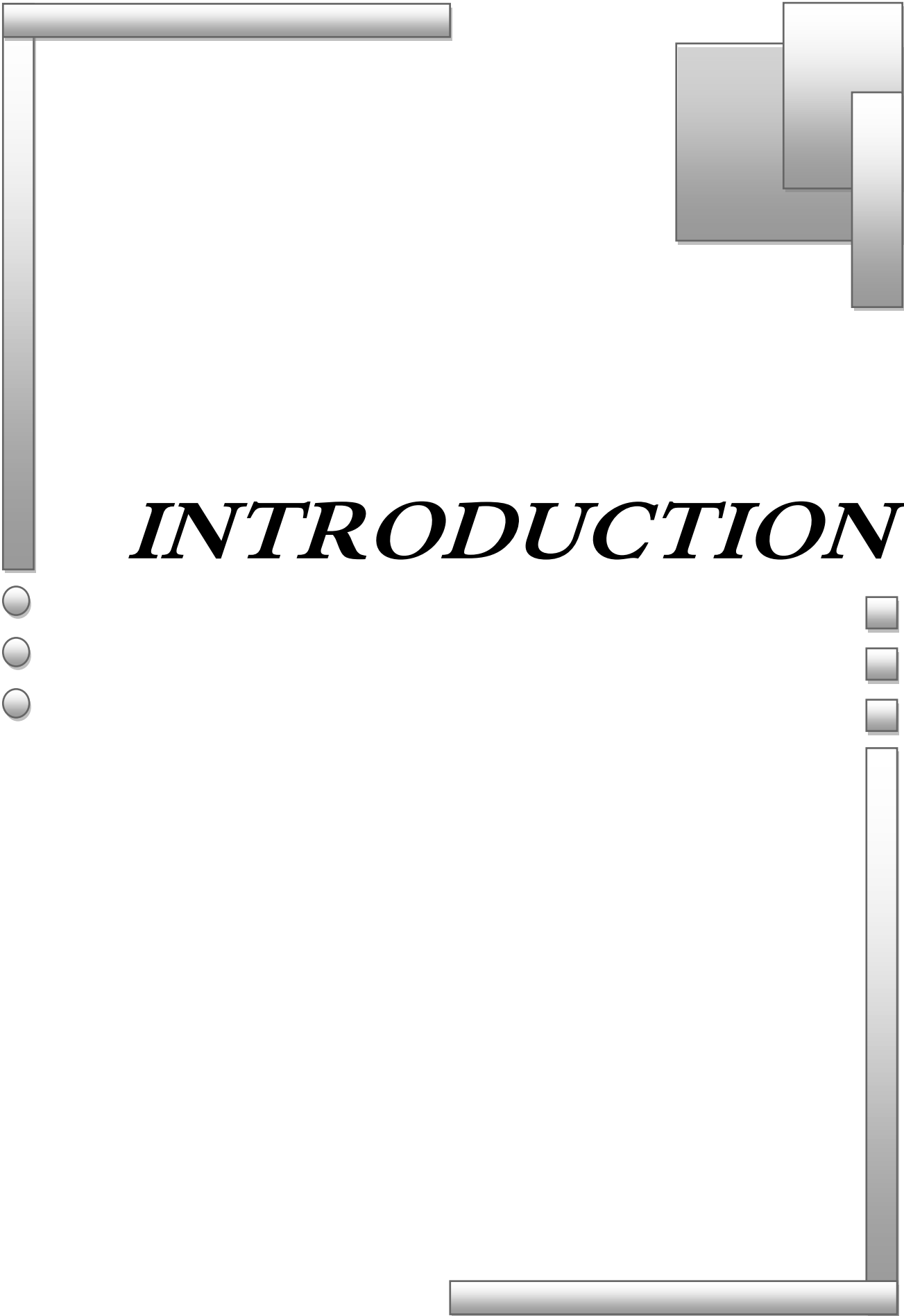
ITGC : Institut Technique des Grandes cultures.

PH : produit homologue.

PN : produit naturel.

T : Témoin.

g : gramme .



# ***INTRODUCTION***

Les légumineuses alimentaires jouent un rôle essentiel dans l'alimentation humaine, notamment dans de nombreux pays en développement (Bacha et Ounane, 2003). Parmi elles, le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) occupe la troisième place à l'échelle mondiale, après le haricot et le petit pois, en tant que légumineuse alimentaire cultivée. Il est considéré comme une source majeure de protéines, en particulier en Asie du Sud et de l'Ouest ainsi qu'en Afrique du Nord (Abdelguerfi-Laouar et al., 2001). le pois chiche se distingue par sa valeur nutritionnelle élevée, sa résistance à la sécheresse, et son aptitude à être cultivé dans des zones à faibles ressources. Il est largement consommé en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et en Asie du Sud (FAO, 2020). En Algérie, il se classe au deuxième rang des légumineuses alimentaires cultivées, juste après la fève/fèverole (MADR, 2014).

En outre, dans un contexte de la lutte contre la dégradation des sols et de réduction de l'utilisation des engrais chimiques, les biostimulants représentent une alternative écologique prometteuse. Il s'agit de substances ou de micro-organismes naturels capables de stimuler les processus physiologiques des plantes, sans être pour autant des fertilisants au sens strict (Yakhin et al., 2017). Ces produits issus de matières naturelles ou de micro-organismes bénéfiques agissent principalement sur les processus biologiques des plantes et du sol, sans se substituer aux nutriments classiques ni aux produits phytosanitaires (Desfontaines et al., 2018).

Parmi ces produits, les biostimulants sous forme liquide sont de plus en plus utilisés en agriculture. Ils comprennent notamment des extraits de plantes, des hydrolysats de protéines, des acides aminés, des composés humiques, ou encore des substances dérivées de microorganismes bénéfiques. Ces formulations agissent en stimulant la germination, le développement racinaire, la croissance végétative ainsi que la résistance au stress abiotique (Rouphael et Colla, 2020).

Dans ce contexte, notre étude vise à évaluer l'effet de l'application du lactosérum, utilisé comme biostimulant d'origine naturelle sous forme liquide, sur la germination et la croissance du pois chiche. Cette évaluation se fait en comparaison avec un biostimulant homologué.

Pour mieux présenter ce travail, ce document est organisé en quatre chapitres complémentaires :

- Le premier chapitre traite de l'importance économique et agronomique de l'espèce végétale étudiée.
- Le deuxième chapitre aborde les généralités relatives aux résidus liquides des matières organiques, en mettant en évidence leur rôle potentiel dans l'agriculture durable.

## ***INTRODUCTION***

---

- Le troisième chapitre décrit le matériel utilisé ainsi que la méthodologie expérimentale mise en œuvre.
- Enfin, le quatrième chapitre présente une synthèse des résultats obtenus, suivie d'une conclusion et de propositions de pistes pour des travaux futurs.

## **CHAPITRE I**

### **POIS CHICHE(*Cicer arietinum*L.)**

### I.1. GENERALITES SUR LES LEGUMINEUSES

La famille botanique des légumineuses à grains est connue sous le nom Fabaceae. Les légumineuses à grains sont cultivées surtout pour leurs graines qui sont récoltées à maturité, et qui sont riches en protéines et en énergie. Les graines mûres sèches de légumineuses sont utilisées soit comme ingrédients des aliments pour animaux soit pour la consommation humaine (Jezierny et al. 2010). Les légumineuses à graines constituent une part importante de l'alimentation du monde, particulièrement dans les pays en voie de développement où elles sont la principale source de protéines pour l'homme. Citons le haricot (*Phaseolus vulgaris*) en Amérique Latine, le pois chiche (*Cicer arietinum*), la lentille (*Lens culinaris*) et la fève (*Vicia faba*) dans le bassin méditerranéen, le soja (*Glycine max*) en Asie, sans oublier l'arachide (*Arachis hypogaea*) et le pois (*Pisum sativum*) dans le monde entier (Duranti, 2006).

### I.2. HISTORIQUE ET ORIGINE

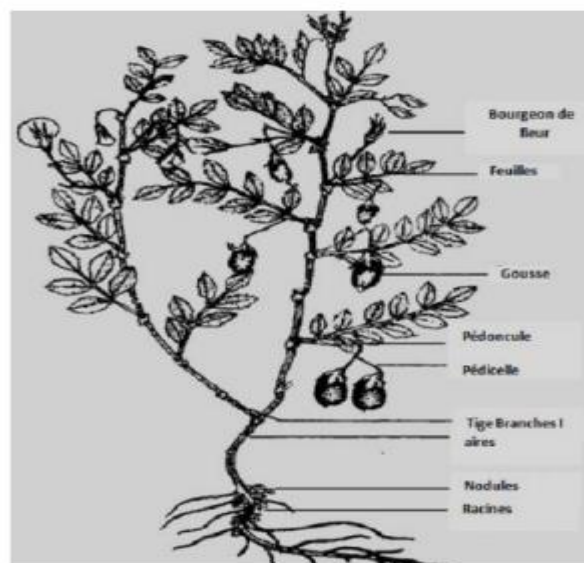
Maesene (1987) montre les premières preuves de la consommation du pois chiche en tant qu'aliment remontent à environ 7 000 ans. Sa culture aurait débuté il y a environ 5 000 ans du sud-est de la Turquie et de la Syrie (Saxena, 1984 ; Singh, 1997 ; Smithson et al., 1985).

Bien que l'on dise souvent que le pois chiche a conquis l'Europe au Moyen Âge, après avoir été redécouvert par les croisés au Proche-Orient, des sources écrites et archéologiques attestent en réalité de sa culture et de sa consommation bien avant, dès le IX<sup>e</sup> siècle (Kechache, 2005). C'est ce que confirment également les informations rapportées dans le livre « L'Agriculture andalouse » de son auteur Ibn al-Awwam al-Ishbili, décédé en 1148, qui explique, dans la quatrième partie de son ouvrage, les différentes variétés de pois chiche ainsi que la culture et la méthode. (أنور أبو سويلم والآخرين، 2012).

### I.3. DESCRIPTION DE PLANTE

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une légumineuse à graines parmi les plus importantes au monde. Il occupe la deuxième place en termes de production mondiale, juste après le haricot sec (FAOSTAT, 2013). Le pois chiche est une plante annuelle herbacée, prenant l'aspect d'un petit buisson à port érigé, parfois légèrement arbustive. (Www.itgc.dz, 2018), Elle mesure généralement entre 20 et 50 cm de hauteur et présente une allure dressée. Cette légumineuse est cultivée principalement pour ses graines rondes, contenues en nombre de 1 à 2 par gousse (Anonyme, 2004).

L'image ci-dessous montre les caractéristiques morphologiques de la plante. ( figure 01)



**Figure (01) :** Description morphologique de la plante du pois chiche (LAKRID , 2020)

#### **I.4. LE CYCLE DE CROISSANCE DU POIS CHICHE**

Le cycle de croissance du pois chiche se divise en deux phases, caractérisées par des étapes distinctes, qui correspondent à des modifications significatives du progrès du développement et de la cadence de croissance. Ces phases sont :

##### **I.4.1. La période végétative**

La période considérée s'étend de la germination jusqu'à l'apparition des premières ramifications. Au niveau de l'apex, des nœuds se forment progressivement, chacun donnant naissance à une feuille (ITGC, 2001).

La levée correspond à l'émergence des jeunes plants à la surface du sol, un processus qui peut être retardé par des températures basses. C'est à ce stade que la première feuille devient visible (Kechache, 2005).

La ramification débute lorsque la tige principale se développe à partir d'un bourgeon basal. Par la suite, les premières nodosités apparaissent, tandis que les entre-nœuds s'allongent progressivement (Kechache, 2005).

##### **I.4.2. La période de reproduction**

Selon Allali et al., (2007), la date de floraison est déterminée en comptant le nombre de jours séparant le semis du moment où 50 % des fleurs sont épanouies. La floraison débute généralement au niveau des nœuds inférieurs.

La fructification correspond à l'initiation des gousses, c'est-à-dire à la transformation des fleurs en fruits (Kechache, 2005).

La maturité est définie comme le stade au cours duquel on observe la chute des feuilles, la nécrose de l'extrémité des gousses, ainsi que le brunissement de la zone de jonction entre le grain et l'épicarpe.

Enfin, la durée de la phase reproductive est estimée à partir du nombre de jours écoulés entre l'apparition des premières fleurs et la récolte finale (Kechache, 2005).

### I.5. Taxonomie de la plante de pois chiche

- ❖ **Règne** : Plantae (Plantes)
- ❖ **Sous-règne** : Tracheobionta (Plantes vasculaires)
- ❖ **Division** : Magnoliophyta (Plantes à fleurs)
- ❖ **Classe** : Magnoliopsida (Dicotylédones)
- ❖ **Ordre** : Fabales
- ❖ **Famille** : Fabaceae (Légumineuses ou Papilionacées)
- ❖ **Genre** : *Cicer*
- ❖ **Espèce** : *Cicer arietinum* L (Kechache, 2005)

### I.6. TYPES DE POIS CHICHE

On recense à l'échelle mondiale plus de 20 000 variétés de pois chiche (Ahmed, 1992), qui sont réparties en deux principaux types de graines « Kabuli » ou macrosperma et « Desi » ou microsperma (Singh, 1987 ; Toker, 2014). Par contre, Wery (1986) indique la présence d'un type intermédiaire « type Gulabi », qui se caractérise par des graines lisses, de couleur claire, rappelant l'apparence du pois, avec une forme en bec prononcé.

La distinction repose principalement sur la taille et la couleur des graines, ainsi que sur les caractéristiques morphologiques des fleurs et des plantes (Wood et al., 2011).

#### I.6.1. Type Kabuli

Selon (Van Der Maesen, 1972), ce type est essentiellement cultivé et consommé dans le bassin méditerranéen, le pois chiche de type Kabuli, également appelé Garbanzo, se distingue par un feuillage dont la teinte varie du vert clair au vert foncé, ainsi qu'une floraison généralement blanchâtre. Il présente un port érigé ou semi-érigé, ce qui facilite sa récolte mécanisée. La hauteur des plants oscille entre 30 et 90 cm, pouvant même dépasser un mètre dans des sols fertiles, profonds et bien pourvus en eau.

Les graines de type Kabuli sont de couleur claire et recouvertes d'un tégument mince. Ce type se subdivise en deux sous-groupes :

- Le gros Kabuli : les graines mesurent entre 8 et 9 mm de diamètre, avec un poids de mille graines compris entre 410 et 490 g.
- Le petit Kabuli : des graines plus régulières, d'environ 7 mm de diamètre, avec un poids de mille graines avoisinant les 265 g.

### I.6.2. Le type Desi

Le second grand type de pois chiche est le Desi, qui représente environ 85 % de la production mondiale. Il occupe une place centrale dans l'alimentation traditionnelle indienne.

Ce type est également largement cultivé et consommé en Éthiopie, en Iran, au Canada, au Mexique, ainsi qu'en Australie (Fabre, 2008). Le pois chiche de type Desi se distingue par un feuillage dont la teinte varie du vert violacé au glauque, accompagné d'une floraison de couleur violacée. Ses graines, plus petites que celles du type Kabuli, présentent une forme irrégulière, une surface ridée, et une couleur sombre allant du marron clair au noir (Benmbarek, 2011).

## I.7. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRODUCTION DU POIS CHICHE

### I.7.1. Dans le monde

Le pois chiche est cultivé sur les cinq continents et dans plus de cinquante pays à travers le monde. Au cours des vingt dernières années, il s'est classé au troisième rang des légumineuses à grains les plus cultivées au niveau mondial, après le haricot sec et le petit pois (FAO, 2015). Le pois chiche est destiné presque exclusivement à l'alimentation humaine, en raison de sa richesse nutritionnelle et de sa place importante dans de nombreux régimes alimentaires à travers le monde (Charly, 2008). La production mondiale de pois chiche en 2023 (tableau 01) est estimée à plus de 16,5 millions de tonnes, cultivées sur une superficie totale dépasse 14 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 1171,7 kg/ha. L'Inde domine largement ce marché, représentant environ 75 % de la production mondiale, soit environ 11,3 millions de tonnes (FAOSTAT, 2025).

**Tableau(01) :** Les principaux pays producteurs de pois chiche en 2023  
(FAOSTAT, 2025)

| Rang | Pays    | Production<br>(t) | Superficie<br>(ha) | Rendement<br>(kg/ha) |
|------|---------|-------------------|--------------------|----------------------|
| 1    | Inde    | 11 282 000        | 10 740 100         | 1 050                |
| 2    | Myanmar | 541 100           | 340 212            | 1 590                |

|    |            |         |         |       |
|----|------------|---------|---------|-------|
| 3  | Éthiopie   | 483 250 | 227 040 | 2 130 |
| 4  | États-Unis | 434 480 | 138 360 | 3 140 |
| 5  | Pakistan   | 375 320 | 861 688 | 435   |
| 6  | Canada     | 302 790 | 94 700  | 3 195 |
| 7  | Mexique    | 257 040 | 111 672 | 2 300 |
| 8  | Australie  | 218 730 | 615 750 | 355   |
| 9  | Iran       | 192 720 | 429 670 | 450   |
| 10 | Argentine  | 175 230 | 81 435  | 2 150 |

### I.7.2. En Algérie

En Algérie, le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) occupe la deuxième place parmi les légumineuses alimentaires produites, juste après les fèves (Anonyme, 1994). Au cours de la décennie 1980-1990, sa culture a connu une évolution progressive en termes de superficies cultivées et de consommation. Entre 1980 et 2000, la culture du pois chiche a connu une baisse significative de la production et des superficies récoltées. Toutefois, à partir de 2010, une nette amélioration a été observée, traduite par une augmentation progressive de la production qui a atteint près de 40 000 tonnes en 2020. Parallèlement, le rendement a connu une évolution remarquable, passant de 376,2 kg/ha en 1980 à 1 085,6 kg/ha en 2020. Cette progression témoigne d'une amélioration des pratiques agricoles et d'un regain d'intérêt pour cette culture dans un contexte de promotion de l'agriculture durable.

(FAOSTAT, 2025).

**Tableau (02):** Evolution des superficies, des productions et de rendement du pois chiche en Algérie (FAOSTAT, 2025).

| Année                           | 1980   | 1990   | 2000   | 2010   | 2020    |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Élément                         |        |        |        |        |         |
| <b>Production (tonnes)</b>      | 15 839 | 14 772 | 6 661  | 23 474 | 39 888  |
| <b>Superficie récoltée (ha)</b> | 42 100 | 33 560 | 19 480 | 25 525 | 36 743  |
| <b>Rendement (kg/ha)</b>        | 376.2  | 440.2  | 341.9  | 919.6  | 1 085.6 |

**I.8. LES ZONES DE CULTURE DU POIS CHICHE EN ALGERIE**

La région nord de l'Algérie concentre la majeure partie des superficies cultivées en légumineuses alimentaires, avec plus de 52,83 % situées dans le nord-ouest du pays (ZineZikara et al., 2015). Le pois chiche est principalement cultivé dans les zones où l'on cultive également le blé dur, c'est-à-dire sur des terres fertiles bénéficiant d'une pluviométrie annuelle supérieure à 400 mm. Ces sols, profonds et dotés d'une bonne capacité de rétention en eau, offrent des conditions idéales pour cette légumineuse. (Anonyme, 1988)

De plus, selon (Anonyme, 1988) la culture de printemps du pois chiche est surtout localisée dans trois grandes régions :

- Nord-ouest : Tlemcen, Aïn Témouchent, Sidi Bel Abbès,
- Nord-est : Skikda, Guelma, Mila,
- Centre : Chlef, Tipaza, Tizi Ouzou, Bouira.

En notant que, parmi ces régions, Aïn Témouchent et Tissemsilt se distinguent comme les zones les plus productives du pays (FAO, 2016) .

En adjoignant que, Anonyme (1988) indique que la culture du pois chiche en Algérie se répartit sur trois zones principales (tableau 03), alors que BENZOHERA (2009) ajoute une quatrième zone. Ces zones sont classées en fonction de l'altitude et de la pluviométrie annuelle :

**Tableau (03) : Principales zones de culture de pois chiche en Algérie**  
(Anonyme, 1988)

| Zones                                       | Pluviométrie<br>moyenne<br>(mm/an) | Localisation                                                                  |
|---------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Plaines littorales et sub-littorales</b> | P > 600                            | Alger, Guelma, Annaba et Skikda.                                              |
| <b>Plaines d'altitude de 700 à 900 m</b>    | 500 < P < 600                      | Saida, Tiaret, Médéa, Guelma, Bordj Bou Arreridj, Sétif et le nord des Aurès. |
| <b>Hautes plaines telliennes</b>            | 400 < P < 500                      | Tlemcen, Aïn Témouchent, Chlef, Relizane, Mila, Sidi Bel Abbès,               |

|  |  |                       |
|--|--|-----------------------|
|  |  | Bouira et Tizi-Ouzou. |
|--|--|-----------------------|

➤ **Les plaines littorales et sublittorales :**

Ce sont des zones de basse altitude, bénéficiant d'un climat relativement humide, avec une pluviométrie supérieure à 600 mm par an. Ces conditions sont très favorables à la culture du pois chiche.

➤ **Les plaines d'altitude (entre 700 et 900 m) :**

Situées à l'intérieur du pays, ces zones de moyenne altitude reçoivent également plus de 600 mm de pluie par an. Elles présentent un bon potentiel agronomique grâce à l'humidité disponible et à la qualité des sols

➤ **Les hautes plaines telliennes :**

Ce sont des zones de plus haute altitude, caractérisées par une pluviométrie variante entre 400 et 500 mm par an. Le climat y est froid en hiver et chaud en été, ce qui peut entraîner un stress hydrique, notamment en fin de cycle de culture.

➤ **Les plaines basses telliennes :** Moins élevées que les hautes plaines, ces zones enregistrent une pluviométrie similaire (entre 400 et 500 mm/an). Le climat y est plus chaud, ce qui accentue les risques de déficit hydrique durant la saison de croissance.

### I.9. LES PRINCIPAUX VARIÉTÉS DE POIS CHICHE CULTIVÉES EN ALGERIE

L'utilisation de semences réglementées constitue le facteur de production le plus aisément transférable dans les zones de production. Pour les variétés de pois chiche, le choix doit être guidé par leur adaptation aux conditions agroécologiques locales, la qualité culinaire souhaitée, ainsi que leur potentiel de rendement (ITGC, 2018)

Le tableau 04 montre les principales variétés de pois chiche cultivées en Algérie et les caractéristiques de chaque variété.

**Tableau (04):** Caractéristiques des principales variétés de pois chiche cultivées en Algérie (ITGC, 2018)

| Variétés                               | Type   | Caractéristiques                                                                                                                           |
|----------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Variétés locales</b>                |        |                                                                                                                                            |
| <b>Ain Témouchent, Sebdou, Rabat 9</b> | Kabuli | Port étalé, semi-précoce, sensible à l'anthracnose et au flétrissement, faible productivité, à semer au printemps. Bonne valeur culinaire. |
| <b>Variétés en</b>                     |        |                                                                                                                                            |

| <b>multiplication</b>                            |        |                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chetoui 1 (ILC 3279)</b>                      | Gulabi | Port très érigé, hauteur élevée, tardive, tolérante à l'anthracnose, sensible au flétrissement, bonne productivité, à semer en hiver. Valeur culinaire assez bonne. |
| <b>Beni Chograne (Flip 84-92c)</b>               | Kabuli | Port semi-érigé, semi-tardive, tolérante à l'anthracnose, à semer en hiver.                                                                                         |
| <b>Seraidi (Flip 90-13 C)</b>                    | Kabuli | Port semi-érigé, semi-tardive, tolérante à l'anthracnose, à semer en hiver.                                                                                         |
| <b>Oued Rhumel (Ghab 04), Ain Zada (Ghab 05)</b> | Kabuli | —                                                                                                                                                                   |
| <b>Variétés nouvellement introduites</b>         | —      | Souagui, Makerra, Béni Aziz, Béni Hamiden, El Ogbane, Tafna, Tikjda                                                                                                 |

## I.10. IMPORTANCE DE POIS CHICHE

### I.10.1. Importance agronomique

Dans les régions semi-arides du bassin méditerranéen, où les ressources en eau ne cessent de diminuer, les agriculteurs prennent de plus en plus conscience de l'importance des légumineuses à graines dans l'enrichissement organique des sols, en particulier dans le cadre d'une agriculture durable. (Pacucci, 2006)

Le pois chiche est en réalité cultivé dans une grande diversité de zones bioclimatiques, allant des régions subtropicales, comme l'Inde et le nord-est de l'Australie, jusqu'aux zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen et du sud de l'Australie. (Malhotra R. S., 1987)

Grâce à la symbiose avec les bactéries fixatrices, le pois chiche est capable de fixer plus de 140 kg d'azote atmosphérique par hectare, couvrant ainsi plus de 80 % de ses besoins en azote. Les quantités importantes d'azote laissées dans le sol, notamment à travers les résidus de culture, contribuent au maintien durable de la fertilité des sols, ce qui fait du pois chiche une composante clé des systèmes d'agriculture durable (Benmbark, 2011).

Le pois chiche est reconnu pour ses propriétés allélopathiques. L'allélopathie désigne l'ensemble des effets induits par la libération de substances organiques, issues de parties végétales vivantes ou mortes, qui peuvent inhiber ou stimuler la croissance des plantes voisines ou de celles cultivées ultérieurement sur le même sol (Cassanel, 1975).

Les plantes de pois chiche produisent, durant leur floraison, des substances acides riches en acide oxalique, une molécule utilisée dans certaines industries alimentaires. Après la récolte des grains, les résidus de la plante, notamment la paille, servent à l'alimentation animale. Cette paille se distingue comme l'un des foin les plus riches en protéines.

### **I.10.2. Importance économique**

En Algérie, la culture du pois chiche s'étend sur une superficie moyenne de 27 000 hectares, avec une production nationale variant entre 17 800 et 35 000 tonnes par an. Toutefois, pour répondre à une demande croissante, le pays est contraint d'importer chaque année d'importantes quantités de pois chiche. (ITGC ,2018)

L'extension des superficies cultivées et l'amélioration des rendements pourraient contribuer à réduire ces importations. De plus, l'intégration du pois chiche dans les rotations culturales permettrait aux agriculteurs d'augmenter leurs revenus, notamment en réduisant les surfaces en jachère. Ce bénéfice est particulièrement pertinent dans les zones à potentiel agricole, où la pluviométrie annuelle se situe entre 450 et 600 mm.

Par ailleurs, cette pratique permettrait également de réaliser des économies sur les engrais azotés nécessaires à la culture des céréales, grâce aux propriétés fertilisantes du pois chiche en tant que légumineuse (ITGC ,2018)

**Chapitre II**

**LES RESIDUS LIQUIDES DES MATIERES  
ORGANIQUES**

## II.1. GÉNÉRALITÉ SUR LES RESIDUS LIQUIDES DES MATIERES ORGANIQUES

L'agriculture moderne s'efforce de maximiser la productivité tout en préservant l'environnement. Parmi les stratégies adoptées, l'utilisation des résidus liquides de matière organique (RLMO) joue un rôle fondamental dans l'amélioration de la fertilité des sols et la réduction de la dépendance aux engrais chimiques (Smith et al., 2020). Ces résidus, provenant principalement des effluents d'élevage, des digestats de biogaz et des lixiviats de compost, sont riches en nutriments essentiels pour les plantes.

Les résidus liquides issus de produits naturels sont largement utilisés dans l'agriculture biologique en raison de leur capacité à améliorer la fertilité du sol et à stimuler la croissance des plantes. Ces substances sont riches en composés bioactifs, notamment des acides aminés, des extraits d'algues et des micro-organismes bénéfiques (Carpentier et Morel, 2018).

## II.2. LES COMPOSANTS DES RESIDUS LIQUIDES

Ce sont l'ensemble des substances dissoutes ou en suspension dans les eaux usées ou liquide rejetés, ils peuvent être de nature organique minérale, biologique ou chimique, et varient selon l'origine des résidus : domestique, industriel, agricole (Dunod, 2009).

Ces résidus peuvent contenir les composants suivants :

### II.2.1. Acides aminés

Les acides aminés jouent un rôle crucial dans le métabolisme des plantes, en facilitant la synthèse des protéines et en stimulant le développement cellulaire. Ils améliorent également la tolérance des cultures face aux stress abiotiques (Dupont et al., 2023).

### II.2.2. Extraits d'algues marines

Les extraits d'algues sont riches en phytohormones naturelles, vitamines et minéraux, ce qui favorise la croissance des plantes et leur résistance aux maladies (Lemoine et al., 2021). Des produits comme Biotuin exploitent ces extraits pour maximiser le rendement agricole.

### II.2.3. Micro-organismes bénéfiques

L'intégration de bactéries et champignons bénéfiques dans les résidus liquides contribue à la disponibilité des nutriments et à la protection des cultures contre les pathogènes (Nguyen et

Dubois, 2020). II.2.4. Composés azotés Ils incluent des nitrates, des nitrites et de l'ammoniac, qui contribuent à l'eutrophisation (WHO, 2006).

### **II.2.5. Substances chimiques toxiques**

Parmi ces substances figurent des pesticides, des solvants et des détergents, qui sont des polluants d'origine industrielle ou agricole (Metcalf et Eddy, 2014).

## **II.3. SOURCES ET TYPES DES RESIDUS LIQUIDES**

Selon Afilal et al., (2019), les résidus liquides peuvent provenir de différentes sources, parmi lesquelles on distingue principalement :

- **Industries agroalimentaires** : brasseries, conserveries, usines de transformation de la viande et des produits laitiers.
- **Exploitations agricoles** : production de lisier, purin, et eaux de lavage.
- **Usines de méthanisation** : production de digestats liquides à partir de déchets organiques.

En outre, nous pouvons classer les différents résidus liquides dans les catégories suivantes :

### **II.3.1. Eaux usées domestiques**

Ils contiennent des matières organiques comme les graisses, protéines et glucides issus des restes alimentaires et des excréments (Metcalf et Eddy, 2014).

### **II.3.2. Effluents agroalimentaires**

Ce sont des liquides provenant des industries alimentaires (laiteries, abattoirs, brasseries), riches en sucres, protéines, graisses et matières végétales (ADEME, 2020).

### **II.3.3. Lisiers et purins**

Ce sont des déjections animales liquides produites par les élevages « porcs, bovins, volailles » (FAO, 2013)

### **II.3.4. Digestats liquides**

Ce sont des résidus liquides issus de la méthanisation, contenant des matières organiques partiellement dégradée (INRAE, 2018).

### II.3.5. Eaux de lavage agricoles

Ce sont des eaux usées issues du nettoyage des équipements agricoles ou des bâtiments d'élevage (FAO, 2013).

### II.3.6. Boues liquides des stations d'épuration

Ce sont des boues concentrées en matière organique, issues du traitement des eaux usées (WHO, 20219).

## II.4. EXEMPLES DES PRODUITS HOMOLOGUES ISSUS DES RESIDUS LIQUIDES

### II.4.1. Micro-organismes Efficaces (EM)

Les micro-organismes efficaces (EM) sont un mélange de bactéries, de champignons et de levures bénéfiques, utilisés pour améliorer la santé des sols, des plantes, des animaux et même des humains. Ils sont particulièrement employés dans l'agriculture durable (Mayer et al, 2010).

Ils favorisent la santé des sols, des plantes et des écosystèmes grâce à plusieurs mécanismes : fermentation des matières organiques, production d'antioxydants, et dépollution des sols contaminés (Angelidello, 2016). Parmi leurs principaux avantages :

- ✓ Amélioration de la structure et de la fertilité du sol (Mayer et al, 2010),
- ✓ Biodégradation des polluants (Angelidello, 2016 ; Vegenov, 2015).
- ✓ Stimulation de la croissance des plantes (Lakhdar, A et al .2023),
- ✓ Renforcement de la résistance aux maladies (Mayer et al, 2010),
- ✓ Réduction des besoins en intrants chimiques (Lakhdar, A et al .2023).

Ces micro-organismes jouent ainsi un rôle clé dans la transition vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

### II.4.2. Biofertilisants

Les biofertilisants sont des préparations contenant des micro-organismes vivants dont le rôle principal est de favoriser la croissance des plantes en améliorant la disponibilité ou la mobilisation des nutriments présents dans le sol (Wikipedia, 2024). Leur action repose sur plusieurs mécanismes biologiques. Certains micro-organismes, comme *Rhizobium*, *Azospirillum* et *Azotobacter*, sont capables de fixer l'azote atmosphérique et de le transformer

en formes assimilables par les plantes, permettant ainsi de réduire le recours aux engrais azotés de synthèse (Biofertilisants.fr). D'autres, tels que *Bacillus* et *Pseudomonas*, facilitent la solubilisation du phosphore déjà présent dans le sol, le rendant plus accessible aux racines (Wikipedia, 2024). En outre, certains biofertilisants sont capables de produire des hormones végétales naturelles, notamment des auxines et des cytokinines, qui stimulent la croissance racinaire et renforcent la vigueur des plantes (Wikipedia, 2024).

Les principaux avantages des biofertilisants incluent :

- ✓ L'amélioration de la nutrition des plantes, grâce à une meilleure disponibilité des nutriments (Agromatin, 2024 ; Wikipedia, 2024) ;
- ✓ La réduction de l'usage des engrais chimiques, ce qui limite les impacts environnementaux (Bhardwaj et al, 2014) ;
- ✓ La compatibilité avec les systèmes d'agriculture biologique, favorisant des pratiques agricoles durables (ACFAS, 2024) ;
- ✓ L'amélioration du rendement et de la rentabilité des cultures, notamment dans le contexte de l'agriculture écologique (FiBL, 2014).

### **II.4.3. Biostimulants**

Les biostimulants sont des substances ou micro-organismes qui activent les processus naturels des plantes, sans être des engrais ni des produits phytosanitaires. Ils stimulent la croissance végétale, améliorent la résistance au stress abiotique (comme la sécheresse ou la salinité), et optimisent l'absorption des nutriments en activant le système racinaire et la vie microbienne du sol ( Sibil,c et al . 2021).

Parmi les principaux avantages des biofertilisants, on peut citer :

- ✓ Stimulation de la croissance végétative (Futureco Bioscience, 2024).
- ✓ Amélioration la tolérance au stress (Unitec, 2024 ; Symborg, 2024).
- ✓ Amélioration de la santé du sol (Futureco Bioscience, 2024)
- ✓ Qualité et uniformité des cultures ( Sibil,c et al . 2021 ).

### **II.4.4. Comparatif des Produits Biologiques en Agriculture**

Voici une proposition claire et structurée du Tableau 05 comparant les principaux types de produits biologiques utilisés en agriculture, en indiquant leur fonction, leurs microorganismes ou substances actifs, ainsi que leurs effets sur les plantes :

**Tableau (05) :** Comparaison des principaux produits biologiques utilisés en agriculture

(Veragrow, 2024)

| Type de produit                        | Définition                                                                                               | Principe de fonctionnement                                                                                          | Effets sur les plantes                                                                                 |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Micro-organismes Efficaces (EM)</b> | Mélange synergique de bactéries, levures et champignons qui améliorent la santé des sols et des plantes  | - Fermentation de la matière organique-<br>Production d'antioxydants-<br>Dépollution des sols                       | - Réduction des maladies-<br>Stimulation de la croissance                                              |
| <b>Biofertilisants</b>                 | Micro-organismes vivants améliorant la nutrition des plantes via des processus biologiques               | - Fixation de l'azote atmosphérique-<br>Solubilisation du phosphore- Mobilisation des nutriments                    | - Apport naturel de nutriments- Meilleur enracinement                                                  |
| <b>Biostimulants</b>                   | Substances ou micro-organismes stimulant la croissance des plantes, sans effet direct sur les pathogènes | - Stimulation hormonale-<br>Renforcement de la résistance au stress-<br>Amélioration de l'absorption des nutriments | - Résilience aux stress abiotiques-<br>Meilleure efficacité des intrants-<br>Amélioration du rendement |

## II.5. PROPRIÉTÉS DES RÉSIDUS LIQUIDES

Les résidus liquides, issus principalement des activités industrielles, agricoles ou domestiques, présentent une grande diversité de propriétés physico-chimiques et biologiques. Leur composition varie selon leur origine, pouvant contenir des matières organiques, des éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium), des métaux lourds, ainsi que divers micro-organismes. L'étude de ces propriétés est essentielle pour évaluer leur impact potentiel sur l'environnement et pour déterminer les possibilités de valorisation, notamment dans les domaines de l'agriculture (comme amendements ou fertilisants) ou de la production d'énergie (biogaz). Une bonne caractérisation des résidus liquides permet ainsi de mieux gérer leur traitement, leur réutilisation ou leur élimination.

Ces propriétés peuvent être classées en trois grandes catégories fonctionnelles :

- ✓ Amélioration de l'absorption des nutriments (Bernard et al., 2019).
- Augmentation de la résistance aux stress abiotiques (Carpentier et Morel, 2018).
- ✓ Stimulation de la croissance et du développement (Dubois et al., 2017).

### **II.5.1. Amélioration de la Fertilité des Sols**

Les RLMO contiennent des macro et micronutriments, tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), qui sont indispensables à la croissance des cultures (Jones et Brown, 2018). En pénétrant dans le sol, ces éléments augmentent la capacité d'absorption des plantes et favorisent un développement racinaire optimal. De plus, les matières organiques contenues dans ces résidus contribuent à améliorer la structure du sol en augmentant sa porosité et sa capacité de rétention d'eau (Garcia et al., 2019).

### **II.5.2. Réduction de l'Utilisation des Engrais Chimiques**

L'une des principales contributions des RLMO est la diminution de la dépendance aux engrais de synthèse. En fournissant une source naturelle de nutriments, ils permettent aux agriculteurs de réduire les coûts de production tout en minimisant l'impact environnemental lié à la production et à l'utilisation d'engrais chimiques (Muller et al., 2021). Des études ont montré que l'application de résidus liquides peut substituer jusqu'à 50 % des engrais azotés conventionnels sans affecter le rendement des cultures (Rodriguez et Evans, 2022).

### **II.5.3. Stimulation de l'Activité Biologique du Sol**

Les RLMO sont une source précieuse de matière organique biodégradable, qui favorise l'activité microbienne dans le sol (Williams et al., 2017). Cette augmentation de la biodiversité microbienne améliore la décomposition des matières organiques et optimise la libération progressive des nutriments. Par conséquent, les plantes ont accès à une source nutritive constante et durable, ce qui renforce leur résistance aux stress environnementaux (Kumar et al., 2020).

Les résidus liquides de matière organique représentent une solution durable pour l'agriculture moderne en contribuant à l'amélioration de la fertilité des sols, la réduction de l'utilisation d'engrais chimiques et la stimulation de l'activité biologique du sol. Toutefois, une gestion adaptée et un suivi rigoureux sont nécessaires pour optimiser leur utilisation et prévenir les risques de pollution (Davis et al., 2023).

## II.6. LES RISQUES DE CERTAINS RESIDUS LIQUIDES

### II.6.1. Les eaux résiduaires urbaines

Selon INRAE (2020), les eaux résiduaires urbaines proviennent principalement des activités domestiques (eaux ménagères, sanitaires), mais peuvent également contenir des rejets industriels et des eaux de ruissellement. Elles se caractérisent par une composition complexe incluant des substances organiques et inorganiques, des nutriments tels que l'azote et le phosphore, des matières en suspension, ainsi que des micro-organismes pathogènes. La connaissance de leurs propriétés physico-chimiques et biologiques est essentielle pour évaluer les risques environnementaux et sanitaires associés à leur rejet, tout en permettant de définir des stratégies de traitement et de valorisation appropriées. Après un traitement adéquat, ces eaux peuvent être réutilisées à des fins agricoles, industrielles ou urbaines, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources hydriques (INRAE, 2020). L'effet de ces eaux sur la croissance des plantes dépend fortement de leur concentration :

- **Effet stimulant à faible concentration** : À faibles doses, les eaux usées urbaines peuvent favoriser la germination et la croissance des plantes, notamment des céréales, en augmentant le taux de germination ainsi que la longueur des tiges et des racines (Boudiaf, 2022).
- **Effet inhibiteur à forte concentration**: En revanche, à des concentrations élevées, la présence de polluants peut entraîner une inhibition de la croissance végétale (Boudiaf, 2022).

### II.6.2. Les eaux résiduaires industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont issues des processus de fabrication, de transformation et de nettoyage dans divers secteurs industriels. Leur composition varie en fonction du type.

D'industrie (chimique, agroalimentaire, textile, pharmaceutique, etc.) et peut inclure une vaste gamme de polluants : matières organiques complexes, métaux lourds, substances toxiques, huiles, graisses, nutriments, ainsi que des composés peu ou non biodégradables.

Ces effluents se distinguent généralement par une charge polluante élevée, rendant indispensable l'application de traitements spécifiques avant tout rejet dans l'environnement ou toute forme de réutilisation. L'analyse approfondie de leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques est essentielle pour orienter le choix des procédés de traitement,

limiter les impacts environnementaux et, dans une perspective d'économie circulaire, valoriser certains composants (INRAE, 2020).

Concernant leur impact sur la germination des plantes, plusieurs études ont mis en évidence un effet fortement inhibiteur à haute concentration. En particulier, les eaux industrielles à forte conductivité électrique et à teneur élevée en sels peuvent empêcher totalement la germination des graines, notamment chez les céréales. Ce phénomène est généralement attribué au stress salin, qui perturbe l'absorption de l'eau par les graines et entrave les processus enzymatiques nécessaires à la germination (Boudiaf, 2022).

# **Chapitre III**

## **Matériel et Méthodes**

### III.1. OBJECTIF

L'objectif principal est d'étudier les effets d'un produit biostimulant et biofertilisant issu d'un résidu liquide de matière organique sur la germination et la croissance du pois chiche (*Cicer arietinum* L.), afin d'évaluer sa contribution à l'amélioration de la productivité et la qualité de culture.

### III.2. MATRIELS BIOLOGIQUES UTILISES

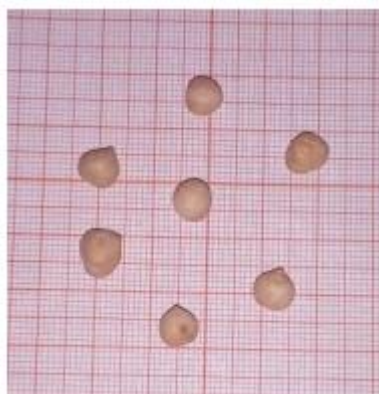
Le matériel biologique utilisé dans notre expérimentation est constitué de graines de pois chiche "*Cicer arietinum* L." ( figure 02),

et d'un produit naturel, qu'il s'agit de lactosérum de lait ( figure 03), composé de :

- ❖ de protéines solubles ( lactalbumines, lactoglobulines)
- ❖ lactose vitamines
- ❖ hydrosolubles
- ❖ , minéraux ( smither,G .2008)

;et un produit homologué ( bio super) ( figure 03), dont il contient

- ❖ l'azote,
- ❖ le potassium,
- ❖ le phosphore
- ❖ ,le calcium ,le marignanaise
- ❖ ,zinc, fer , matières organiques .



**Figure (02):** Les grains de pois chiche (source originale )



**Figure (03):** les produits naturel et homologué (a : produit naturel, b : produit homologué)  
(source originale )

### III.3. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Notre expérimentation a été réalisée dans des conditions de température ambiante, au laboratoire de département d'agronomie à l'Université Ammar Têlidji à Laghouat. Cette étude a été duré 20 jours, depuis 09/04/2025 jusqu'au 29/04/2025.

### III.4. LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

cette expérimentation a été menu par un dispositif de type randomisation total, à un seul facteur avec trois niveaux, il s'agit de témoin « T », de produit naturel (lactosérum) « PN » et de produit homologué « PH », avec 5 répétitions, ce qui fait en totale 15 unités expérimentales.



**Figure (04):** Le dispositif expérimental (source originale )

### III.5. LA CONDUITE DE CULTURE :

### LES METHODES APPLIQUEES

Pour mieux conduire l'expérimentation, nous avons tout d'abord remplies les pots en sol, et arroser une seuls fois avec de l'eau, et ajouter ensuite le produit naturel et le produit homologue en raison de 10 ml pour chaque pot.



**Figure (05):** Application de produit naturel et homologue. (source originale )

Nous notons que le produit naturel a été utilisé à l'état brut, tandis que le produit homologue a été utilisé avec une concentration de 1g par 100 ml d'eau distillée. D'autre part, pour mieux évaluer notre produit sur la phase de germination, nous avons effectué le semis de 100 graines par pot avec trois répétitions pour chaque traitement, comme il est présenté dans la figure 06. Ces pots sont arrosés avec 300 ml de ce qu'il correspond (eau, PN ou PH).



**Figure (06):** test de germination. (source originale )

En outre, pour étudier l'effet de ces produits sur la croissance des plantules de pois chiche, un semis direct des graines a été réalisé dans chaque pot, suivi d'un arrosage à l'eau, avec l'ajout approprié de 10 ml des solutions PN ou PH durant les 20 jours de cultures (figure 07).



**Figure (07):** les plantules de pois chiche. (source originale )

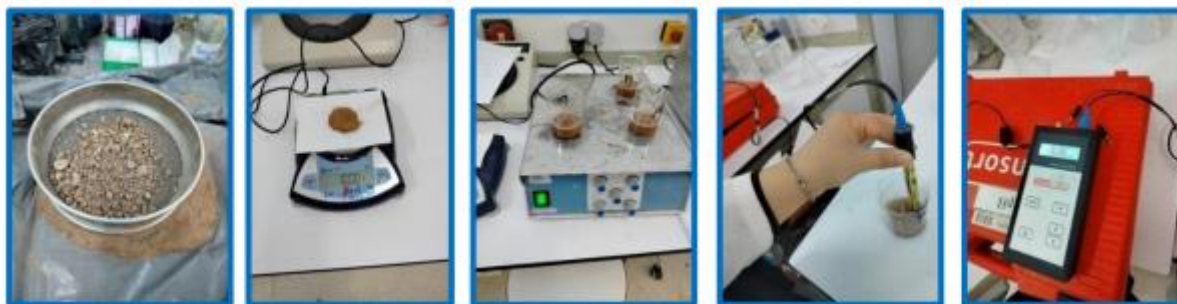
### III.6. LES PARAMETRES MESURES

#### III.6.1. Les paramètres du sol

Dans le but d'évaluer les effets de ce produit sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol, et par conséquent sur l'espèce cultivée, nous avons réalisé une série de mesures en laboratoire, avant et après la culture. L'analyse a porté sur la mesure du pH, de la conductivité électrique (CE) ainsi que du taux de calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ), afin d'établir un diagnostic précis de l'état du sol.

##### III.6.1.1. Mesure du PH

Un échantillon de 10g de sol mélangé avec 250ml d'eau distillée, le mélange a été agité pendant 30 minutes, puis laissé au repos pendant 45 minutes afin de permettre la décantation, la mesure a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre.



**Figure (08):** Mesure de pH du sol . (source originale )

### III.6.1.2. Mesure la conductivité électrique (CE)

Pour mesurer la conductivité électrique (CE) du sol, une masse de 10 grammes d'un échantillon de sol sec a été pesée, puis ajoutée à 100 ml d'eau distillée. L'échantillon a ensuite été placé dans un mélangeur hermétique pendant 30 minutes, afin d'assurer une homogénéisation complète de la solution. Après l'agitation, la suspension a été filtrée à l'aide de papier filtre. Enfin, la conductivité électrique de filtrat obtenue a été mesurée à l'aide d'un conductimètre.

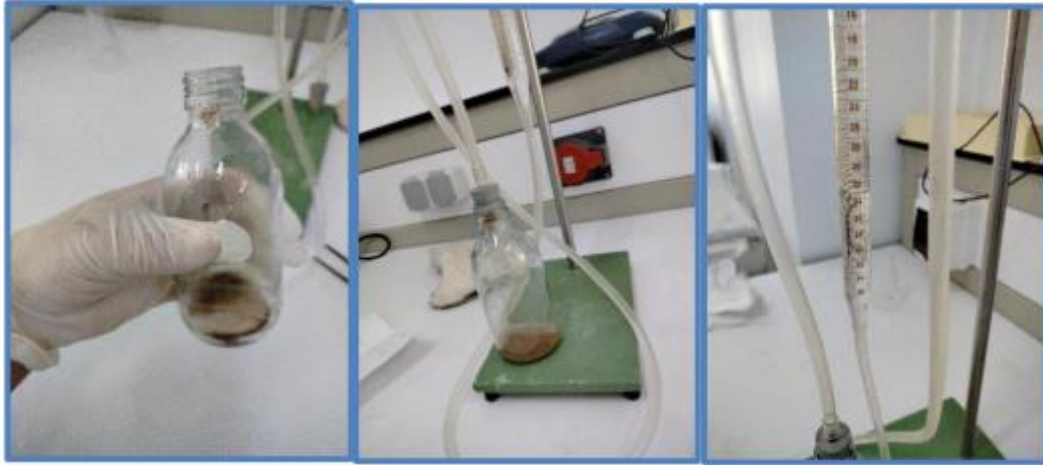


**Figure (09):** Mesure de la conductivité électrique (CE). (source originale )

### III.6.1.3. Dosage de calcaire total du sol

Le dosage du calcaire total dans les échantillons de sol a été effectué par la méthode de titrage acide, qui repose sur la réaction entre le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) et un acide fort, en l'occurrence l'acide chlorhydrique (HCl). Cette réaction libère du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). Dans notre protocole, 1 gramme de sol a été traité avec une solution d'HCl en présence de NaCl comme solvant d'extraction. Un étalonnage a été préalablement réalisé à partir de 0,1 g de  $\text{CaCO}_3$  pur, nécessitant un volume trois quarts de la solution d'HCl pour une réaction complète. Les volumes de solution consommés lors du titrage ont été enregistrés. La teneur en  $\text{CaCO}_3$  dans l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en CaCO}_3(\%) = \frac{\text{masse de CaCO}_3(\text{g})}{\text{masse de l'échantillon (g)}} \cdot 100$$



**Figure (10):** dosage de calcaire total dans le sol. (source originale )

### III.6.2. Les paramètres morphologiques des plantes

#### III.6.2.1. Hauteur des plantes (cm)

La hauteur des plantes est mesurée à l'aide d'une règle graduée en centimètre (cm), depuis le collet jusqu'à l'apex (figure 11).



**Figure (11):** mesure de la hauteur des plantes pois chiche. (source originale )

#### III.6.2.2. Diamètre de tige (mm)

Le diamètre de tige des plantes est mesurée à l'aide pied à coulisse (figure 12).



**Figure (12):** La diamètre de plante pois chiche (source originale )

#### III.6.2.3. Nombre des feuilles

Le nombre de feuilles est compté pour chaque plantule, dans les différents traitements, 20 jours après l'application des produits.

#### III.6.2.4. Poids frais total (tiges + feuilles)

Le poids frais ( tiges et feuilles )total a été pesé (en grammes) immédiatement après la collecte de la partie aérienne de la plantule. Par la suite, les feuilles et les tiges ont été séparées, puis pesées individuellement afin de déterminer leur poids frais respectif.



**Figure (13):**Mesure de poids frais. (source originale )

#### III.6.2.5. Poids sec des tiges et des feuilles

Après la récolte, les échantillons (feuilles et tiges) sont d'abord pesés pour déterminer leur poids frais. Ensuite, ils sont placés dans une étuve à une température constante de 45 °C pendant une durée de trois (3) jours afin d'éliminer toute l'humidité contenue dans les tissus végétaux. À la fin de cette période de séchage, les échantillons sont pesés de nouveau pour obtenir le poids sec

### **III.7. LES ANALYSES STATISTIQUES**

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse statistique grâce au logiciel « STATBOX 7.2 », dont on a calculé la variance à seul facteur par le test de Fisher Snedecor au seuil de risque de 5 %, ainsi que la comparaison multiple des moyennes par le test de Newman et Keuls, pour identifier les groupements homogènes.

# **CHAPITRE IV**

## **RESULTATS ET DESSCUTIONS**

### IV.1. RESULTATS

Le suivi de la culture pendant 20 jours, dans nos conditions expérimentales, nous a permis d'effectuer une évaluation préliminaire indiquée par les résultats de notre étude sur la germination et la croissance du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) . révèlent des effets variés sur la plante, que nous présentons ci-dessous.

#### IV.1.1. Le pourcentage de germination

L'analyse de variance indique que le pourcentage de germination présente une différence très hautement significative ( $p=0,0001$ ) entre les trois traitements (annexe 01).

Les résultats présentés dans le tableau 06 indiquent une supériorité du taux de germination chez le témoin « T » (43,33 %), classé dans le groupe homogène « A ». En revanche, les traitements PH et PN montrent un taux de germination très faible (1,15 %) et sont regroupés dans le même groupe homogène « B ».

**Tableau (06):** pourcentage de germination de pois chiche chez les différents traitements.

| T                     | PN                  | PH                  |
|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 43,33%<br>±6,028<br>A | 1,15%<br>±0,66<br>B | 1,15%<br>±0,66<br>B |

#### IV.1.2. La hauteur des plants

Les résultats de l'analyse de la variance de la hauteur des plants (annexe 02), présentent une différence non significative ( $p=0,15$ )

Les résultats montrent (tableau 07) une hauteur de 26,5 cm chez le traitement PH, suivi du témoin en 16,53 cm et enfin le traitement PN avec 14,70 cm.

**Tableau (07):** la hauteur des plantules de pois chiche (cm).

| T              | PN             | PH             |
|----------------|----------------|----------------|
| 16,53<br>±7,82 | 14,70<br>±8,65 | 26,50<br>±1,80 |

### IV.1.3. Le diamètre de tige

D'après l'analyse de la variance(annexe 03), le diamètre des plants ne montre pas de différence significative ( $p=0,47$ ).

De plus, les résultats obtenus (tableau 08) indiquent un diamètre de 1,83 mm pour le traitement PN, suivi du témoin avec 1,75 mm, et enfin du traitement PH qui présente le plus faible diamètre avec 1,58 mm.

**Tableau(08):**le diamètre des plantules de pois chiche (mm).

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>1,75</b>                  | 1,83       | 1,58       |
| <b><math>\pm 0,30</math></b> | $\pm 0,25$ | $\pm 0,11$ |

### IV.1.4. Poids frais des plants

Les résultats de l'analyse de la variance du poids frais des plants, présentés dans le tableau de l'annexe 04, ne montrent pas de différence significative ( $p = 0,14$ ).

Cependant, les valeurs moyennes (tableau 09) indiquent un poids frais total de 0,72 g pour le traitement PN, suivi du témoin avec 0,49 g, et enfin du traitement PH avec la plus faible valeur, soit 0,31 g.

**Tableau (09):** le poids frais des plantules de pois chiche (g).

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>0,49</b>                  | 0,72       | 0,31       |
| <b><math>\pm 0,25</math></b> | $\pm 0,05$ | $\pm 0,27$ |

### IV.1.5. Nombre des feuilles par plant

Les résultats de l'analyse de la variance du nombre de feuilles par plant (annexe 05), ne révèlent aucune différence significative entre les traitements ( $p = 0,90$ ).

Cependant, les moyennes obtenues (tableau 10) montrent que le traitement PH présente le plus grand nombre de feuilles (5,66), suivi du traitement PN (5,33), puis du témoin (5,00).

**Tableau (10) :** nombre de feuilles par plant.

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>5.00</b>                  | 5.33       | 5,66       |
| <b><math>\pm 2.64</math></b> | $\pm 1.52$ | $\pm 0.57$ |

#### IV.1.6 Poids frais des feuilles

Les résultats de l'analyse de la variance du poids frais des feuilles(annexe 06), ne montrent pas de différence significative entre les traitements ( $p = 0,17$ ).

Toutefois, les moyennes présentées dans le tableau 11 indiquent un poids frais des feuilles de 0,23 g pour le traitement PH, suivi du témoin avec 0,16 g, puis du traitement PN qui enregistre le plus faible poids avec 0,08 g

**Tableau (11) :** poids frais des feuilles (g)

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>0.16</b>                  | 0,08       | 0.23       |
| <b><math>\pm 0.11</math></b> | $\pm 0.08$ | $\pm 0.03$ |

#### IV.1.7 . Poids frais des tiges

Les résultats de l'analyse de la variance du poids frais des tiges(annexe 07), ne montrent pas de différence significative ( $p = 0,14$ ).

Par ailleurs, les valeurs moyennes présentées dans le tableau 12 désignent un poids frais des tiges de 0,49 g pour le traitement PH, suivi du témoin avec 0,31 g, et enfin du traitement PN avec 0,22 g.

**Tableau (12):**poids frais des tiges(g)

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>0.31</b>                  | 0.22       | 0.49       |
| <b><math>\pm 0.13</math></b> | $\pm 0.19$ | $\pm 0.03$ |

#### IV.1.8. Poids sec totale de la plante

Selon l'analyse de la variance (annexe 08), le poids sec total des plants ne démontrent pas de différence significative entre les traitements ( $p = 0,50$ ).

Cependant, les moyennes rapportées dans le tableau 13 montrent un poids sec total de 0,12 g pour le traitement PN, suivi du traitement PH avec 0,07 g, et enfin du témoin avec la plus faible valeur, soit 0,05 g.

**Tableau (13) :** poids sec total des plants (g)

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>0.05</b>                  | 0.12       | 0.07       |
| <b><math>\pm 0.01</math></b> | $\pm 0.11$ | $\pm 0,06$ |

#### IV.1.9. Poids sec des feuilles

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 09) du poids sec des feuilles des plants, ne montrent pas de différence significative entre les traitements ( $p = 0,48$ ).

Mais, les moyennes présentées dans le tableau 14 indiquent un poids sec des feuilles de 0,03 g pour le traitement PH, suivi du témoin avec 0,02 g, puis du traitement PN qui enregistre la plus faible valeur avec 0,01 g.

**Tableau (14):** poids sec des feuilles (g)

| <b>T</b>                      | <b>PN</b>  | <b>PH</b>  |
|-------------------------------|------------|------------|
| <b>0.02</b>                   | 0.01       | 0.03       |
| <b><math>\pm 0,003</math></b> | $\pm 0.01$ | $\pm 0.00$ |

#### IV.1.10. Poids sec des tiges

D'après les résultats de l'analyse de la variance (annexe 10), le poids sec des tiges ne montre pas de différence significative entre les traitements ( $p = 0,38$ ).

Néanmoins, les moyennes rapportées dans le tableau 15 indiquent un poids sec des tiges de 0,05 g pour le traitement PH, suivi des traitements PN et témoin, enregistrant chacun une valeur de 0,03 g.

**Tableau (15):** poids sec des tiges (g).

| <b>T</b>                     | <b>PN</b>  | <b>PH</b>   |
|------------------------------|------------|-------------|
| <b>0.03</b>                  | 0.03       | 0.05        |
| <b><math>\pm 0.01</math></b> | $\pm 0.03$ | $\pm 0.006$ |

#### IV.1.11. Les analyses du sol

Les analyses chimiques du sol effectuées avant et après la plantation (tableau 16), ont porté sur la mesure du pH, de la conductivité électrique (CE), ainsi que du taux de calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ). Ces analyses nous ont permis d'enregistrer que la culture et les traitements (T, PN, PH) n'ont aucun impact significatif sur le pH et sur le taux de calcaire. Par contre, la conductivité électrique CE présente une augmentation très significative après culture.

Tableau (16) : les paramètres chimiques du sol avant et après culture

| Paramètre           | Avant la culture | Après culture |        |        |
|---------------------|------------------|---------------|--------|--------|
|                     |                  | T             | PN     | PH     |
| <b>PH</b>           | 7.67             | 7.95          | 8.11   | 8.10   |
|                     | ± 0.25           | ± 0.30        | ± 0.03 | ± 0.15 |
| <b>CE (ms)</b>      | 0.22             | 2.48          | 2.95   | 2.42   |
|                     | ± 0.01           | ± 0.01        | ± 0.04 | ± 0.04 |
| <b>Calcaire (%)</b> | 14               | 11            | 12     | 11     |

Les analyses chimiques du sol réalisées avant et après la culture ont permis, selon les classifications standards, de caractériser le sol initial comme étant modérément alcalin (pH = 7,72), non salin (CE = 0,24 mS/cm) et modérément calcaire (14 % de calcaire total).

Après la culture, plusieurs modifications notables ont été observées :

➤ **pH du sol** : Une augmentation du pH a été enregistrée dans toutes les modalités. Il est passé de 7,72 avant culture à 8,12 dans le témoin, 8,18 avec le produit naturel, et 8,09 avec le produit homologué. Cette élévation reflète une alcalinisation du sol, particulièrement marquée sous l'effet du produit naturel.

➤ **Conductivité électrique (CE)** : La CE a considérablement augmenté, passant de 0,24 mS/cm avant culture à 2,48 mS/cm pour le témoin, 2,41 mS/cm avec le produit naturel, et atteignant 2,95 mS/cm avec le produit homologué. Cette hausse indique une accumulation importante de sels solubles, pouvant à terme nuire à la croissance des plantes si les seuils de tolérance sont dépassés.

➤ **Teneur en calcaire total** : Une légère diminution du taux de calcaire a été constatée, sans changement de classe texturale. Le taux est passé de 14 % à 11 % pour le témoin et le produit homologué, et à 12 % pour le produit naturel. Cette réduction pourrait être liée à une mobilisation partielle des carbonates ou à l'absorption du calcium par les plantes.

## I.1. DISCUSSION

Les résultats de cette étude indiquent que l'application de biostimulants et de biofertilisants a exercé un effet significatif mais négatif sur la phase de germination du pois chiche (*Cicer arietinum* L.), sans impact notable sur les paramètres morphologiques ultérieurs tels que la hauteur des plantules, le diamètre des tiges ou la biomasse aérienne. Ces observations suggèrent une efficacité ciblée de ces intrants biologiques, limitée aux premiers stades du développement végétal.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par Bhandari *et al.* (2023), qui ont montré que les traitements de pré-germination (le PEG, le DAP et le  $\text{CaCO}_3$ ) améliorent le taux de germination chez les lentilles, alors ils sont en cohésion en ce qui concerne la croissance végétative, quelle paraît sans effet marqué des substances appliquées. De manière similaire, Zhang *et al.* (2017) ont observé une augmentation notable du taux de germination (de 30 % à 80 %) suite à l'utilisation d'eau activée par plasma, bien qu'aucune donnée n'ait été fournie concernant les effets post-germinatifs.

Par ailleurs, plusieurs études soulignent que l'action des biostimulants est souvent circonscrite aux premières étapes de développement, en particulier par l'activation enzymatique et l'amélioration de l'absorption de l'eau par les graines (IJERT, 2021 ; Mahmoud *et al.*, 2020). Bosalah et Bolihia (2022) confirment également que certains amendements organiques, tels que le marc de café, stimulent efficacement la germination, sans influencer significativement le développement morphologique ultérieur du blé ou des lentilles.

Nos analyses chimiques du sol viennent renforcer cette tendance. Après culture, une alcalinisation notable a été enregistrée, en particulier avec l'application du produit naturel (pH = 8,18). La conductivité électrique (CE) a également augmenté de manière significative, atteignant 2,95 mS/cm avec le produit homologué, ce qui classe le sol dans la catégorie "très salin", susceptible d'entraver la croissance végétative par stress osmotique. En revanche, le taux de calcaire total a légèrement diminué, sans changement de classe, ce qui pourrait indiquer une mobilisation partielle du calcium ou son absorption par les plantes.

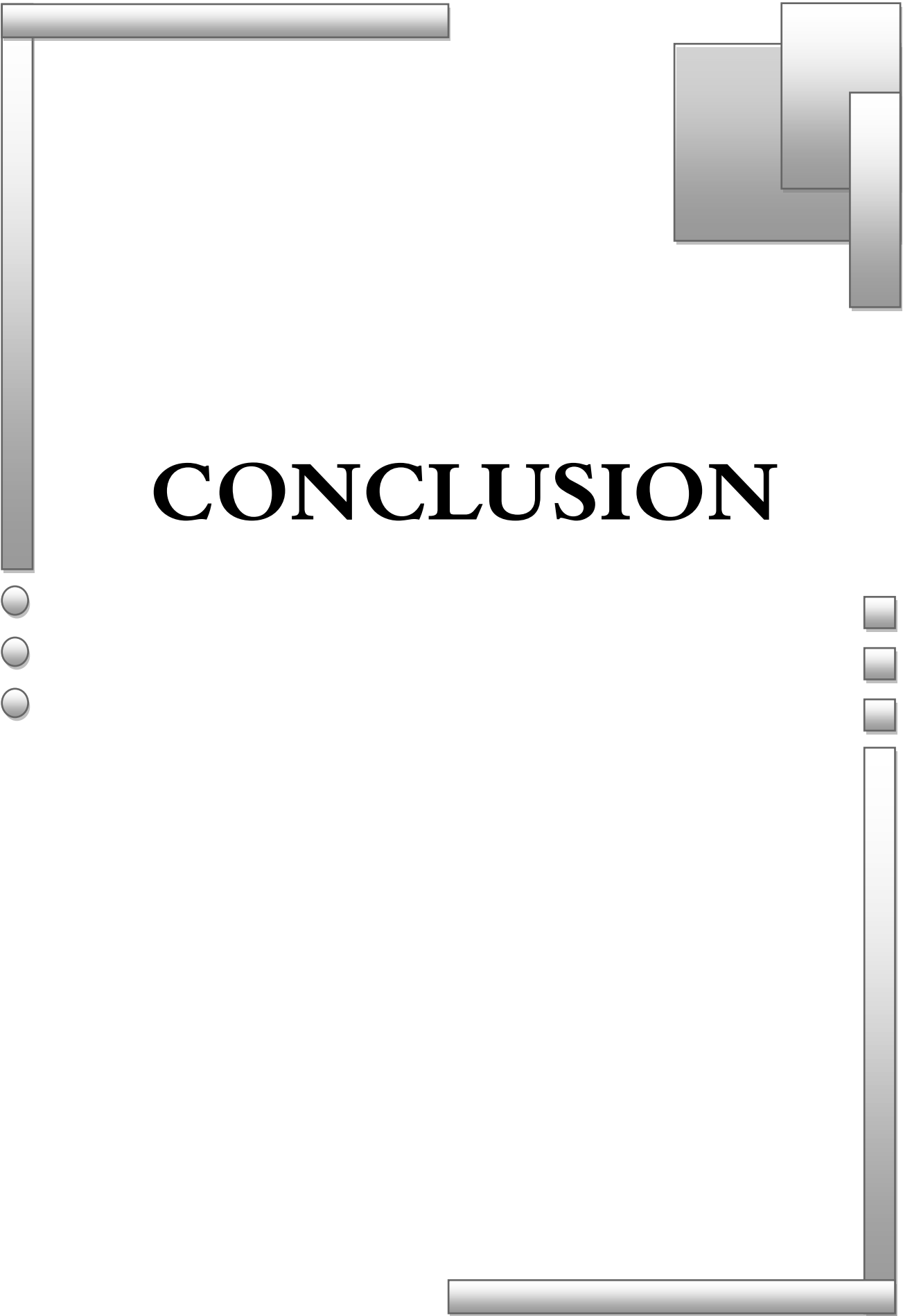
Ces modifications témoignent de l'impact potentiel des biostimulants et biofertilisants sur la dynamique du sol et soulignent la nécessité d'un suivi à moyen et long terme pour évaluer leur contribution réelle à la fertilité du sol. Comme le rappellent Diallo (2021) et d'autres

auteurs, l'efficacité des biointrants dépend fortement de facteurs exogènes tels que les caractéristiques physico-chimiques du sol, les conditions climatiques, et la nature physiologique de l'espèce cultivée.

Les données recueillies permettent de formuler plusieurs constats :

- **Sensibilité accrue de la phase de germination** : Les composés actifs des biostimulants (acides aminés, enzymes, hormones végétales) semblent particulièrement néfastes à ce stade, en entravant l'absorption de l'eau et en désactivant le métabolisme embryonnaire.
- **Effet transitoire et instable des biostimulants** : L'action bénéfique observée peut s'estomper rapidement en raison de la dégradation ou de l'instabilité des composés actifs dans le sol.
- **Problématique de la concentration appliquée** : Une dose insuffisante peut ne pas soutenir la croissance ultérieure, tandis qu'une concentration excessive peut induire un stress ou une inhibition des processus physiologiques.
- **Faible persistance des micro-organismes** : Les biostimulants contenant des organismes vivants nécessitent des conditions environnementales spécifiques (teneur en eau, pH optimal, matière organique suffisante) pour maintenir leur efficacité.
- **Durée d'expérimentation limitée** : Une période d'observation restreinte peut ne pas permettre de mesurer les effets différés sur la croissance végétative ou la production.
- **Influence multifactorielle de la croissance post-germination** : Les stades ultérieurs du développement végétal dépendent de nombreux facteurs (lumière, nutriments disponibles, stress abiotiques), susceptibles d'interférer avec l'expression des effets liés aux biostimulants.

Donc, nos résultats suggèrent que l'usage de biofertilisants et de biostimulants peut améliorer significativement l'établissement initial des cultures via la stimulation de la germination. Cependant, leur efficacité à long terme reste sujette à de nombreuses variables environnementales et agronomiques. Une optimisation des conditions d'application ainsi qu'un suivi régulier de la dynamique du sol s'avèrent nécessaires pour garantir une utilisation durable et efficiente de ces intrants biologiques.



# CONCLUSION

## CONCLUSION

---

Dans une perspective de valorisation des ressources naturelles locales, cette étude constitue une étape exploratoire visant à évaluer le potentiel des biostimulants et/ou biofertilisants d'origine naturelle disponibles sur le territoire national. Elle s'inscrit dans une démarche de recherche d'alternatives durables et efficaces pour l'amélioration de la productivité agricole.

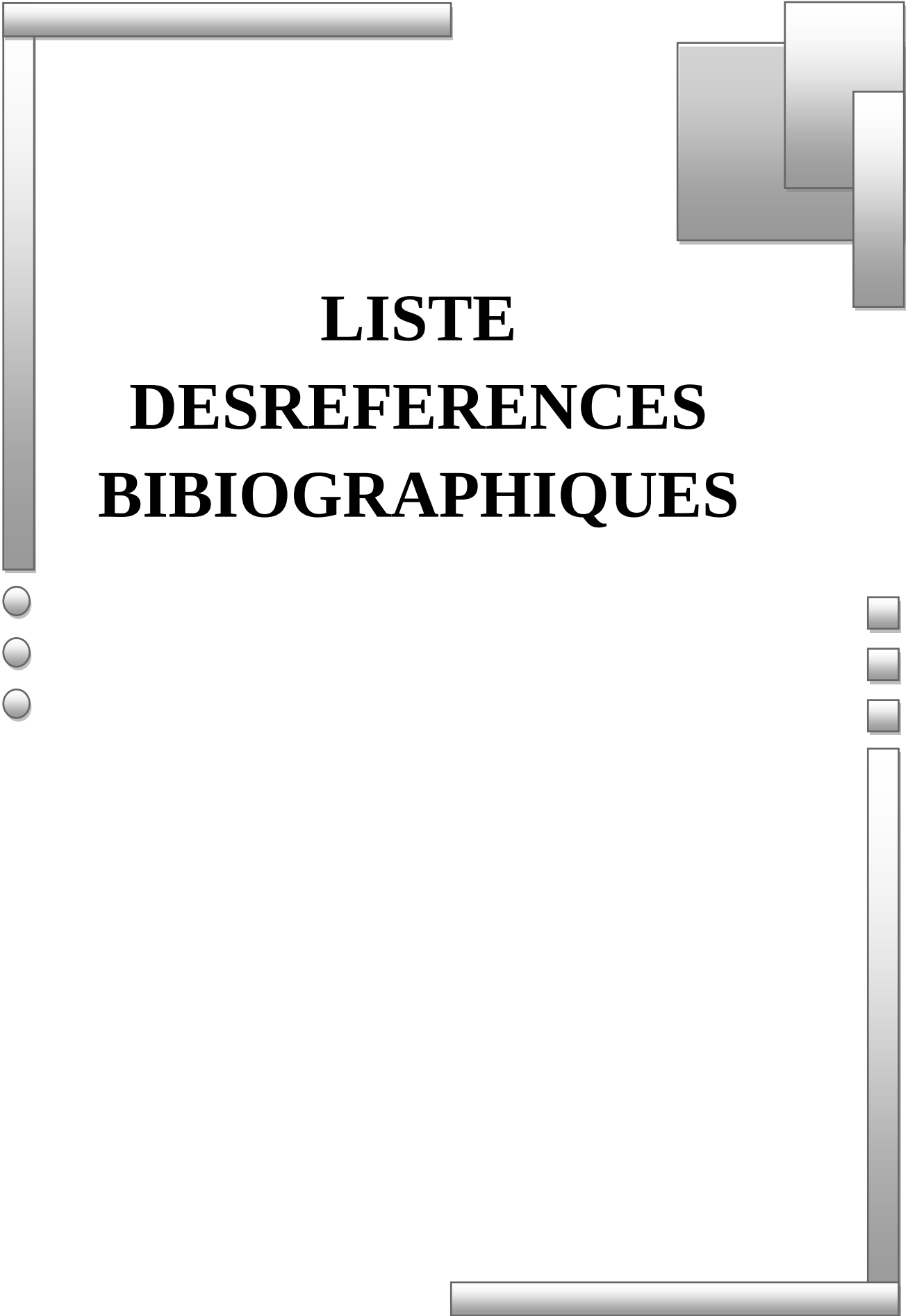
L'objectif spécifique de ce travail est d'évaluer la faisabilité de l'utilisation du résidu liquide « lactosérum » en tant que biostimulant et/ou biofertilisant naturel appliqué à la culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.).

Cette étude a mis en évidence un effet significatif, mais négatif, des biostimulants liquides appliqués sur les graines de pois chiche au stade de la germination. Le taux de germination observé était de 43,33 % chez le témoin, contre seulement 1,15 % pour les lots traités. En revanche, aucun effet notable n'a été constaté sur les paramètres de croissance postgerminatifs (hauteur et diamètre des plantules, nombre de feuilles, poids frais et poids sec des feuilles et des tiges), dans les conditions expérimentales testées.

La phase de germination apparaît ainsi comme particulièrement sensible à l'action des biostimulants, en raison de leur composition riche en enzymes, acides aminés et substances bioactives, facilitant l'imbibition et l'activation métabolique. Toutefois, leur efficacité postgermination semble limitée, ce qui peut être expliqué par :

- Une dégradation rapide des composés actifs dans le sol,
- Une concentration inadéquate du produit appliqué,
- La faible stabilité des micro-organismes dans des conditions non optimales (pH, salinité, matière organique),
- Et une période d'observation courte (20 jours) qui ne permet pas de juger des effets sur la biomasse totale et la productivité.

Au vu de ces résultats, nous suggérons qu'il serait pertinent de prolonger cette étude sur tout le cycle de développement de la culture, en testant différentes concentrations et en intégrant des analyses complémentaires sur les rendements finaux et la qualité des grains. L'intégration de facteurs environnementaux (stress hydrique, types de sols) pourrait également permettre d'évaluer le potentiel adaptatif réel de ces intrants naturels ou homologués.



# **LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**



### A

Abdelguerfi-Laouar M., Zine F., Bouzid L., Laib M., Kadria, A. (2000). Caractérisation Préliminaire De Quelques Cultivars Locaux de «Citerarietinum» Collectes dans La Région de Tizi- Ouzou. *Recherche Agronomique*7: 51-65.

Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Wastewater reuse for agriculture: A case study. *Journal of Engineering and Applied Science*, 65(6), 657–672.

ACFAS. (2024). Biofertilisants et biostimulants microbiens du sol.

Adama. (2024). Biostimulants – Définition et rôle.

Afilal, M., Elfarh, L., Laich, H., Chellali, M. (2019). Volrisation agronomique des marigines (déchets liquides) par fermentation méthanique. Université Mohmed premier, Oujda.

Alghobar, M. A., & Suresha, S. (2017). Effects of untreated and treated wastewater on germination and growth parameters of selected cereal crops. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(1), 157–170.

Angelidelsuolo. (2016). Les EM à Cuba – Rapport technique.

Anonyme. (1988). Le pois chiche et la lentille. Ed. ITGC, Alger, 45p.

Appert, J. (1992). Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed Maisonneuve ET Larose, Paris : 129p.

Agromatin. (2024). Les biofertilisants dans une stratégie de fertilisation globale.

### B

Bacha F. et Ounane S. M. (2003). Etude de l'effet de stress hydrique sur les activités des enzymes nitrate réductase et nitrogénase de la culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). *Institut National de la recherche agronomique d'Algérie*. 13:1111-1992.

Benmbarek K. (2011). Comportement du pois chiche (*Cicer arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse. Th. Doct., Institut supérieur agronomique de Chott Meriem – Tunisie.

Benzohra, N. (2009). Etude de la culture du pois chiche (*cicer aritinum* L.) dans les zones semi – arides d'Algérie. Université Ferhat Abbès Sétif.



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Bernard, P., Martin, J., & Lefevre, C. (2019). Amélioration de la nutrition des plantes par les biofertilisants. *Revue Scientifique Agricole*, 45(2), 123-135.

Bhandri, S., Bahttari, S., Yadav, S. (2023). Comparative analysis of seed priming on the germination and growth of lentillandaraces. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 5(1), 26-38.

Bhardwj, D., Ansari, M., Sahoo, R.K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plante tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 66.

Boudiaf, S. (2022). L'influence de la culture organisationnelle sur la performance de l'entreprise : étude de cas de l'Entreprise Nationale de l'Électroménager (ENIEM) [Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira]. Dspace de l'université de Bouira.

Bouzera Razika, Kati Djemel Eddine (2020). Le Rôle Des Céréales Dans La Sécurité Alimentaire : Cas Du Blé. Université Bedjaia, thèse de mémoire master 2.

## C

Carpentier, R., & Morel, F. (2018). Effets des biostimulants sur la tolérance des cultures aux stress abiotiques. *Science et Agriculture*, 38(1), 87-101.

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). (2005). Aménagement et entretien des bandes riveraines en milieu agricole [Feuillet technique].

Cordis. (2021). Transformer les déchets organiques en engrais pour une agriculture sans émissions.

## D

Davis, P., Lee, J., & Thompson, M. (2023). Organic Waste Management in Agriculture: A Sustainable Approach. Springer.

Diallo, A. (2021). Effet de l'amendement organique à base de fientes, enrichie de microorganisme, sur la productivité du pois chiche (*cicer arietinum*), dans céréalière de la plaine de sidi Bel Abbès. Université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbès. 60p.

Duarnti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, (67-68).

Dubois, M., Nguyen, L., & Lefevre, P. (2017). Optimisation de la croissance des cultures par l'utilisation des biofertilisants liquides. *AgroSciences*, 29(3), 214-228.

Dupont, J., Bernard, R., & Lemoine, S. (2023). Les acides aminés en biofertilisation : impact sur les cultures agricoles. *Journal d'Agriculture Durable*, 50(4), 45-67.



Desfontaines, L., Pichereaux, C., Dubost, A., & Dufossé, L. (2018). Biostimulants: substances naturelles pour une agriculture durable. *Innovations Agronomiques*, 64, 19–32.

### F

Fabre C. (2008). Fiche technique production développement en languedoc-Roussillon. Filière oléo-protéagineux. 2008 : 1p.

FAO. (2005). Introduction aux engrais organiques et à leur utilisation.

FAO. (2022). L'Annuaire statistique de la FAO 2022 (p. 27-29).

FAO. (2025). Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de légumineuse (p. 18). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2025). Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande des légumineuse (p. 12). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FiBL. (2014). Biofertilisants – concepts et applications pratiques.

Fabulous Farmers. (s.d.). Apport de matière organique – Avantages et faiblesses.

FAO. (2015). Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2025). Production de pois chiche en Algérie (2025). FAOSTAT.

Ferme du Moutta. (s.d.). Solution mère EM-1.

FNADÉ. (s.d.). Valorisation organique.

Futureco Bioscience. (2024). Biostimulants pour les plantes.

### G

Garcia, R., Lopez, C., & Martin, L. (2019). Soil Fertility and Organic Amendments: Principles and Practices. Elsevier.

### I

ITGC (2018). La culture du pois chiche en Algérie, ITGC-2018/www.itgc.dz.

ITGC. (2001). «Céréaliculture» revue de l'Institut Technique des Grandes Cultures N°40 ITGC.

ITGC. (2013). La Culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.).



ITGC. (2018). Institut technique des grandes cultures. Culture du pois chiche en Algérie.

INARA. (2020). Synthèse bibliographique : Impacts de l' infiltration d'eau usées traitées sur les sols. UR RESVERAAL, Institut national de recherche pur l' agriculture, l'Alimentation et l'Environnement.

INRAE. (2021). Sols pour nourrir le monde : le recyclage agricole des matières fertilisantes organiques.

### J

Jezierny, D., Mosenthin, R., & Bauer, E. (2010). The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology* 157 (3-4), 111-128.

Jones, A., & Brown, K. (2018). Nutrient Cycling in Agroecosystems. Wiley.

### K

Kechache K. (2005). Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation phosphatée à base des engrais SSP 20% et TSP 46% sur le pois chiche. mémoire de fin d'étude.

Khan, S., Farooq, R., Shahbaz, S., et al. (2019). Toxic effects of wastewater irrigation on cereal crops: Physiological and biochemical responses. *Scientific Reports*, 9, 12877.

Kumar, S., Patel, R., & Verma, G. (2020). Microbial Interactions in Agricultural Soils. Academic Press.

### L

Lakhder, A., Trigui, M., & Montemurro, F. (2023). An overview of biostimulants effects in saline soils. *Agronomy*, 13(8), 2092.

Lemoine, S., Dupont, J., & Morel, F. (2021). Les extraits d'algues en agriculture biologique. *Cahiers de l'Agriculture*, 12(2), 98-115.

### M

MADR. (2014). Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement rural.

Magnabosco, P., Masi, A., Shukla, R., et al. (2023). Advancing the impact of plant biostimulants to sustainable agriculture through nanotechnology. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10, 117.



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Mahmoud, R.A et al(2020). Effect of biofertilizers on seed germination and seedling growth of legumes .journal of agricultural science.

Malhotra R. S., Pundir K. P. et Slinkard A. E. (1987). **Genetic resources of resource of chickpea.** In: M.C. Saxena& K.B. Singh (Eds.), The Chickpea (pp. 67–81).

Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fliessbach, A. (2010). How effective are effective microorganism, resultatfrom a fieldstudy in temperateclimate. pp. 230-239.

Ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA). (2023). Rapport annuel sur les céréales.

Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. (s.d.). Statistiques agricoles (p. 45).

Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. (s.d.). Statistiques agricoles (p. 52, 57).

Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. (s.d.). Statistiques agricoles (p. 48).

Ministère du Commerce Algérie. (2017). La production céréalière en 2017 (p. 29).

Ministère du Commerce Algérie. (2017). La production céréalière en 2017 (p. 34).

Mohamed, A. E., & Al-Malki, A. L. (2012). Study on the effect of treated wastewater on the germination and early growth of wheat. *Journal of Environmental Biology*, 33(6), 1089–1095.

Muehlbauer, F. J., et Sarker, A. (2017). Economic Importance of Chickpea: Production, Value.

## N

Nguyen, L., & Dubois, M. (2020). L'impact des micro-organismes sur la fertilité des sols. *Revue de Biotechnologie Agricole*, 33(1), 189-2.

## O

Office National des Statistiques. (2021). La Production Agricole (p. 32). ONS.

Office National des Statistiques. (2021). La Production Agricole (p. 38, 40). ONS.

## P

Pacucci G., Troccoli C., et Leoni B. (2006). Supplementary Irrigation on Yield of.

Perret, G. (2024). Biostimulants : production efficace et durable.

## R



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., et al. (2020). Effects of industrial wastewater on seed germination and early growth of cereals: A toxicological approach. *Scientific Reports*, 10, 11808.

Rodriguez, J., & Evans, B. (2022). Sustainable Farming: Reducing Chemical Inputs through Organic Residues. CRC Press.

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40.

## S

Saxena M.C. (1987). **Agronomy of chickpea**. In: Saxena M.C. and Singh K.B., The Chickpea. Wallingford, UK, CAB International : 207-232.

Sible, C.N., Seebauer, J.R., & Below, F.E. (2021). Plant biostimulants: A CATEGORICAL review, their implications for rowcrop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy*, 11(7), 1297.

Singh K.B. (1987). In: The chickpea, pp 127-162 (eds. M.C. Saxena and K.B. Singh) Wallingford, Oxon.

Smith, J., Walker, P., & Adams, D. (2020). Liquid Organic Amendments and Their Impact on Crop Yield. Cambridge University Press.

Smither, G.W. (2008). Whey proteins - from gutter – to gold. *International Dairy Journal*, 18(7), 695-704.

Saxena M. C., Singh K. B. (1984). Ascochyta blight and winter sowing of chickpeas. Proceeding of the workshop on Ascochyta blight and winter sowing of chickpeas, ICARDA, Aleppo, Syrie.

Singh F. and Diwakar B. (1995). Chickpea Botany and production Practices. Skill Development series ICRISAT India., 16 : 502-324.

## T

T., Richards, H., & Wang, Y. (2021). Alternative Fertilization Strategies: The Role of Organic Liquids. Taylor & Francis.

Tarchoune, I., Smaoui, A., & Ben Salah, H. (2020). Effects of treated wastewater irrigation on cereal crop growth and productivity. *Sustainability*, 12(14), 5581.

Toker C., Uzun B., Ceylan F.O., Ikten C. (2014). **Chickpea**. In: Alien Gene Transfer in Crop Plants, A. Pratap and J. Kumar Eds., Volume 2, Springer, Dordrecht, pp : 121 151.

## U



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

USDA (2023). United States Department of Agriculture. Wheat and Barley Production Conditions: Climate and Soil Requirements. Washington, D.C., États-Unis.

### V

Van Der Maesen L.J.G. (1987). **Origin, history and taxonomy of chickpea**, p.11-34. In: Saxena, M.C. et Singh, K.B. (ed) the chickpea.

### W

Wassenaar, T., et al. (2019). Agroecology and Ecological Intensification: Redefining Agricultural Research and Development. *Agricultural and Environmental Sustainability*, 6(1), 15-26.

Williams S.J., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski A., Tingey S.V. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res* 18: 6531-6535.

Wery J. (1986). Un pois pas si chiche que cela ! Bulletin FNAMS ; Semences 97 : 32-35.

Williams, C., Harper, S., & Nelson, P. (2017). *Microbial Ecology in Agriculture: Organic Matter Decomposition*. Routledge.

Wood J.A., Knights E.J., Chocty M. (2011). Morphology of Chickpea Seeds (*Cicer arietinum* L.) : Comparison of desi and kabuli Types. *Int J Plant Sci* 172 (5) : 632-643.

### Y

Yakhin, O., Lubyantsev, A. & Brown, P. (2017). Biostimulants in plant science : A global perspective. *Frontiers in plant science* 7-2049

### Z

Zhang, S., Rousseau, A., & Dufour, T. (2017). Promoting lentil germination and stem growth by plasma activated tap water, demineralized water and liquid fertilizer. pp. 31244-31251.

Zine – zikara, F ; Bouzid, L. (2015). Le pois chiche en algérie : situation potentiée et perspectives. *17 (27)*, 35-47.

Adrien Lasnier. (2021). Quatre actions positives des composts. Récupéré de <https://www.reussir.fr/fruits-legumes/quatre-actions-positives-des-composts>

(arab-ency.com) <https://arab-ency.com> . SY



## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Cercle Européen pour l'Environnement. (2020). Les 5 problèmes les plus fréquents au compost. Récupéré de <https://ceercle.eu/les-5-problemes-les-plus-frequents-au-compost/>

Dumtis. (2021). Les composts : avantages et inconvénients. Récupéré de <https://www.dumtis.com/les-composts-avantages-et-inconvenients/>

Fabulous Farmers. (2020). Apport de matière organique : avantages et faiblesses. Récupéré de <https://www.fabulousfarmers.eu/fr/devenez-fabulous/mesures-fab/apport-de-matiere-organique/avantages-et-faiblesses>

Un Jardin Bio. (2021). Enfouir les matières organiques au jardin : pourquoi et comment ? Récupéré de <https://www.un-jardin-bio.com/enfouir-les-matieres-organiques-au-jardin/>

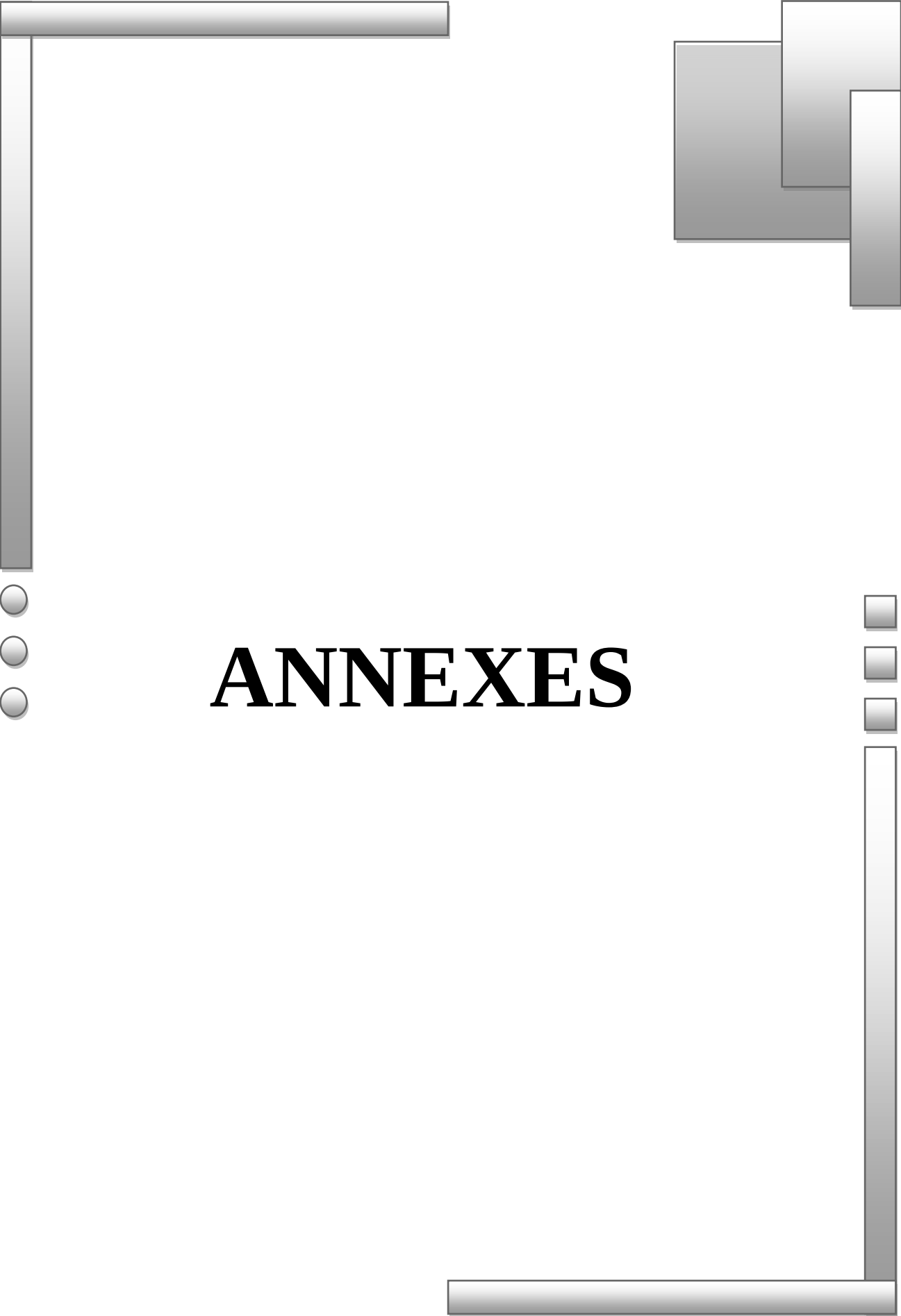
Vegenov. (2015). Micro-organismes bénéfiques.

Veragrow. (2024). Biostimulants : optimiser ses cultures en agriculture durable.

Veragrow. (2024). Biostimulants pour l'agriculture

أنور أبو سليم، وبخرون، الفلاحة الأندلسية، منشورات اللغة العربية الأردني، الجزء الرابع، 2012.

بوصلاح نسرين، بولحية هيام، مذكرة ماستر بعنوان: تأثير إضافة (SCG) للتربة على خصائص النمو لدى نوع من النجيليات (القمح-*TRITICUM*) ونوع من الباقوليات (العدس-*LENS CULINARIS*)، جامعة الاخوة منتوري قسطينة، الجزائر، التخصص بيولوجيا وفزيولوجيا انتاج نباتي، 2022/2021.



# ANNEXES

# Annexe 01

Tableau d'analyse de variance de la hauteur des plantules de pois chiche .

|                  | S.C.E   | DDL | C.M.    | TEST F | PROBA |
|------------------|---------|-----|---------|--------|-------|
| Var.TOTALE       | 520.722 | 8   | 65.090  |        |       |
| Var.FACTEUR 1    | 241.936 | 2   | 120.968 | 2.603  | 0.153 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 278.787 | 6   | 46.464  |        |       |

Tableau de'analyse de variance de la diamétre des plantueles de pois chiche.

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|--------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.436 | 8   | 0.054 |        |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.097 | 2   | 0.049 | 0.862  | 0.471 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.338 | 6   | 0.056 |        |       |

Tableau d'analyse de variance de poids frais totale des plantueles de pois chiche .

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|--------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.552 | 8   | 0.069 |        |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.262 | 2   | 0.131 | 2.714  | 0.144 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.290 | 6   | 0.048 |        |       |

Tableau d'analyse de variance de nombre des feuilles de pois chiche .

|                  | S.C.E  | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA |
|------------------|--------|-----|-------|--------|-------|
| Var.TOTALE       | 20.000 | 8   | 2.500 |        |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.667  | 2   | 0.333 | 0.103  | 0.903 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 19.333 | 6   | 3.222 |        |       |

Tableau d'analyse de variance de poids frais des feuilles de pois chiche.

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|--------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.081 | 8   | 0.010 |        |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.035 | 2   | 0.018 | 2.326  | 0.178 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.046 | 6   | 0.008 |        |       |

Tableau de'analyse de poids frais des tiges des plantules de pois chiche.

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST<br>F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|-----------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.226 | 8   | 0.028 |           |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.107 | 2   | 0.054 | 2.720     | 0.144 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.119 | 6   | 0.020 |           |       |

Tableau d' analyse de poids sec totale des plantules de pois chiche .

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST<br>F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|-----------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.030 | 8   | 0.004 |           |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.006 | 2   | 0.003 | 0.766     | 0.508 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.024 | 6   | 0.004 |           |       |

Tableau d' analyse de poids sec des feuilles des plantules de pois chiche

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST<br>F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|-----------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.001 | 8   | 0.000 |           |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.000 | 2   | 0.000 | 0.833     | 0.482 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.001 | 6   | 0.000 |           |       |

Tableau d' analyse de poids sec des tiges des plantules de pois chiche .

|                  | S.C.E | DDL | C.M.  | TEST<br>F | PROBA |
|------------------|-------|-----|-------|-----------|-------|
| Var.TOTALE       | 0.003 | 8   | 0.000 |           |       |
| Var.FACTEUR 1    | 0.001 | 2   | 0.000 | 1.143     | 0.381 |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0.002 | 6   | 0.000 |           |       |

## Annexe 02

Tableau de classification des soles leur pH

|            |              |
|------------|--------------|
| 6 ,75-7,25 | Neutre       |
| 7 ,25-8,15 | Alcalin      |
| 8,15       | Très alcalin |

*Source : Aupert, 1978*

Tableau : classification des sols leur teneur de sel

| CE          | NATURE DE SOL             |
|-------------|---------------------------|
| < 0,25      | Excellente (non salinité) |
| 0,25 – 0,75 | Faible salinité           |
| 0,75-2,25   | Fort salinité             |
| >2,25       | Très fort salinité        |

*Source : lambert 1975*

Tableau : classification des sols suivante leur taux de calcaire

| Taux de calcaire | < 1 %        | 1-5 %       | 5-25 %           | 25-50%             | 50-80%                  | 80%                    |
|------------------|--------------|-------------|------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Appréciation     | Non calcaire | Pencalcaire | Moderne calcaire | Fortement calcaire | Très fortement calcaire | Excessivement calcaire |

*Source : lambert 1975*